
НАВЧАЛЬНІ ПРОГРАМИ

УДК 621.315.619.90(031)

Г.О. Сіренко, О.В. Комашко

Фізико-хімія та технологія полімерних композитних матеріалів

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна

Програма розроблена на підставі курсу лекцій професора Сіренка Г.О. теоретична частина включає такі розділи: металознавство і термічна обробка металів; неметалічні матеріали; методи дослідження і випробування матеріалів; економічна ефективність застосування різноманітних матеріалів і методів підвищення довговічності виробів

Ключові слова: металознавство, структури, обробка.

Стаття постуила до редакції 15.09.2019; прийнята до друку 05.12.2019

Вступ

Основні поняття функціонального матеріалознавства. Предмет, мета, завдання функціонального матеріалознавства. Сучасний стан науки.

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Розділ 1

МЕТАЛОЗНАВСТВО І ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ

1. Атомно-кристалічна будова металів. Загальна характеристика металів. Природа сил міжатомного зв'язку. Іонний зв'язок. Ковалентний зв'язок. Ван-дер-ваальсів зв'язок. Металевий зв'язок. Атомно-кристалічна структура металів. Характеристики кубічної та гексагональної систем. Анізотропія кристалів. Поліморфізм металів. Дефекти кристалічної будови металів. Точкові дефекти. Дислокації. Поверхневі дефекти. Об'ємні дефекти. Дифузія.

2. Формування структури металу при кристалізації. Характеристика рідкого металу. Первинна кристалізація металів. Термодинаміка та кінетика кристалізації. Гетерогенне (недовільне) зародкоутворення. Ріст кристалів. Форма і розміри кристалів. Будова металевого зливка. Ліквіація. Усадка при кристалізації. Гази та газові пухирці. Неметалеві включення. Вторинні переплавні процеси та неоднорідність литого металу. Поліморфні перетворення.

3. Фази в металічних стопах. Тверді розчини. Хімічні сполуки. Гетерогенні структури.

4. Формування структури стопів при кристалізації. Діаграми стану подвійних систем. Основні уявлення. Процес кристалізації стопів. Діаграми стану системи, компоненти якої утворюють неперервний ряд рідких і твердих розчинів. Механізм кристалізації стопів, що мають структуру необмеженого твердого розчину. Діаграми стану з екстремальними точками на лініях ліквідусу і солідусу. Діаграма стану з бінодальною кривою. Діаграми стану систем з упорядкованими твердими розчинами. Діаграма стану систем з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані. Діаграма стану системи з евтектичним перетворенням. Трикутник Таммана. Діаграма стану системи з перитектичним перетворенням. Механізм перитектичного перетворення. Діаграми стану систем з хімічними сполуками та проміжними фазами. Діаграми стану систем з повною нерозчинністю або обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані. Діаграма стану системи з синтектичним перетворенням. Особливості фазових перетворень в стопах в твердому стані. Діаграма стану стопів з частковим розпадом твердого розчину при зниженні температури. Діаграма стану стопів, компоненти яких мають поліморфні перетворення. Діаграма стану системи, один з компонентів якої має 2 поліморфні модифікації, другий – мономорфний і розчинності у твердому стані немає. Діаграма стану системи,

мономорфний компонент якої є ізоморфним низькотемпературній модифікації другого компонента. Діаграма стану системи, мономорфний компонент якої є ізоморфним високотемпературній модифікації другого компонента. Діаграма стану системи, високотемпературні модифікації компонентів якої ізоморфні одна одній, а низькотемпературні – неізоморфні. Діаграма стану системи з поліморфною проміжною фазою. Діаграма стану системи з монотектоїдним перетворенням. Діаграма стану системи з метатектичним перетворенням. Загальні закономірності будови подвійних систем та їх діаграм стану. Зображення фазових рівноваг. Зв'язок між діаграмами стану різних типів. Зв'язок між типом діаграми стану і властивостями стопів (правила Курнакова).

5. Діаграми стану потрійних систем. Геометричні основи діаграм стану потрійних систем. Основні закономірності будови потрійних систем та їх діаграм стану. Правило фаз Гіббса. Правило відрізків (важеля). Правило Мазінга. Правило метастабільних продовжень. Інші закономірності, загальні для подвійних і потрійних систем. Правило центру маси конодного трикутника. Діаграма стану системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому та твердому станах. Загальний опис діаграми. Кристалізація потрійних стопів. Ізотермічні розрізи. Політермічні розрізи. Діаграма стану системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані та відсутністю розчинності у твердому стані. Діаграми стану систем з проміжними фазами. Діаграма стану систем, компоненти яких обмежено розчиняються один в одному у твердому стані.

