

Г.О. Сіренко, Л.Я. Мідак, Л.М. Солтис

Навчальна програма поглибленого вивчення спеціального курсу «Металознавство»

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025, Україна*

Сіренко Г.О., Мідак Л.Я., Солтис Л.М. Навчальна програма поглибленого вивчення спеціального курсу «Металознавство». – Методична розробка. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2010. – 9 с.

Репрезентовано навчальну програму поглибленого вивчення спеціального курсу «Металознавство». Програма містить теоретичну частину та програму практичних та лабораторних занять. Затверджено на засіданні кафедри теоретичної і прикладної хемії 19 квітня 2010 року (протокол № 9).

Навчальна програма призначена для підготовки студентів за спеціальністю «Хемія» в університетах класичного типу. Літ. джерел 155.

Ключові слова: метал, металевий стоп, кристалізація, фізико-механічні властивості, термічна обробка.

Програма постуила до редакції 19.04.2010; прийнята до друку 28.05.2010.

I. Теоретична частина

1. Атомно-кристалічна будова металів.

Основні означення. Природа сил міжатомного зв'язку: йонний зв'язок; ковалентний зв'язок; ван дер Валсів зв'язок; металевий зв'язок. Атомно-кристалічна будова металів: характеристики кубічної та гексагональної систем. Анізотропія кристалів. Поліморфізм металів. Дефекти кристалічної будови: точкові дефекти; дислокації; поверхневі дефекти; об'ємні дефекти.

2. Кристалізація металів.

Характеристика рідкого металу. Термодинаміка та кінетика кристалізації: термодинамічні умови кристалізації; кінетичні умови кристалізації. Гетерогенне (недовільне) зародкоутворення. Ріст кристалів. Форма і розміри кристалів. Будова металевого зливка. Ліквіація. Усадка при кристалізації. Газу та газові пухирі. Неметалеві включення. Вторинні перетопні процеси та неоднорідність литого металу.

3. Пластична деформація та рекристалізація.

Пружна та 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 під час пластичної деформації. Вплив нагрівання на структуру та властивості деформованого металу. Повернення

та рекристалізація: повернення у деформованому металі (відпочинок; полігонізація); рекристалізація (первинна, збиральна та вторинна рекристалізація); холодна, тепла та гаряча обробка тиском.

4. Механічні властивості і конструкційна міцність металічних матеріалів.

Властивості металів під час стандартних випробувань на розтягування, твердість, вигин при ударі, втому, повзучість. Теоретична і реальна міцність металів. Конструкційна міцність металів та її показники. Механізм руйнування металів. Фактори, що впливають на опір металу до крихкого руйнування. Надійність матеріалу в роботі. Знос та корозія металів та матеріалів на їх основі. Основні напрямки підвищення конструкційної міцности металів та матеріалів на їх основі.

5. Металеві стопи.

Загальні положення. Хемічні 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.

6. Діаграми стану подвійних систем.

