

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи
з дисципліни «Зносостійкі, фрикційні та антифрикційні
матеріали» для студентів освітньої програми „Відновлення та
підвищення зносостійкості деталей і конструкцій” всіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Зносостійкі, фрикційні та антифрикційні матеріали» для студентів освітньої програми „Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій” всіх форм навчання /Укл.: М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 14 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, старш. викл.;

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 1 від 22.08.2017

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 1 від 19.09.2017

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ	4
2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ	5
3 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ	10
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	14

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Мета викладання дисципліни - дати студентам знання про зносостійкі, фрикційні, антифрикційні матеріали та особливості їхнього поводження при роботі в різних умовах зношування. Про формування їхньої структури і властивостей в залежності від хімічного складу і способів термічної обробки. Навчити принципам вибору матеріалів, їхнього структурного стану та способів забезпечення необхідної структури стосовно до умов експлуатації деталей.

Студент після вивчення даної дисципліни повинен:

- знати вплив структури й основних механічних і фізичних властивостей матеріалів на експлуатаційні характеристики деталей, з яких вони виготовлені, залежно від параметрів зношування;
- володіти методами дослідження структури матеріалів і визначення їхніх властивостей;
- уміти, грамотно й обґрунтовано призначити матеріал деталей виходячи, як з умов їхньої роботи, так і з урахуванням технологічності процесів виготовлення і зміцнення та можливості наступного відновлення;
- призначати методи вхідного й вихідного контролю матеріалів, передбачати можливі причини дефектів структури й відхилення рівня властивостей від оптимального й призначати способи їхнього усунення.

Зміст курсу побудований з урахуванням знань, які студенти одержали при вивченні основних розділів попередніх загальнотехнічних і ряду спеціальних дисциплін, які вивчаються на кафедрі ОТЗВ: «Триботехніка і основи надійності машин», «Ремонт і відновлення деталей машин», «Основи теорії наплавлення».

2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

№	Розділи програми	Обсяг занять, год		
		Лк	Лб	С.р.
	Вступ	1		1
1.	Загальні питання матеріалознавства зносостійких матеріалів на основі заліза	3	3	6
2.	Роль металевої матриці в опорі зношуванню. Явище зміцнення поверхні тертя в процесі зношування.	4	2	6
3.	Фази що зміцнюють в сталях і сплавах на основі заліза.	6	4	6
4.	Загальні вимоги та принципи вибору матеріалів на основі заліза в якості зносостійких та їх структурного стану для роботи в різних умовах.	4	3	6
5.	Інструментальні сталі в якості зносостійких матеріалів в різних умовах зношування.	3	8	4
6.	Чавуни, конструкційні сталі та сталі, що цементуються в якості зносостійких матеріалів.	2	3	4
7.	Порошкові матеріали.	3	-	4
8.	Металеві антифрикційні матеріали	4	-	6
9.	Неметалеві та композиційні антифрикційні матеріали. Псевдосплави.	2	2	4
10	Фрикційні матеріали.	2	-	4
	Ітого	34	17	51

Вступ

Значення матеріалів в питаннях підвищення довговічності та надійності деталей машин і устаткування. Схеми роботи й коротка характеристика найпоширеніших деталей і вузлів тертя, надійна й ефективна робота, яких неможлива без застосування зносостійких, фрикційних антифрикційних матеріалів (гальмові пристрої, муфти зчеплення, підшипники ковзання та ін.). Коротка історія і сучасний стан створення, виробництва та застосування матеріалів даних класів. Внесок вітчизняної науки та вчених кафедри ОТЗВ в розробку і

впровадження матеріалів. Зв'язок даного курсу з дисциплінами вивченими раніше.

Тема 1. Загальні питання матеріалознавства зносостійких матеріалів на основі заліза.

Зносостійкі матеріали. Про відсутність однозначного зв'язку між зносостійкістю та вихідними механічними або фізичними властивостями матеріалів. Про визначальну роль структури в опірності зношуванню матеріалів. Фазові перетворення в легованих сталях. Способи прогнозування та керуванням структурним станом. Вплив легуючих елементів. Потрійні діаграми стану Fe-C-Cr, Fe-C-Mn та ін. Типи діаграм ізотермічного й термодинамічного перетворень у легованих сталях і сплавах. Принципи їх побудови. Вплив хімічного складу на температуру M_n і методика її розрахунку. Способи прогнозування фазового складу на основі комплексного аналізу діаграм стану, діаграм ізотермічного, термодинамічного перетворень і розрахунку температури M_n . Структурні діаграми сплавів різних систем легування.