6. Пластична деформація і механічні властивості. Види напруги. Пружна і пластична деформація. Дотичні напруження у кристалі. Системи ковзання у кристалах. Дислокаційний механізм ковзання. Джерела Франка-Ріда. Наклеп металів. Двійникування. Пластична деформація полікристалічних тіл. Зміни структури та властивостей металу при пластичній деформації. Пластична деформація металів і стопів. Вплив нагрівання на структуру та властивості деформованого металу. Руйнування металів. Механічні властивості, визначувані при статичних випробуваннях. Механічні випробування, визначувані при динамічних випробуваннях. Механічні властивості при змінних (циклічних) навантаженнях. Конструктивна міцність металів і стопів та методи її визначення. Шляхи підвищення міцності металу.

7. Вплив нагрівання на структуру і властивості деформованого металу. Повернення та рекристалізація. Відпочинок. Полігонізація. Рекристалізація (первинна, збиральна, вторинна). Холодна, тепла та гаряча обробка тиском.

8. Металічні стопи. Загальні положення. Хімічні сполуки. Тверді розчини (тверді розчини заміщення, тверді розчини проникнення, тверді розчини вилучення, упорядковані тверді розчини). Проміжні фази (електронні фази, фази нікель-арсенідного типу, сигма-фази, фази проникнення, фази Лавеса). Резюме.

9. Залізо і його стопи. Основні властивості заліза. Компоненти і фази в системі залізо – вуглець. Діаграма стану залізо – цементит (метастабільна рівновага). Діаграма стану залізо – графіт (стабільна рівновага). Формування структур залізобуглецевих стопів. Вуглецеві сталі. Класифікація вуглецевих сталей. Вплив вуглецю і постійних домішок на властивості сталі. Леговані елементи в сталі. Структурні класи легованих сталей. Чавуни. Сірий і білий чавун. Високоміцний чавун з шаровидним графітом. Ковкий чавун. Особливості термічної обробки чавунів.

10. Фазові перетворення в стопах заліза (теорія термічної обробки сталі). Фазові перетворення при нагріванні. Ріст зерна аустеніту при нагріванні. Загальна характеристика перетворення переохолодженого аустеніту (діаграма ізотермічного перетворення переохолодженого аустеніту). Перлітове перетворення. Мартенситне перетворення в сталі. Проміжне (бейнітне) перетворення. Ізотермічне перетворення аустеніту в легованих сталях. Перетворення аустеніту при безперервному охолодженні. Термокінетичні діаграми перетворення переохолодженого аустеніту. Перетворення мартенсіту і остаточного аустеніту при нагріванні (відпуск сталі). Термічне і деформаційне старіння вуглецевої сталі.

11. Технологія термічної обробки сталі. Відпал I роду. Відпал II роду (фазова перекристалізація). Гартування. Відпуск. Термомеханічна обробка. Дефекти, що виникають при гартуванні. Основне обладнання для термічної обробки. Поверхнєве гартування.

12. Хіміко-термічна обробка сталі. Загальна характеристика процесів хіміко-термічної обробки сталі. Цементация. Азотування. Нітроцементация. Ціанування. Борування. Дифузійна металізація (дифузійне насичення металами).

13. Конструкційні сталі і стопи. Вуглецеві конструкційні сталі. Автоматні сталі. Легуючі елементи в конструкційних сталях. Конструкційні (будівельні) низьколеговані сталі. Конструкційні (машинобудівні) цементуючі (нітроцементуючі) легуючі сталі. Конструкційні (машинобудівні) покращувані леговані сталі. Мартенситностаріючі високоміцні сталі. Сталі (чавуни) і режими зміцнюючої термічної і хіміко-термічної обробки, рекомендованої для типових деталей машин. Ресорно-пружинні сталі загального призначення. Шарікопідшипникові сталі. Зносостійка (аустенітна) сталь. Корозійно-стійкі (нержавіючі) сталі і стопи. Жароміцні сталі і стопи.

14. Інструментальні сталі і тверді стопи. Сталі для ріжучих інструментів. Сталі для вимірюючих інструментів. Штампові сталі для деформування в холодному стані. Штампові сталі для деформування в гарячому стані (напівтеплостійкі і теплостійкі). Тверді стопи.

15. Сталі і стопи з особливими фізичними властивостями. Магнітні сталі і стопи. Сталі і стопи з високим електроопором для нагріваних елементів. Стопи з заданим температурним коефіцієнтом лінійного розширення. Сталі і стопи з особливими пружними властивостями.

16. Тугоплавкі метали і їх стопи.

17. Титан і стопи на його основі. Титан, його властивості. Вплив домішок на властивості титану. Структура і властивості легованого титану. Класифікація і характеристика конструкційних і ливарних стопів на основі титану. Фазові перетворення, термічна обробка і властивості титанових стопів.

