

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.Г. Прушківський

20 29 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СПЕЦІАЛЬНІ СТАЛІ ТА СТОПИ В ГАЗОТУРБОБУДУВАННІ

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 132 «Матеріалознавство»

(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство»

(назва освітньої програми (спеціалізації))

інститут, факультет Фізико-технічний інститут,

Інженерно-фізичний факультет

(найменування інституту, факультету)

мова навчання українська

2019 рік

Робоча програма «Спеціальні сталі та стопи в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітня програма (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство» « 09 » 09 , 2019 року - 12 с.

Розробники: Гайдук С. В., д.т.н., професор., Грабовський В.Я., к.т.н., доцент
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізичного матеріалознавства

Протокол від «09» вересня 2019 року № 1


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» вересня 2019 року № 1

«17» 09 20 19 року Голова 
(Клавов О.В.) (підпис) (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, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4,5/1,5 (6,0)	Галузь знань 13 Механічна інженерія	Нормативна (за вибором)	
	Спеціальність 132 «Матеріалознавство»		
Модулів – 1	Освітня програма: (спеціалізація) «Прикладне матеріалознавство»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ - _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – 135/45 (180)		8-й	8-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента -	Освітній ступінь: бакалавр	22 год.	4 год.
		Практичні, семінарські	
		Лабораторні	
		22 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		91 год.	125 год.
Індивідуальні завдання: -			
		Вид контролю: залік, курсний проект (КП)	

Примітка.

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

для денної форми навчання – (0,59) ; (22% до 78%) ;

для заочної форми навчання – (0,10) ; (10% до 90%).

1. Мета навчальної дисципліни

Мета дисципліни «Спеціальні сталі та стопи в газотурбобудуванні» є розширення уявлення і знань студентів щодо механізмів зміцнювання, впливу легування, термічної обробки та технології отримання на службові характеристики спеціальних матеріалів для виготовлення основних деталей газотурбінних установок (ГТУ) відповідно до вимог, що висуваються до цих деталей.

Завдання: є розвинення знань та навичок студентів в напрямку вивчення матеріалів та технологій у газотурбобудуванні, вибору марочного сортаменту та технологій отримання і обробки деталей ГТУ, забезпечення експлуатаційних характеристик.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

загальні компетентності: КЗ.01; КЗ.02; КЗ.03; КЗ.04; КЗ.05; КЗ.07; КЗ.08; КЗ.10; КЗ.12: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями; здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми; здатність приймати обґрунтовані рішення; здатність використання інформаційних і комунікаційних технологій; здатність працювати автономно; здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; прагнення до збереження навколишнього середовища.

фахові компетентності: КС.02; КС.03; КС.05; КС.06; КС.07; КС.08; КС.09; КС.10; КС.12; КС.14, КС.16: здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів; здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства; здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем; здатність використовувати практичні інженерні навички при вирішенні професійних завдань; здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства; здатність застосовувати знання і розуміння міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів у професійній діяльності; здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем; здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань; здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів; здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів, знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретних умов експлуатації.

Очікувані програмні результати навчання: ПРН 2 знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми; ПРН 3 володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій; ПРН 8 вміти застосувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі; ПРН 14 описувати будову металів, неметалів, композитів та функціональних матеріалів методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення; ПРН 17 описувати будову металів, неметалів, композитів та функціональних матеріалів методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали

для виробів різного призначення; ПРН 27 Знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Класифікація, теоретичні основи зміцнення, легування і структура жароміцних сталей та сплавів.

Тема 1. Умови роботи деталей газових турбін.

Принцип дії газотурбінного двигуна та особливості роботи деталей ГТУ. Вибір матеріалів в залежності від умов експлуатації з урахуванням температур, діючих напружень та корозійного впливу продуктів горіння пального. Шляхи підвищення техніко-економічних показників газотурбінних установок, проблеми розробки та застосування нових матеріалів.

Тема 2. Теоретичні основи зміцнення сталей та сплавів.

Теорія деформаційного зміцнення. Твердорозчинне зміцнення. Зерномежове зміцнення; вплив розміру зерна та субструктури на повзучість. Дисперсійне зміцнення: механізми зміцнення когерентними та некогерентними частинками фаз; повзучість і втома сплавів з дисперсними частинками.

Тема 3. Сталі та сплави для деталей гарячого тракту ГТУ.