Тема 2. Роль металевої матриці в опорі зношуванню. Явище зміцнення поверхні тертя в процесі зношування.

Типи металевої матриці в зносостійких матеріалах. Види й механізми зміцнення поверхні тертя в процесі зношування. Загальна характеристика вторинних структур. Білі шари. Поверхневі шари із хімічних сполук, утворених під час зношування. Механічний наклеп. Двійникування. Поняття «наноструктура». Перетворення нестабільного аустеніту в мартенсит деформації. Порівняльний аналіз різних механізмів зміцнення. Умови утворення залишкового аустеніту. Прогнозування ступеня його стабільності. Температура M_d та її співвідношення з температурою M_n . Вплив хімічного складу метастабільного аустеніту та способів керування структурою на ступінь зміцнення та зносостійкість сталей

Тема 3. Фази, що зміцнюють в сталях і сплавах на основі заліза.

Типи та властивості. Морфологічні ознаки. Вплив на опірність зношуванню та інші властивості. Механізми руйнування в залежності від умов зношування. Умови утворення фаз, що зміцнюють. Способи керування кількістю, морфологією, характером розподілу в структурі.

Тема 4. Загальні вимоги та принципи вибору матеріалів на основі заліза в якості зносостійких та їх структурного стану для роботи в різних умовах.

Для умов механічного зношування: абразивного, ударно-абразивного, газоабразивного, гідроабразивного, кавітаційного, сухого тертя метал по металу та в умовах мащення. Особливості вимог до матеріалів, які працюють при підвищених температурах. Для роботи в умовах різних видів корозії.

Тема 5 Інструментальні сталі в якості зносостійких матеріалів в різних умовах зношування.

Класифікація за різними ознаками. Нелеговані та низьколеговані нетеплостійкі сталі. Структура й властивості. Механізми та особливості зношування в різних умовах. Карбідна неоднорідність. Способи та режими керування структурою. Області використання.

Напівтеплостійкі сталі. Принципи легування. Вибір структурного стану залежно від умов зношування. Способи керування структурою. Області раціонального застосування.

Високолеговані сталі, що дисперсійно твердіють. Фазовий склад після аустенізації. Особливості розпаду залишкового аустеніту при відпусканні. Теплостійкість, зносостійкість, пластичність.

Середньо- та високолеговані сталі для інструменту гарячого деформування. Механізм зношування. Природа розпаду. Раціональне легування сталей для пресів, молотів, пресформ лиття під тиском.

Швидкорізальні сталі звичайної та підвищеної продуктивності. Принципи легування. Фазовий склад після відпалу, загартування, відпуску. Холодна і гаряча твердість та інші властивості. Методи оцінки. Регулювання властивостей шляхом зміни температури та тривалості операцій. Залишковий аустеніт, його поведінка. Механізми зношування. Зносостійкість. Принципи вибору сталей та структури в залежності від умов зношування.

Низько- та високолеговані сталі, що мартенсито старіють. Переваги та недоліки. Механізми зміцнення. Термообробка, властивості при низьких температурах.

Аустенітні сталі, що дисперсійно твердіють, з карбідним, нітридним, інтерметалідним і змішаним зміцненням. Принципи легування. Попередня деформація, режими старіння.

Тема 6. Чавуни, конструкційні сталі та сталі, що цементуються в якості зносостійких матеріалів.

Білі чавуни. Класифікація за хімічним складом та структурою. Переваги та недоліки. Вплив структури на зносостійкість в залежності від умов зношування.

Середньовуглецеві низько- та високолеговані сталі. Особливості фазових перетворень при охолодженні. Способи керування структурою. Області раціонального використання.

Низько- і високолеговані сталі, що цементуються. Переваги та недоліки. Передумови використання. Механізми та особливості формування цементованого шару. Структура та властивості. Способи керування структурним станом. Області застосування.

Тема 7. Порошкові матеріали.

Порошкові матеріали на основі заліза. Передумови та історія їх створення. Карбідосталі. Принципи легування. Способи виготовлення та зміцнення. Макро- і мікроструктура, пориста структура порошкових матеріалів. Фізичні властивості порошкових матеріалів. Механічні властивості порошкових матеріалів. Особливості зношування в різних умовах. Переваги і недоліки в порівнянні з литими та кованими матеріалами. Області застосування.