1. Основні означення.
2. 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; діаграми стану з бінодальною кривою; діаграми стану систем з упорядкованими твердими розчинами.
3. Діаграма стану системи з відсутністю взаємної розчинності компонентів у твердому стані: механізм евтектичної кристалізації.
 4. Діаграми 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).
 5. Діаграми стану систем з хемічними сполуками та проміжними фазами: діаграми стану систем зі стійкими проміжними фазами; діаграми стану систем з нестійкими проміжними фазами; діаграми стану систем з проміжними фазами, які утворюються без участі рідкої фази; діаграми стану систем з упорядкованими проміжними фазами.
 6. Діаграми стану систем з повною нерозчинністю або обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані: діаграма стану систем з повною нерозчинністю компонентів у рідкому і твердому станах; діаграма стану систем з обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані (обмежена розчинність в усьому інтервалі концентрацій; обмежена розчинність у певному інтервалі концентрацій; обмежена розчинність компонентів у твердому стані); діаграма стану системи з синтектичним перетворенням.
 7. Діаграми стану систем з поліморфними компонентами і проміжними фазами: діаграма стану системи, один з компонентів якої має дві 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.
 8. Загальні закономірності будови подвійних систем та їх діаграм стану: зображення фазових рівноваг; загальні закономірності, яким підпорядковуються подвійні системи.
 9. Зв'язок між діаграмами стану різних типів.
 10. Зв'язок між типом діаграми стану і властивостями стопів (правила Курнакова).
- 7. Діаграми стану потрійних систем.**
1. Геометричні основи діаграм стану потрійних систем.
 2. 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.
 3. Діаграма стану системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому та твердому станах: загальний опис діаграми; кристалізація потрійних стопів; ізотермічні розрізи; політермічні розрізи.
 4. Діаграма стану системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані та відсутністю розчинності у твердому стані: кристалізація типових стопів; ізотермічні розрізи; політермічні розрізи.
 5. Діаграми стану систем з проміжними фазами: діаграма стану системи з однією подвійною проміжною фазою (загальний опис; кристалізація типових стопів; ізотермічні (горизонтальні) розрізи; політермічні (вертикальні) розрізи; квазібінарні розрізи); діаграми стану систем з декількома проміжними фазами (метод виключення розрізу; сингулярна триангуляція систем з декількома проміжними фазами).
 6. Діаграми стану систем, компоненти яких обмежено розчиняються один в одному у твердому стані: діаграми стану системи з обмеженою постійною взаємною розчинністю компонентів у твердому стані (кристалізація типових стопів; вертикальні (політермічні) розрізи); діаграма стану системи з обмеженою змінною взаємною розчинністю компонентів у твердому стані (загальний опис діаграми; кристалізація типових стопів; вертикальні розрізи).
- 8. Ферум та його стопи.**
- Основні властивості феруму. Діаграми стану ферум-карбон. Формування структур ферум-карбонівих (залізо-вуглецевих) стопів. Вуглецеві криці. Вплив вуглецю на властивості криці. Вплив постійних домішок на властивості криці. Класифікація вуглецевих криць. Чавуни. Основні принципи термічної обробки стопів: відпал 1-го роду; відпал 2-го роду; гартування із поліморфним перетворенням і відпуск криць; гартування без поліморфного перетворення та старіння стопів; особливості термічної обробки чавунів.
- 9. Теорія термічної обробки криці.**
- Зв'язок між діаграмою стану Fe – Fe₃C та режимами термічної обробки криці. Основні перетворення під час термічної обробки криці.

Перетворення криці під час нагріву. Утворення австеніту (П→А). Перетворення австеніту в перліт (А→П) під час охолодження криці. Перетворення австеніту в мартенсит (А→М). Перетворення при відпуску криці.

10. Технологія термічної обробки криці.

Основні складові технологічного процесу термічної обробки. Класифікація видів термічної обробки за А.А. Бочваром. Відпал криці. Загартування криці. Відпуск криці. Термомеханічна обробка криці. Поверхнєве зміцнення крицевих деталей. Хеміко-термічна обробка криці (ХТО). Цементация криці. Азотування криці. Інші види ХТО крицевих деталей. Зміцнення методом пластичної деформації (наклепом).

11. Конструкційні криці.

Загальні відомости. Вуглецеві криці. Леговані конструкційні криці. Низьколеговані криці. Цементовані конструкційні криці. Покрашені конструкційні криці. Автоматні криці. Криці для виробів, що працюють за низьких температур. Зносостійкі криці і стопи. Корозійно-стійкі (нержавіючі) криці. Жаростійкі криці і стопи. Криці і стопи з особливими фізичними властивостями: магнітні криці і стопи; криці і стопи з високим електричним опором для нагрівальних елементів; стопи із заданим температурним коефіцієнтом лінійного розширення; криці та стопи з особливими пружними властивостями.

12. Інструментальні криці і стопи.

Класифікація і властивості інструментальних криць. Основні властивості інструментальних криць. Криці для ріжучих інструментів. Штампові криці. Криці для вимірювальних інструментів. Тверді стопи і алмазні інструменти.

13. Купрум та мідні стопи на його основі.

Купрум, мідь, її властивості. Взаємодія купруму з легуючими первнями і домішками. Вплив домішок на структуру і властивості мідних стопів. Класифікація стопів на основі міді. Мосяжі (латуні). Цинові спижі (брондзи). Алюмінієві спижі (брондзи). Берилієві спижі (брондзи). Силіцієві спижі (брондзи). Манганові спижі (брондзи). Оливні спижі (брондзи). Мідно-ніколеві стопи. Спеціальні мідні стопи.

14. Алюміній та алюмінієві стопи.