Класифікація сплавів та сталей, що використовуються в газотурбобудуванні, за: хімічним складом основи; механізмом зміцнення; технологією отримання заготовок. Основні фізико-механічні властивості жароміцних сплавів. Жароміцні сплави на основі нікелю, принципи легування, забезпечення необхідних характеристик за рахунок виділення частинок γ' - фази типу $Ni_3(Ti,Al)$ і твердорозчинного зміцнення та мікролегування.

Тема 4. Термічна обробка жароміцних нікелевих сплавів.

Основні види термічної обробки сплави на основі нікелю: гомогенізація, гартування, старіння, відпал для зняття внутрішніх напружень. Структурні перетворення при різних способах гартування та старіння; характеристики сплавів. Особливості технології термічної обробки різних деталей ГТУ (лопатки, диски турбін).

Змістовий модуль 2. Технології отримання та особливості експлуатаційних змін матеріалів газотурбінних установок.

Тема 5. Вплив легування та структури на жароміцність різних сплавів.

Особливості легування ВТК- стійких жароміцних нікелевих сплавів для лопаток ГТУ. Нікель-залізни сплави, принципи легування, структура, термічна обробка, призначення. Сплави на основі кобальту, принципи легування, структура, термічна обробка, призначення. Сплави з дисперсним зміцненням. Вплив умов експлуатації на вибір матеріалу для деталей гарячого тракту ГТУ.

Тема 6. Вплив технології виготовлення деталей ГТУ на властивості сплавів.

Отримання виробів деформацією та литвом. Рівноосьова кристалізація, спрямована кристалізація, монокристалічне литво, спрямовані евтектики.

Особливості легування сплавів та термічної обробки лопаток, отриманих спрямованою кристалізацією.

Тема 7. Тривала експлуатація деталей ГТУ.

Вплив тривалої експлуатації на структуру та властивості. Умови утворення ТЩУ- фаз та їх вплив на властивості, система PHASCOMP.

Тема 8. Покриття та захист деталей ГТУ.

Вимоги до покриття, класифікація покриттів, технологія нанесення захисних покриттів на робочі та спрямовуючі лопатки ГТД, термічна обробка лопаток із захисними покриттями.

Тема 9. Перспективи розвитку матеріалів ГТУ.

Сплави на основі важкотопких металів, керамічні матеріали для ГТД, металургія гранул, біметалеві композиції.

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
Змістовий модуль 1. Класифікація, теоретичні основи зміцнення, легування і структура жароміцність сталей та сплавів												
Тема 1. Умови роботи деталей газових турбін.	15	2				13	15	0,5				14,5
Тема 2. Теоретичні основи зміцнення сталей та сплавів.	22	3		4		15	22	0,5				21,5
Тема 3. Сталі та сплави для деталей гарячого тракту ГТУ.	15	3		3		9	15	0,5		1,5		13
Тема 4. Термічна обробка жароміцних нікелевих сплавів.	15	3		4		8	15	0,5		1,5		13

Разом за змістовим модулем 1	67	11		11		45	67	2		3		62
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 2. Гартування, відпускання, ХТО, ТМО сталей та дисперсійне твердіння сплавів.												
Тема 5. Вплив легування та структури на жароміцність різних сплавів.	18	3		3		12	18	0,5		1,5		16
Тема 6. Вплив технології виготовлення деталей ГТУ на властивості сплавів.	15	2		3		10	15	0,25				14,75
Тема 7. Тривала експлуатація деталей ГТУ.	15	2		5		8	15	0,5		1,5		13
Тема 8. Покриття та захист деталей ГТУ.	10	2				8	10	0,5				9,5
Тема 9. Перспективи розвитку матеріалів ГТУ.	10	2				8	10	0,25				9,75
Разом за змістовим модулем 2	68	11		11		46	68	2		3		63
Усього годин	135	22		22		91	135	4		6		125
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

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Жароміцні сплави на основі нікелю. Класифікація, вплив легування на структуру та фізико-механічні властивості.	6
2	Термічна обробка, вибір режимів обробки жароміцних сплавів на основі нікелю.	8
3	Розрахунки стабільності ливарних жароміцних сплавів на основі нікелю (метод PHASOMP).	8
	Усього	22