Тверді сплави на основі карбідів (що вміщують вольфрам та безвольфрамові). Класифікація. Склад. Структура, опірність зношуванню й механічні властивості. Області раціонального використання.

Тема 8. Металеві антифрикційні матеріали.

Характеристики й загальні вимоги. Принцип Шарпі. Загальна класифікація.

Матеріали на основі заліза. Природа антифрикційності. Графітізовані сталі. Сірі, ковкі й високоміцні чавуни. Склад, структура, властивості. Способи управління структурою та властивостями. Області застосування відповідно до ГОСТ 1585-85.

Сплави на основі олова й свинцю. Бабіти. Фази в олов'яних і свинцевих сплавах. Фазові перетворення при нагріванні й охолодженні. Принципи легування. Класифікація сплавів. Промислові марки. Переваги й недоліки. Області застосування. Способи виготовлення підшипників.

Сплави на основі міді. Фази в мідних сплавах. Фазові перетворення при нагріванні й охолодженні. Принципи легування. Класифікація сплавів. Термічна обробка. Промислові марки мідних сплавів – подвійні латуні; багатокомпонентні латуні; алюмінієві, олов'яні, берилієві, кремнієві, свинцеві, марганцеві бронзи. Антифрикційні та інші властивості. Переваги й недоліки. Області застосування.

Сплави на основі алюмінію. Фази в алюмінієвих сплавах. Фазові перетворення при нагріванні й охолодженні. Принципи легування. Класифікація сплавів. Термічна обробка. Ливарні алюмінієві сплави. Сплави, що деформуються і не зміцнюються термообробкою. Сплави, що деформуються і зміцнюються термообробкою. Промислові марки. Антифрикційні та інші властивості. Переваги та недоліки. Області застосування.

Антифрикційні цинкові сплави. Фази в цинкових сплавах. Фазові перетворення при нагріванні й охолодженні. Принципи легування. Класифікація сплавів. Термічна обробка. Переваги й недоліки. Області застосування.

Тема 9. Неметалеві та композиційні антифрикційні матеріали.

Загальні переваги і недоліки по відношенню до металевих матеріалів.

Полімерні матеріали. Поліаміди, фторопласти й композиційні матеріали на основі фторопластів. Полікарбонати. Матеріали на основі епоксидних смол. Порівняльні характеристики. Області застосування.

Неорганічні матеріали. Графіт. Ситали. Природні антифрикційні матеріали. Області застосування. Композиційні матеріали. Основи зміцнення металевої матриці. Дисперснозміцнені композиційні матеріали. Особливості технології, сполуки, властивості. Волокнисті композиційні матеріали, виготовлені методами порошкової металургії. Композиційні матеріали на неметалічних основах. Кермети. Сполуки, структура, властивості, області застосування. Псевдосплави. Особливості сполук, технології виробництва, структури й властивостей.

Принципи одержання композиційних матеріалів. Вимоги до матриць і наповнювачів, що зміцнюють. Типи фаз, які зміцнюють: дисперсні частки, волокна, листові. Взаємодія між матрицею і наповнювачами в композиційних матеріалах.

Композиційні матеріали з металевими й полімерними матрицями. Їхні переваги й недоліки. Області застосування. Основні види композиційних матеріалів: склопластики, вуглепластики, боропластики, кевларопластики та інші.

Одержання й склад керамічних матеріалів, їхні переваги й недоліки. Види керамічних матеріалів. Способи боротьби із крихкістю. Області використання керамічних матеріалів.

Тема 10. Фрикційні матеріали.

Особливості умов експлуатації. Вимоги до фрикційних матеріалів. Види матеріалів. Матеріали на металевій основі. Чавуни. Особливості структури по відношенню до антифрикційних чавунів. Азбокаучукові, азбосмоляні, органічні; металокерамічні фрикційні матеріали, одержувані методами порошкової металургії. Порівняльний аналіз. Принципи вибору в залежності від умов експлуатації.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Типи металевої матриці в зносостійких матеріалах на основі заліза. Види й механізми зміцнення поверхні тертя в процесі зношування.

2. Явище зміцнення поверхні тертя в процесі зношування. Загальна характеристика вторинних структур. Білі шари. Поверхневі шари із хімічних сполук, утворених під час зношування. Механічний наклеп. Двійникування.