Алюміній. Основні властивості. Взаємодія алюмінію з легуючими первнями і домішками. Будова алюмінієвих стопів у литому стані. Будова алюмінієвих стопів після гарячої і холодної обробки тиском. Принцип вибору режимів термічної обробки алюмінієвих стопів: відпал; гомогенізація; рекристалізаційний відпал; відпал термічно зміцнених стопів з метою їх знеміцнення; відпал для зняття залишкових

напружень (низький відпал); гартування; старіння; повернення під час старіння; структурне знеміцнення алюмінієвих стопів. Класифікація алюмінієвих стопів: термічно незміцнювані стопи, що деформуються. Технічний алюміній. Деформівні алюмінієві стопи, що зміцнюються термообробкою. Ливарні алюмінієві стопи: вплив умов топлення й обробки алюмінієвих ливарних стопів на їхню структуру і властивості; рафінування ливарних алюмінієвих стопів; модифікування алюмінієвих стопів. Особливості топлення стопів різних систем. Спеціальні алюмінієві стопи.

15. Магній і стопи на його основі.

Магній, його властивості. Взаємодія магнію з легуючими первнями і домішками. Класифікація магнієвих стопів. Деформівні магнієві стопи. Ливарні магнієві стопи.

16. Титан і стопи на його основі.

Титан, його властивості. Корозійна стійкість титану та стопів на його основі. Вплив домішок на властивості титану. Фазові перетворення, термічна обробка і властивості титанових стопів. Структура і властивості легованого титану. Класифікація і характеристика конструкційних і ливарних стопів на основі титану. Воднева крихкість титану і його стопів. Технічний титан. Деформівні α -стопи. Деформівні псевдо- α -стопи. Деформівні $\alpha+\beta$ -стопи. Деформівні псевдо- β - і β -стопи. Стопи на основі інтерметалідів.

17. Берилій і його стопи.

Берилій, його фізико-хемічні властивості. Механічні властивості берилію. Стопи на основі берилію.

18. Підчипникові стопи (стопи для вальниць).

Основні підчипникові стопи (стопи для вальниць), їх характеристика. Антифрикційні чавуни. Бабіти. Цинкові підчипникові стопи (стопи для вальниць). Алюмінієві підчипникові стопи (стопи для вальниць).

19. Нікол та його стопи.

Нікол, його властивості. Взаємодія ніколу з легуючими первнями і домішками. Технічний нікол. Класифікація стопів на основі ніколу. Жаростійкі ніколеві стопи. Принципи легування ніколевих стопів. Термічна обробка жаростійких ніколевих стопів. Стопи системи нікол-мідь. Стопи системи нікол-хром. Стопи ніколу із залізом.

20. Тугоплавкі метали та їх стопи.

Загальні відомости. Фізичні і механічні властивості тугоплавких металів. Корозійна стійкість тугоплавких металів. Взаємодія тугоплавких металів з легуючими первнями і домішками. Холодноламкість тугоплавких металів. Тугоплавкі метали технічної чистоти.

Принципи легування тугоплавких металів. Термічна обробка тугоплавких металів і стопів. Ніобій та його стопи. Хром та його стопи. Молібден та його стопи. Вольфрам та його стопи.

21. Композиційні спечені антифрикційні матеріали на основі металів.

Загальні означення антифрикційних матеріалів та умов їх роботи. Основні фактори, які впливають на властивості антифрикційних композиційних матеріалів. Вибір основи антифрикційних матеріалів та способів впливу на їх фізико-механічні властивості. Роль антифрикційних присадок та їх взаємодія з матеріалом основи. Технологія виготовлення композиційних антифрикційних матеріалів. Основні типи композиційних антифрикційних матеріалів та їх властивості (на основі міді, заліза, нікеля, кобальта, алюмінію, тугоплавких металів тощо). Композиційні антифрикційні матеріали спеціального призначення.

II. Програма практичних та лабораторних занять

Розділ 1. Методи дослідження і випробування металів.

Тема 1. Загальна характеристика методів дослідження і випробування металів.

Тема 2. Визначення будови металів методами макроскопічної аналізи (макроаналіза).

1. Характеристика макроаналізи. Галузь застосування.
2. Макроаналіза зламу металу.
3. Макроаналіза шліфів.

Тема 3. Визначення структури металів методами мікроаналізи.

1. Методи оптичної мікроскопії.
2. Електронна мікроскопія.
3. Метод мікро-Х-променевої аналізи.

Тема 4. Визначення температур перетворень (критичних точок) металів.