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Умови роботи деталей газових турбін.	10
2	Теоретичні основи зміцнення сталей та сплавів.	14
3	Сталі та сплави для деталей гарячого тракту ГТУ.	10
4	Термічна обробка жароміцних нікелевих сплавів.	10
5	Вплив легування та структури на жароміцність різних сплавів.	10
6	Вплив технології виготовлення деталей ГТУ на властивості сплавів.	10
7	Тривала експлуатація деталей ГТУ.	10
8	Покриття та захист деталей ГТУ.	10
9	Перспективи розвитку матеріалів ГТУ.	7
	Разом	91

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

Володіти логікою та методологією наукового пізнання; знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі високотемпературної корозії матеріалів ГТУ; володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій; уміти поєднувати теорію і практику для розв'язування завдань матеріалознавства; знання основних груп матеріалів та здатність обгрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання; розуміти будову і призначення жароміцних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей; кваліфіковано вибирати матеріали для виготовлення деталей ГТУ різного призначення; знаходити потрібну інформацію у літературі, консультиватися і використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до функціонального призначення матеріалів в газотурбобудуванні; здатність виявляти промислові марки сплавів для їх вдосконалення з метою покращення комплексу технологічних і службових властивостей; 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; знання технічних характеристик, умов роботи, застосування виробничого обладнання для обробки матеріалів та контрольно-вимірювальних приладів; здатність до проведення діагностики виробів після здійснення термічної обробки, за результатами дефектоскопії; аналізу та експертної оцінки причин руйнування виробів; знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та умов їх застосування; знання принципів, методів та нормативної бази стандартизації, сертифікації й акредитації матеріалів та виробів з них; вільно спілкуватися державною мовою з професійних питань як усно, так і письмово.

11. Засоби оцінювання

Для студентів усіх форм навчання: тестування з кожного змістовного модулю, письмові завдання, усне опитування.

12. Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота									Підсумковий тест (залік)	Підсумкова середньозважена оцінка
Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2					100	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9		
20	20	30	30	20	20	20	20	20		

T1, T2 ... T9 – 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
35-59	FX	незадовільно з можливістю	

		повторного складання	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 «Спеціальні сталі та сплави в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» всіх форм навчання / Укл.: Глотка О.А., Грабовський В.Я. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 38 с.

2. Конспект лекцій (1 частина) з дисципліни «Спеціальні сталі та сплави в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: В.Я. Грабовський, О.А. Глотка. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 54 с.

3. Конспект лекцій (2 частина) з дисципліни «Спеціальні сталі та сплави в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: В.Я. Грабовський, О.А. Глотка. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 82 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. – М.: Металлургия, 1964. – 672 с.

2. Симс Ч., Хагель В. Жаропрочные сплавы. – М.: Металлургия, 1976. – 567 с.

3. Гецов Л.Б. Детали газовых турбин: Материалы и прочность. – Л.: Машиностроение, 1982. – 296 с.

4. Теория высокотемпературной прочности материалов. Тайра С., Отани Р., Пер. с япон. М.: Металлургия, 1986. – 280 с.

5. Жаропрочные стали. Ланская К. А., М.: Металлургия, 1969. – 247 с.

6. Бокштейн С. З. Строение и свойства металлических сплавов. - М.: Металлургия, 1971.- 496с.

7. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки компрессора и вентилятора. Часть I. Монография. г.Запорожье, изд. ОАО “Мотор Сич”, 2003. – 396 с.

8. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки турбины. Часть II. Монография. г.Запорожье, изд. ОАО “Мотор Сич”, 2003. – 420 с.

9. Коваль А.Д., Беликов С.Б., Санчугов Е.Л., Андриенко А.Г. Научные основы легирования жаропрочных никелевых сплавов стойких против высокотемпературной коррозии (ВТК): Препр. / УМК ВО. – К.: 1990. - 56 с.

10. Никитин В.И. Коррозия и защита лопаток газовых турбин. - Л.: Машиностроение, 1987. - 276 с.

11. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. – М.: Металлургия, 1985. – 408 с.