3. Перетворення нестабільного аустеніту в мартенсит деформації. Умови утворення залишкового аустеніту. Прогнозування ступеня його стабільності.

4. Вплив хімічного складу метастабільного аустеніту та способів керування структурою на ступінь зміцнення та зносостійкість сталей.

5. Фази, що зміцнюють в сталях і сплавах на основі заліза. Типи та властивості. Морфологічні ознаки. Умови утворення фаз, що зміцнюють.

6. Вплив фаз, що зміцнюють на опірність зношуванню та інші властивості. Способи керування кількістю, морфологією, характером розподілу в структурі.

7. Загальні вимоги та принципи вибору матеріалів на основі заліза в якості зносостійких та їх структурного стану для роботи в умовах абразивного зношування.

8. Загальні вимоги та принципи вибору матеріалів на основі заліза в якості зносостійких та їх структурного стану для роботи в умовах ударно - абразивного зношування.

9. Загальні вимоги та принципи вибору матеріалів на основі заліза в якості зносостійких та їх структурного стану для роботи в умовах газо-абразивного та гідро-абразивного зношування.

10. Загальні вимоги та принципи вибору матеріалів на основі заліза в якості зносостійких та їх структурного стану для роботи в умовах кавітаційного зношування.

11. Загальні вимоги та принципи вибору матеріалів на основі заліза в якості зносостійких та їх структурного стану для роботи в умовах сухого тертя метал по металу та в умовах зношування при мащенні.

12. Вимоги до матеріалів, які працюють при підвищених температурах. Принципи вибору.

13. Інструментальні сталі в якості зносостійких матеріалів в різних умовах зношування. Класифікація за різними ознаками.

14. Нелеговані та низьколеговані нетеплостійкі сталі. Структура й властивості. Механізми та особливості зношування в різних умовах. Способи та режими керування структурою нелегованих та низьколегованих нетеплостійких сталей. Области використання.

15. Напівтеплостійкі сталі. Принципи легування. Вибір структурного стану залежно від умов зношування. Способи керування структурою. Области раціонального застосування.

16. Високолеговані сталі, що дисперсійно твердіють. Фазовий склад після аустенізації. Особливості розпаду залишкового аустеніту при відпусканні. Теплостійкість, зносостійкість, пластичність.

17. Середньо- та високолеговані сталі для інструменту гарячого деформування. Механізм зношування. Природа розпаду. Раціональне легування сталей для пресів, молотів, пресформ лиття під тиском.

18. Швидкорізальні сталі звичайної та підвищеної продуктивності. Принципи легування. Холодна і гаряча твердість. Методи оцінки. Механізми зношування. Зносостійкість. Принципи вибору сталей та структури в залежності від умов зношування.

19. Низько та високолеговані сталі що мартенсито старіють. Переваги та недоліки. Механізми зміцнення. Термообробка, властивості при низьких температурах.

20. Аустенітні сталі, що дисперсійно твердіють, з карбідним, нітридним, інтерметалідним і змішаним зміцненням. Принципи легування. Попередня деформація, режими старіння.

21. Чавуни в якості зносостійких матеріалів. Класифікація за

хімічним складом та структурою. Переваги та недоліки. Вплив структури на зносостійкість в залежності від умов зношування.

22. Середньовуглецеві низько та високолеговані сталі. Особливості фазових перетворень при охолодженні. Способи керування структурою. Області раціонального використання.

23. Низько- і високолеговані сталі, що цементуються. Переваги та недоліки. Передумови використання. Механізми та особливості формування цементованого шару. Структура та властивості. Способи керування структурним станом. Області застосування.

24. Порошкові матеріали на основі заліза. Передумови та історія їх створення. Переваги і недоліки в порівнянні з литими та кованими матеріалами. Карбідосталі. Принципи легування. Способи виготовлення та зміцнення. Області застосування.

25. Тверді сплави на основі карбідів (що вміщують вольфрам та безвольфрамові). Класифікація. Склад. Структура, опірність зношуванню й механічні властивості. Області раціонального використання.

26. Антифрикційні матеріали. Характеристики й загальні вимоги. Принцип Шарпі. Загальна класифікація.

27. Матеріали на основі заліза. Природа антифрикційності. Графітізовані сталі. Сірі, ковкі й високоміцні чавуни. Склади, структура, властивості. Способи управління структурою та властивостями. Області застосування відповідно до ГОСТ 1585-85.