1. Термічна аналіза.
2. Дилатометрична аналіза.

Тема 5. Визначення фазового складу металічних стопів фізичними методами.

1. Методи вимірювання електричних властивостей (резистометрична аналіза).
2. Методи вимірювання магнітних властивостей.

Тема 6. Дослідження механічних властивостей металів.

1. Характеристика і види механічних випробувань.
2. Статичні і втомні випробування.

3. Динамічні випробування і визначення вязкості руйнування.

Тема 7. Визначення твердості металів.

1. Твердість як характеристика властивостей металів.
2. Вимірювання твердості втискуванням кульки (твердість за Бринеллем).
3. Вимірювання твердості втискуванням конуса або кульки (твердість за Роквеллом).
4. Вимірювання твердості втискуванням алмазної піраміди (твердість за Віккерсом).
5. Вимірювання мікротвердості.

Тема 8. Дослідження фізичних та хемічних властивостей.

1. Дослідження фізичних властивостей.
2. Дослідження хемічних властивостей.

Тема 9. Пластична деформація і рекристалізація металів і стопів.

Розділ 2. Властивості чавунів і криці.

Тема 10. Структура криці і чавуну в рівноваговому стані.

1. Структура криці.
2. Структура чавуну.

Тема 11. Перетворення в криці під час нагрівання. Визначення температур критичних точок.

1. Визначення температур критичних точок.

Тема 12. Структура вуглецевої криці в нерівноваговому стані (в результаті термічної обробки).

1. Структура загартованої криці.
2. Структура криці після відпуску.

Тема 13. Термічна обробка конструкційних та інструментальних криць.

1. Дослідження властивостей конструкційних криць.
2. Дослідження властивостей інструментальних криць.

Розділ 3. Властивості кольорових металів і стопів.

Тема 14. Мікроаналіза кольорових стопів.

1. Дослідження структури кольорових металів і стопів.
2. Мікроструктура кольорових металів і стопів.

Тема 15. Металеві стопи та їх застосування.

1. Криці, основи класифікації та позначення марок.
2. Чавуни.
3. Мідні стопи.
4. Алюмінієві стопи.
5. Магнієві стопи.
6. Титанові стопи.
7. Підшипникові стопи (бабіти) (стопи для вольниць).

Рекомендована література

1. **Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г.** Материаловедение: Методы анализа, лабораторные работы и задачи. – Москва: Металлургия, 1983. – 384 с.: ил. (292 рис.). – Табл. 49. – Библиогр.: С. 384 (10 назв.).
2. **Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И.** Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Москва: Металлургия, 1981. – 415 с.: ил. (162 рис.). – Табл. 71. – Предмет. указ.: С. 410-411. – Библиогр.: С. 409 (8 назв.).
3. **Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П.** Материаловедение: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1980. – 494 с.: ил. (240 рис.). – Табл. 58. – Предмет. указ.: С. 487-489. – Библиогр.: С. 485-486 (57 назв.).
4. **Металознавство: Підручник/ О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко.** – 2-ге вид., перероб. і доп. – Київ: Політехніка, 2002. – 384 с.: іл. (206 рис.). – Табл. 25. – Контрольні питання: після гл. – Бібліогр.: С. 383 (8 назв). – ISBN 966-622-090-3.
5. **Мозберг Р.К.** Материаловедение: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. – Москва: Высш. шк., 1991. – 448 с.: ил. (179 рис.). – Табл. 46. – ISBN 5-06-001-909-8.