18. Алюміній і стопи на його основі. Алюміній, основні властивості. Взаємодія алюмінію з легуючими елементами і домішками. Класифікація алюмінієвих стопів. Термічна обробка алюмінієвих стопів. Деформовні алюмінієві стопи, що не зміцнюються термічною обробкою. Ливарні алюмінієві стопи. Рафінування ливарних алюмінієвих стопів. Модифікування алюмінієвих стопів. Алюмінієві підшипникові стопи. Спечені алюмінієві стопи.

19. Магній і його стопи. Магній, його властивості. Взаємодія магнію з легуючими елементами і домішками. Класифікація стопів магнію.

20. Мідь і стопи на її основі. Мідь, її властивості. Класифікація стопів на мідній основі. Латуні. Алюмінієві бронзи. Берилієві бронзи. Кремнієві бронзи. Марганцеві бронзи. Свинцеві бронзи. Мідно-нікелеві стопи. Спеціальні мідні стопи.

21. Стопи для вальниць. Основні стопи для вальниць, їх стисла характеристика. Антифрикційні чавуни. Бабіти. Цинкові стопи для вальниць. Алюмінієві стопи для вальниць.

22. Нікель, його стопи. Нікель, його властивості. Стопи системи нікель – мідь. Стопи системи нікель – хром. Стопи нікелю з залізом.

23. Порошкові матеріали (порошкова металургія).

Розділ 2

НЕМЕТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ

1. Загальні відомості про неметалічні матеріали. Поняття про неметалічні матеріали і класифікація полімерів. Особливості властивостей полімерних матеріалів.

2. Пластичні маси. Склад, класифікація і властивості пластмас. Термопластичні пластмаси. Терморективні пластмаси. Газонаповнені пластмаси. Економічна ефективність застосування пластмас.

3. Композиційні матеріали. Карбоволокніти. Бороволокніти. Органоволокніти. Метали, армовані волокнами.

4. Гумові матеріали. Загальні відомості, склад і класифікація гуми. Гума загального призначення. Гума спеціального призначення. Фізико-механічні властивості гуми і їх застосування.

5. Клейові матеріали. Загальні відомості, склад і класифікація клеїв. Конструкційні смоляні і гумові клеї. Властивості клейових сполук.

6. Лакофарбові матеріали. Загальні відомості, склад і класифікація лакофарбових матеріалів. Порівняльні властивості лакофарбових покриттів.

7. Деревні матеріали. Основні відомості про будову деревини. Властивості деревини і захист деревини від зволоження, загнивання і займання.

8. Неорганічні матеріали. Неорганічне скло. Ситалли (склокристалічні матеріали). Керамічні матеріали.

Розділ 3

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

1. Загальна характеристика методів дослідження і випробування матеріалів.

2. Визначення будови металів методами макроскопічного аналізу (макроаналіз). Характеристика макроаналізу. Галузь застосування. Макроаналіз зламу металу. Макроаналіз шліфів.

3. Визначення структури матеріалів методами мікроаналізу. Методи оптичної мікроскопії. Електронна мікроскопія. Метод мікрорентгеноспектрального аналізу.

4. Визначення температур перетворень (критичних точок) металів. Термічний аналіз. Дилатометричний аналіз.

5. Визначення фазового складу металічних стопів фізичними методами. Методи вимірювання електричних властивостей (резистометричний аналіз). Методи вимірювання магнітних властивостей.

6. Визначення механічних властивостей матеріалів. Характеристика і види механічних випробувань. Статистичні і втомні випробування. Динамічні випробування і визначення в'язкості руйнування.

7. Визначення твердості матеріалів. Твердість як характеристика матеріалів. Вимірювання твердості втискуванням кульки (твердість за Брінеллем). Вимірювання твердості втискуванням конуса

або кульки (твердість за Роквеллом). Вимірювання твердості втискуванням алмазної піраміди (твердість за Віккерсом). Вимірювання мікротвердості.

8. Визначення фізичних і хімічних властивостей. Визначення фізичних властивостей. Визначення хімічних властивостей.

Розділ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНОМАНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ І МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВИРОБІВ

1. Вартість машинобудівних та інструментальних матеріалів.

2. Економічна ефективність впровадження у виробництво нових матеріалів і методів термічної обробки.

3. Поняття про методіку розрахунку народногосподарської ефективності застосування зміцнюючих процесів з урахуванням довговічності деталей при експлуатації.