28. Сплави на основі олова й свинцю. Бабіти. Фази в олов'яних і свинцевих сплавах. Фазові перетворення при нагріванні й охолодженні. Принципи легування. Класифікація сплавів. Промислові марки. Переваги й недоліки. Області застосування. Способи виготовлення підшипників.

29. Сплави на основі міді. Фази в мідних сплавах. Фазові перетворення при нагріванні й охолодженні. Принципи легування. Класифікація сплавів. Термічна обробка. Промислові марки мідних сплавів. Антифрикційні та інші властивості. Переваги й недоліки. Області застосування.

30. Сплави на основі алюмінію. Принципи легування. Класифікація сплавів. Термічна обробка. Ливарні алюмінієві сплави. Сплави, що деформуються і не зміцнюються термообробкою або зміцнюються термообробкою. Антифрикційні та інші властивості.

Переваги та недоліки. Области застосування.

31. Антифрикційні цинкові сплави. Фази в цинкових сплавах. Принципи легування. Класифікація сплавів. Термічна обробка. Переваги й недоліки. Области застосування.

32. Неметалеві антифрикційні матеріали. Загальні переваги і недоліки по відношенню до металевих матеріалів. Полімерні матеріали. Поліаміди, фторопласти. Полікарбонати. Матеріали на основі епоксидних смол. Порівняльні характеристики. Области застосування.

33. Неорганічні матеріали. Графіт. Ситали. Природні антифрикційні матеріали. Области застосування.

34. Композиційні матеріали. Принципи одержання композиційних матеріалів. Основи зміцнення металевої матриці. Типи фаз, які зміцнюють: дисперсні частки, волокна, листові. Взаємодія між матрицею і наповнювачами в композиційних матеріалах. Дисперснозміцнені композиційні матеріали. Особливості технології, сполуки, властивості.

35. Волокнисті композиційні матеріали, виготовлені методами порошкової металургії. Композиційні матеріали на неметалічних основах. Їхні переваги й недоліки. Основні види композиційних матеріалів: склопластики, вуглепластики, боропластики, кевларопластики та інші. Области застосування.

36. Кермети. Сполуки, структура, властивості, області застосування. Псевдосплави. Особливості сполук, технології виробництва, структури й властивостей.

37. Одержання й склад керамічних матеріалів, їхні переваги й недоліки. Види керамічних матеріалів. Способи боротьби із крихкістю. Области використання керамічних матеріалів.

38. Надтверді матеріали. Алмази. Мінералокерамічні. Класифікація. Способи отримання. Переваги та недоліки. Области застосування.

39. Фрикційні матеріали. Особливості умов експлуатації. Вимоги до фрикційних матеріалів. Види матеріалів.

40. Матеріали на металевій основі. Чавуни. Особливості структури по відношенню до антифрикційних чавунів.

41. Азбокаучукові, азбосмоляні, органічні; металокерамічні фрикційні матеріали, одержувані методами порошкової металургії. Порівняльний аналіз. Принципи вибору в залежності від умов

експлуатації.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин. – Запорожье.: Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2000. – 394 с.
2. Попов В.С., Брыков Н.Н., Дмитриченко Н.С., Приступа П.Г. Долговечность оборудования огнеупорного производства. – М.: Металлургия, 1978. – 232 с.
3. Геллер Ю.А. Инструментальные стали – М.: Металлургия, 1983. – 527с.
4. Гуляев А. П. Инструментальные стали – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
5. Попов В.С., Брыков Н.Н. Металловедческие аспекты износостойкости сталей и сплавов. – Запорожье, 1996. – 180 с.

Додаткова

6. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
7. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы. – М.: Металлургия, 1981. – 648 с.
8. Филиппов М.А., Литвинов В.С., Немировский Ю.Р. Стали с метастабильным аустенитом. – М.: Металлургия, 1988. – 256 с.
9. Бунин К.П., Таран Ю.Н. Строение чугуна. М.: Металлургия, 1972 – 160 с.
10. Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства. - М.: Металлургия, 1983. – 176 с.
11. Словарь – справочник по трению, износу и смазке деталей машин // Зозуля В.Д., Шведков Е.Л., Ровинский Д.Я., Браун Э.Д. – К.: Наукова думка, 1990. - 264 с.