Використані джерела інформації

1. **Антонов-Романовский В.В.** Кинетика фотолуминесценции кристаллофосфоров. – Москва: Наука, 1966.
2. **Бартенев Г.М., Зеленев Ю.В.** Курс физики полимеров/ Под ред. С.Я. Френкеля. – Ленинград: Химия, 1976. - 288 с.
3. **Берг А., Дин П.** Светодиоды. – Москва: Мир, 1979.
4. **Бернштейн М.Л.** Прочность стали. – Москва: Металлургия, 1974. - 199 с.
5. **Бернштейн М.Л.** Термомеханическая обработка металлов и сплавов в 2-х т. – Москва: Металлургия, 1968. - Т. 1. - 586 с; Т. 2. - 575 с.
6. **Бернштейн М.Л., Займовский В.А.** Механические свойства металлов. – Москва: Металлургия, 1979. – 494 с.
7. **Блантер М.Е.** Фазовые превращения при термической обработке стали. – Москва: Металлургиздат, 1962. - 268 с.
8. **Блатт Ф.** Физика электронной проводимости в твердых телах. – Москва: Мир, 1971.
9. **Бокштейн С.З.** Строение и свойства металлических сплавов. – Москва: Металлургия, 1971. - 496 с.
10. **Болтакс Б.И.** Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. – Ленинград: Наука, 1972.
11. **Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г.** Физика полупроводников. – Москва: Наука, 1990.
12. **Булярский С.В., Фистуль В.И.** Термодинамика и кинетика взаимодействующих дефектов в полупроводниках. – Москва: Наука, 1997.
13. **Бунин К.П., Баранов А.А.** Металлография. – Москва: Металлургия, 1970. - 253 с.
14. **Бушманов Б.Н., Хромов Ю.А.** Физика твердого тела. – Москва: Высш. школа, 1971.
15. **Бындин В.М., Добровольская В.И., Ратников Д.Г.** Индукционный нагрев при производстве особо чистых материалов. 4 л., ил. (Б-чка высокочастотника-термиста).
16. **Вавилов В.С., Кекелидзе Н.П., Смирнов Л.С.** Действие излучений на полупроводники. – Москва: Наука, 1988.
17. **Вейс Р.** Физика твердого тела. – Москва: Атомиздат, 1968.
18. **Верещагин И.К.** Электrolуминесценция кристаллов. – Москва: Наука, 1974.
19. **Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М.** Введение в оптоэлектронику. – Москва: Высш. школа, 1991.
20. **Вихман Э.** Квантовая физика. – Москва: Наука, 1977.
21. **Геллер Ю.А.** Инструментальные стали. – Москва: Металлургия, 1983. - 525 с.
22. **Геллер Ю.А.** Инструментальные стали. 4-е изд. – Москва: Металлургия, 1975. – 584 с.
23. **Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г.** Материаловедение. – Москва: Металлургия, 1975. – 448 с.
24. **Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г.** Материаловедение: Методы анализа, лабораторные работы и задачи. – Москва: Металлургия, 1983. – 384 с.: ил. (292 рис.). – Табл. 49. – Библиогр.: С. 384 (10 назв.).
25. **Горелик С.С.** Рекристаллизация металлов и сплавов. – Москва: Металлургия, 1967. – 402 с.
26. **Горелик С.С., Дашевский М.Я.** Материаловедение полупроводников и металловедение. – Москва: Металлургия, 1973. - 496 с.
27. **Грибковский В.П.** Полупроводниковые лазеры. – Минск: Универс. изд., 1988.
28. **Гринберг Б.Г., Иващенко Т.М.** Лабораторный практикум по металловедению и термической обработке. – Москва: Высшая школа, 1968. - 320 с.
29. **Гудремон Э.** Специальные стали. Пер. с нем. – Москва: Металлургиздат, 1959. - Т. 1. – 801 с; Т. 2. – 1638 с.