12. Масленков С.Б., Масленкова Е.Л. Стали и сплавы для высоких температур. В 2 кн. – М.: Металлургия, 1991. – 382 с.
13. Масленков С.Б. Жаропрочные стали и сплавы: Справочник.- М.: Металлургия, 1983.-192 с.
14. Коломыцев П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия. – М.: Металлургия, 1979. – 376 с.
15. Каблов Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технология, покрытия). – М.: МИСИС, 2001. – 632 с.
16. Патон Б.Е., Строганов Г.Б., Кишкин С.Т. Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от окисления. – Киев: Наукова думка, 1987. – 258 с.
17. Электронномикроскопические исследования структуры жаропрочных сплавов и сталей / Под ред. Кишкина С.Т. – М.: Металлургия, 1969. – 184с.
18. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Спеціальні сталі та стопи в газотурбобудуванні” для студентів спеціальності 7.090101 “Прикладне матеріалознавство” усіх форм навчання / Укл.: О.В. Сазонова, І.М. Лазечний. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 30 с.
19. Стандарти та технічні умови на матеріали.
20. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Спеціальні сталі та сплави в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» всіх форм навчання / Укл.: О.А. Глотка, В.Я. Грабовський. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 38 с.
21. Конспект лекцій (1 частина) з дисципліни «Спеціальні сталі та сплави в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: В.Я. Грабовський, О.А. Глотка. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 54 с.
22. Конспект лекцій (2 частина) з дисципліни «Спеціальні сталі та сплави в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: В.Я. Грабовський, О.А. Глотка. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 82 с.

Допоміжна

1. Калачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов.– М.: Металлургия, 1981. – 416 с.
2. Михайлов-Михеев П.Б. Справочник по металлическим материалам турбино- и моторостроения. – Л.: МАШГИЗ, 1961. – 840 с.
3. Криштал М.А., Миркин И.Л. Ползучесть и разрушение сплавов. – М.: Металлургия, 1966. – 192 с.
4. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.П., Пирайнен В.Ю. Специальные материалы в машиностроении. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2004. – 640 с.
5. Конструкционные и жаропрочные материалы для новой техники / Сборник научных статей. – М.: Наука, 1978. – 344 с.

6. Періодичні науково-технічні журнали: «Металловедение и термическая обработка металлов», «Проблемы прочности», «Металознаводство та обробка металів», «Энергомашиностроение».

7. Паспорт властивостей на жароміцний корозійностійкий сплав ЖСЗЛС / А.Д. Коваль, А.Г. Андрієнко, В.І. Шмирко : утв. проректор з наукової роботи Ю.М. Внуков. – Запоріжжя, 2003. - 10 с.

8. 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.

9. Гайдук, С.В. 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.

10. Міщенко, В.Г. Вплив легувальних елементів на експлуатаційні властивості жаростійких сплавів / В.Г. Міщенко, А.А Гречка, А.І . Меньяло // Metallurgiya и горнорудная промышленность. Вип. 7(296). - Дніпро, ООО «Укрметаллургинформ НТА». - 2015. - С.87-91.

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>

СИЛЛАБУС**СПЕЦІАЛЬНІ СТАЛІ ТА СТОПИ В ГАЗОТУРБОБУДУВАННІ**

Тип: вибіркова

Курс (рік навчання): 4(2)

Семестр: 2

Кредити: 4,5 / 1,5 (6,0)

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

Розподіл годин: загальна кількість 135/45 (180) годин (22 години лекцій, 22 години лабораторних робіт, 91 година самостійної роботи, 45 годин курсовий проект).

Лекції, лабораторні роботи, курсовий проект (КП).

Метою курсу «Спеціальні сталі і стопи в газотурбобудуванні» є розширення уявлення і знань студентів щодо механізмів зміцнювання, впливу легування, термічної обробки та технології отримання на службові характеристики спеціальних матеріалів для виготовлення основних деталей газотурбінних установок (ГТУ) відповідно до вимог, що висуваються до цих деталей, а також розвинення знань та навичок студентів в напрямку вивчення матеріалів та технологій у газотурбобудуванні, вибору марочного сортаменту та технологій отримання і обробки деталей ГТУ, забезпечення експлуатаційних характеристик.

Вміст курсу: принцип дії газотурбінного двигуна та особливості роботи деталей ГТУ; вибір матеріалів в залежності від умов експлуатації з урахуванням температур, діючих напружень та корозійного впливу продуктів горіння пального; шляхи підвищення техніко-економічних показників газотурбінних установок, проблеми розробки та застосування нових матеріалів; теорія деформаційного зміцнення; твердорозчинне зміцнення; зерномежове зміцнення; вплив розміру зерна та субструктури на повзучість; дисперсійне зміцнення: механізми зміцнення когерентними та некогерентними частинками фаз; повзучість і втома сплавів з дисперсними