Практичні заняття

1 семестр

1. Визначення будови металів методами макроскопічного аналізу.
2. Визначення структури матеріалів методами мікроаналізу.
3. Лабораторні роботи (задачі) по термічному аналізу.
4. Лабораторні роботи (задачі) по дилатометричному аналізу.
5. Визначення фазового складу металічних стопів фізичними методами.
6. Визначення твердості матеріалів.
7. Визначення фізичних і хімічних властивостей матеріалів.
8. Задачі по діаграмах стану подвійних стопів.
9. Задачі по діаграмах стану потрійних стопів.
10. Пластична деформація і рекристалізація металів і стопів.

2 семестр

11. Структура сталі і чавуну в рівноважному стані.
12. Перетворення в сталі при нагріванні. Визначення температур критичних точок.
13. Структура вуглецевої сталі в нерівноважному стані (в результаті термічної обробки).
14. Термічна обробка конструкційних сталей.
15. Термічна обробка інструментальних сталей.
16. Визначення прокалюваності сталей.
17. Задачі по розбору мікроструктур сталей і чавунів.
18. Лабораторні роботи по термічній обробці дюралюмінію.
19. Задачі по розбору мікроструктур кольорових металів і стопів.
20. Задачі по вибору стопів і режимів термічної обробки в залежності від умов роботи деталей і конструкцій.

Література

1. Лахтин Ю. М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учебник для машиностроительных вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1980. – 493 с.
2. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение: Учебное пособие – 5-е изд., М.: Металлургия, 1983. – 384 с.
3. Бялік О.М., Металознавство: Підручник / О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2002. – 384 с. – ISBN 966-622-090-3
4. Лахтин Ю.М. Материаловедение и термическая обработка. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
5. Лившиц Б.Г. Металлография. – М.: Металлургия, 1990. – 336 с.
6. Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. – М.: Металлургия, 1990. – 240 с.
7. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 190. – 308 с.
8. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Материаловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1981. – 416 с.
9. Физическое материаловедение: В 3-х т. / Под ред. Р.У. Кана, П. Хаазена. – М.: Металлургия, 1987.
10. Энциклопедия неорганических материалов: В 2-х т. – К.: Изд-во УРЕ, 1977.
11. Металлография железа: В 3-х т. – М.: Металлургия, 1972.
12. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1983, 525 с.
13. Гуляев А.П. Материаловедение. М.: Металлургия, 1978. 480 с.
14. Материалы в машиностроении. Т. 1-5. М.: Машиностроение, 1969-1970.

15. Рхштадт А.Г. Пружинные стали и сплавы. М.:Металлургия, 1982. 400с.
16. Справочник металлста. Т.2. М.: Машиностроение, 1976. 718 с.
17. Технология термической обработки в машиностроении. Справочник. М.: Машиностроение, 1980. 784 с.
18. Ульянин Е.А. Коррозионостойкие стали и сплавы. М.:Металлургия, 1980. 208 с.
19. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. Изд. 2-е. М.:Металлургия, 1969. 749 с.
20. Шмыков А.А. Справочник термиста. Изд. 4-е. М.: Машиностроение, 1961. 392 с.
21. Бартенев Г.М., Зеленов Ю.В. Курс физики полимеров / Под ред. С.Я. Френкеля. Л., Химия, 1976. 288 с.
22. Бернштейн М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов в 2-х т. М.:Металлургия, 1968. Т. 1, 586 с., т. 2, 575 с.
23. Бернштейн М.Л. Прочность стали. М.:Металлургия, 1974. 199 с.
24. Бернштейн М.Л. Прочность стали. М.:Металлургия, 1974. 199 с.

Вимоги до заліку

Виконавши практичні роботи, студенти здають залік. Залік здається за результатами практичних робіт. Залік отримує той студент, який виконав усі практичні роботи і вчасно їх захистив. Для захисту практичних робіт необхідно мати оформлені у відповідності до вимог звіти, викласти хід виконання дослідів, пояснити результати роботи і зробити висновки з отриманих даних, вміти описувати принципові схеми приладів, на яких проводилися виміри, дати відповіді на контрольні запитання, що знаходяться в інструкціях до практичних робіт, та знати теоретичний матеріал, що відноситься до тем практичних робіт.

Вимоги до іспиту

1. До іспиту допускають лише тих студентів, що підготували теоретичний курс у вигляді лекцій або опрацьованої програми курсу за літературними джерелами.
2. Виконати програму практичних занять, здати залік, написати на позитивну оцінку контрольні роботи.
3. Знати основні поняття матеріалознавства та методи обробки металів.
4. Вміти розв'язувати задачі по діаграмах стану подвійних і потрійних стопів.
5. Вміти вибирати стопи і режими термічної обробки в залежності від умов роботи деталей і конструкцій.
6. Знати склад основних матеріалів і їх застосування в промисловості.
7. Вирішувати творчі та розрахункові завдання.

Укладачі:

Сіренко Г.О. – доктор технічних наук, професор кафедри хімії.

Комашко О.В. – аспірант кафедри хімії