частинками; класифікація сплавів та сталей, що використовуються в газотурбобудуванні, за: хімічним складом основи; механізмом зміцнення; технологією отримання заготовок; основні фізико-механічні властивості жароміцних сплавів; жароміцні сплави на основі нікелю, принципи легування, забезпечення необхідних характеристик за рахунок виділення частинок γ' - фази типу $Ni_3(Ti,Al)$ і твердорозчинного зміцнення та мікролегування; основні види термічної обробки сплави на основі нікелю: гомогенізація, гартування, старіння, відпал для зняття внутрішніх напружень; структурні перетворення при різних способах гартування та старіння; характеристики сплавів; особливості технології термічної обробки різних деталей ГТУ (лопатки, диски турбін); особливості легування ВТК- стійких жароміцних нікелевих сплавів для лопаток ГТУ; нікель-залізні сплави, принципи легування, структура, термічна обробка, призначення; сплави на основі кобальту, принципи легування, структура, термічна обробка, призначення; сплави з дисперсним зміцненням; вплив умов експлуатації на вибір матеріалу для деталей гарячого тракту ГТУ; отримання виробів деформацією та литвом; рівноосьова кристалізація, спрямована кристалізація, монокристалічне литво, спрямовані евтектики; особливості легування сплавів та термічної обробки лопаток, отриманих спрямованою кристалізацією; вплив тривалої експлуатації на структуру та властивості; умови утворення ТЩУ- фаз та їх вплив на властивості, система PHASCOMP; вимоги до покриття, класифікація покриттів, технологія нанесення захисних покриттів на робочі та спрямовуючі лопатки ГТД, термічна обробка лопаток із захисними покриттями; сплави на основі важкотопких металів, керамічні матеріали для ГТД, металургія гранул, біметалеві композиції.

Структура курсу:

1. Вступ (предмет, задачі та зміст дисципліни).
2. Умови роботи деталей газових турбін.
3. Теоретичні основи зміцнення сталей та сплавів.
4. Сталі та сплави для деталей гарячого тракту ГТУ.

5. Термічна обробка жароміцних нікелевих сплавів.
6. Вплив легування та структури на жароміцність різних сплавів.
7. Вплив технології виготовлення деталей ГТУ на властивості сплавів.
8. Тривала експлуатація деталей ГТУ.
9. Покриття та захист деталей ГТУ.
10. Перспективи розвитку матеріалів ГТУ.

Курс буде складатися з 4,5 кредитів лекційного курсу та лабораторних робіт, а також з 1,5 кредитів курсового проекту (КП), які кожен студент повинен виконати під час курсу, з метою засвоєння теоретичного матеріалу та набуття навичок в розв'язанні як теоретичних, так і практичних завдань.

Результати навчання:

1. Володіти логікою та методологію наукового пізнання.
2. Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі високотемпературної корозії матеріалів ГТУ.
3. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій.
4. Уміти поєднувати теорію і практику для розв'язування завдань матеріалознавства.
5. Знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.
6. Розуміти будову і призначення жароміцних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виготовлення деталей ГТУ різного призначення.
7. Знаходити потрібну інформацію у літературі, консультиватися і використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до функціонального призначення матеріалів в газотурбобудуванні.

8. Здатність виявляти промислові марки сплавів для їх вдосконалення з метою покращення комплексу технологічних і службових властивостей.

9. 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.

10. Знання технічних характеристик, умов роботи, застосування виробничого обладнання для обробки матеріалів та контрольно-вимірювальних приладів.

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

12. Знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та умов їх застосування.

13. Знання принципів, методів та нормативної бази стандартизації, сертифікації й акредитації матеріалів та виробів з них.

14. Вільно спілкуватися державною мовою з професійних питань як усно, так і письмово.

Бакалаври отримують всебічні знання з даної дисципліни, матимуть змогу аналізувати призначення жароміцних матеріалів і оптимальний їх вибір та пропонувати раціональні рішення з урахуванням досягнення певної економічної ефективності та економічної доцільності.

Оцінювання: за результатами засвоєння дисципліни виконуються лабораторні роботи, курсовий проект і складається залік. При оцінюванні враховується здатність самостійно обирати матеріали за заданими властивостями і технології отримання з них деталей гарячого тракту газових турбін, з урахування умов експлуатації, навички у володінні сучасними інформаційними і комунікаційними методами під час вибору жароміцних матеріалів.

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 (залік)	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 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'язання індивідуальних завдань інших здобувачів освіти. У разі виявлення ознак плагіату робота не зараховується і дисципліна не вважається зарахованою.

Література:

1. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. – М.: Металлургия, 1964. – 672 с.
2. Симс Ч., Хагель В. Жаропрочные сплавы. – М.: Металлургия, 1976. – 567 с.
3. Гецов Л.Б. Детали газовых турбин: Материалы и прочность. – Л.: Машиностроение, 1982. – 296 с.
4. Теория высокотемпературной прочности материалов. Тайра С., Отани Р., Пер. с япон. М.: Металлургия, 1986. – 280 с.
5. Жаропрочные стали. Ланская К. А., М.: Металлургия, 1969. – 247 с.

6. Бокштейн С. З. Строение и свойства металлических сплавов. - М.: Металлургия, 1971.- 496с.
7. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки компрессора и вентилятора. Часть I. Монография. г.Запорожье, изд. ОАО “Мотор Сич”, 2003. – 396 с.
8. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки турбины. Часть II. Монография. г. Запорожье, изд. ОАО “Мотор Сич”, 2003. – 420 с.
9. Коваль А.Д., Беликов С.Б., Санчугов Е.Л., Андриенко А.Г. Научные основы легирования жаропрочных никелевых сплавов стойких против высокотемпературной коррозии (ВТК): Препр. / УМК ВО. – К.: 1990. - 56 с.
10. Никитин В.И. Коррозия и защита лопаток газовых турбин. - Л.: Машиностроение, 1987. - 276 с.
11. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. – М.: Металлургия, 1985. – 408 с.
12. Масленков С.Б., Масленкова Е.Л. Стали и сплавы для высоких температур. В 2 кн. – М.: Металлургия, 1991. – 382 с.
13. Масленков С.Б. Жаропрочные стали и сплавы: Справочник.- М.: Металлургия, 1983.-192 с.
14. Коломыцев П.Т. Жаростойкие диффузионные покрытия. – М.: Металлургия, 1979. – 376 с.
15. Каблов Е.Н. Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технология, покрытия). – М.: МИСИС, 2001. – 632 с.
16. Патон Б.Е., Строганов Г.Б., Кишкин С.Т. Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от окисления. – Киев: Наукова думка, 1987. – 258 с.
17. Электронномикроскопические исследования структуры жаропрочных сплавов и сталей / Под ред. Кишкина С.Т. – М.: Металлургия, 1969. – 184с.
18. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Спеціальні сталі та стопи в газотурбобудуванні” для студентів спеціальності

7.090101 “Прикладне матеріалознавство” усіх форм навчання / Укл.: О.В. Сазонова, І.М. Лазечний. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 30 с.

19. Стандарти та технічні умови на матеріали.

20. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Спеціальні сталі та сплави в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» всіх форм навчання / Укл.: О.А. Глотка, В.Я. Грабовський. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 38 с.

21. Конспект лекцій (1 частина) з дисципліни «Спеціальні сталі та сплави в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: В.Я. Грабовський, О.А. Глотка. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 54 с.

22. Конспект лекцій (2 частина) з дисципліни «Спеціальні сталі та сплави в газотурбобудуванні» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» усіх форм навчання / Укл.: В.Я. Грабовський, О.А. Глотка. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 82 с.

23. Калачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов.– М.: Металлургия, 1981. – 416 с.

24. Михайлов-Михеев П.Б. Справочник по металлическим материалам турбино- и моторостроения. – Л.: МАШГИЗ, 1961. – 840 с.

25. Криштал М.А., Миркин И.Л. Ползучесть и разрушение сплавов. – М.: Металлургия, 1966. – 192 с.

26. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.П., Пирайнен В.Ю. Специальные материалы в машиностроении. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2004. – 640 с.

27. Конструкционные и жаропрочные материалы для новой техники / Сборник научных статей. – М.: Наука, 1978. – 344 с.

28. Періодичні науково-технічні журнали: «Металловедение и термическая обработка металлов», «Проблемы прочности», «Матеріалознавство та обробка металів», «Энергомашиностроение».

29. Паспорт властивостей на жароміцний корозійностійкий сплав ЖСЗЛС/ А.Д. Коваль, А.Г. Андрієнко, В.І. Шмирко : утв. проректор з наукової роботи Ю.М. Внуков. – Запоріжжя, 2003. - 10 с.

30. 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.

31. Гайдук, С.В. 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.

32. Міщенко, В.Г. Вплив легувальних елементів на експлуатаційні властивості жаростійких сплавів / В.Г. Міщенко, А.А Гречка, А.І . Меньяло // *Металлургия и горнорудная промышленность*. Вип. 7(296). - Дніпро, ООО «Укрметаллургинформ НТА». - 2015. - С.87-91.