30. Гуляев А.П. *Металловедение*. – Москва: Металлургия, 1978. - 480 с.
31. Гуляев А.П. *Металловедение*. 5-е изд. – Москва: Металлургия, 1977. - 664 с.
32. Гуляев А.П. *Чистая сталь*. – Москва: Металлургия, 1975. - 183 с.
33. Гурвич А.М. *Введение в физическую химию кристаллофосфоров*. – Москва: Высш. шк., 1982.
34. Гуревич С.Г., Моргун В.В. *Источники питания средней частоты установок индукционного нагрева*. 4 л., ил. (Б-чка высокочастотника-термиста).
35. Гусева М.Б., Дубинина Е.М. *Физические основы твердотельной электроники*. – Москва: Изд. МГУ, 1986.
36. Дашкевич И.П. *Высокочастотные разряды в электротермии*. 4 л., ил. (Б-чка высокочастотника-термиста).
37. Денис В., Пожела Ю. *Горячие электроны*. – Вильнюс: Минтис, 1971.
38. Деллаф А.А., Яворский Б.М. *Курс физики*. – Москва: Высш. школа, 2000.
39. Дринберг С.А., Верхоланцев В.В. *Органодисперсные лакокрасочные материалы и покрытия*. – Москва: Химия, 1976. - 144 с.
40. Дубинин Г.Н., Авраамов Ю.С. *Конструкционные проводниковые и магнитные материалы*. – Москва: Машиностроение, 1973. - 295 с.
41. Епифанов Г.И. *Физика твердого тела*. – Москва: Высш. школа, 1977 (и 1965).
42. Епифанов Г.И. *Физические основы микроэлектроники*. – Москва: Сов. радио, 1971.
43. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. *Твердотельная электроника*. – Москва: Высш. школа, 1986.
44. Захаров А.М. *Диаграммы состояния двойных и тройных систем*. – Москва: Металлургия, 1990. – 240 с.
45. Захаров М.В., Захаров А.М. *Жаропрочные сплавы*. – Москва: Металлургия, 1972. - 384 с. - ил.
46. Захаров М.В., Захаров А.М. *Жаропрочные сплавы*. – Москва: Металлургия, 1972. -384 с.
47. Захарова М.И. *Атомно-кристаллическая структура и свойства металлов и сплавов*. – Москва: Изд-во МГУ, 1972. - 215 с.
48. Зеегер К. *Физика полупроводников*. – Москва: Мир, 1977.
49. Зи С. *Физика полупроводниковых приборов*. – Москва: Мир, 1984.
50. Кидин И.Н. *Физические основы электротермической обработки металлов и сплавов*. – Москва: Металлургия, 1969. - 375 с.
51. Киреев П.С. *Физика полупроводников*. – Москва: Высшая школа, 1969.
52. Кирпичников П.А., Аверко-Антонович Л.А., Аверко-Антонович Ю.О. *Химия и технология синтетического каучука*. 2-е изд. – Ленинград: Химия, 1975. - 480 с.
53. Киттель Ч. *Введение в физику твердого тела*. – Москва: Наука, 1978.
54. Княжевская Г.С., Фирсова М.Г. *Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов*. 6 л., ил. (Б-чка высокочастотника-термиста).
55. Коган Л.М. *Полупроводниковые светоизлучающие диоды*. – Москва: Энергоатомиздат, 1983.
56. Козловский И.С. *Химико-термическая обработка шестерен*. – Москва: Машиностроение, 1970. – 232 с.
57. Колачев Б.А., Ливанов В.Л., Елагин В.И. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов*. – Москва: Металлургия, 1981. - 416 с.
58. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов*. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Москва: Металлургия, 1981. – 415 с.: ил. (162 рис.). – Табл. 71. – Предмет. указ.: С. 410-411. – Библиогр.: С. 409 (8 назв.)
59. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов*. – Москва: Металлургия, 1972. - 480 с.
60. Конецкий Ч.В. *Структура и свойства тугоплавких металлов*. – Москва: Металлургия, 1974. - 208 с. – ил.
61. Корицкий Ю.В. *Основы физики диэлектриков*. – Москва: Энергия, 1979.
62. Крейдер К. *Композиционные материалы в 8 том.:* Том 4. *Композиционные материалы с металлической матрицей/ ред. Л. Браутман, Р. Крок/ ред. тома 4 К. Крейдер/ Пер.с англ. под ред. К.И. Портного*. – Москва: Машиностроение, 1978. – 503 с.
63. Кузьмина И.П., Никитенко В.А. *Окись цинка. Получение и оптические свойства*. – Москва: Наука, 1984.
64. *Лакокрасочные покрытия в машиностроении/ Под ред. М.М. Гольдберга*. – Москва: Машиностроение, 1974. - 575 с.
65. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. *Теоретическая физика*. Т. III. – Москва: Наука, 1989.
66. Лахтин Ю.М. *Металловедение и термическая обработка*. – Москва: Машиностроение, 1990. - 528 с.
67. Лахтин Ю.М. *Металловедение и термическая обработка металлов*. – Москва: Металлургия, 1977. – 406 с.
68. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. *Азотирование стали*. – Москва: Машиностроение, 1976. - 256 с.

69. **Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П.** Материаловедение. – Москва: Машиностроение, 1972. - 510 с.
70. **Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П.** Материаловедение: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1980. – 494 с.: ил. (240 рис.). – Табл. 58. – Предмет. указ.: С. 487-489. – Библиогр.: С. 485-486 (57 назв.).
71. **Лившиц Б.Г.** Металлография. – Москва: Металлургия, 1971. - 405 с.
72. **Лившиц Б.Г.** Металлография. – Москва: Металлургия, 1990. - 336 с.
73. **Любарский Й.М., Палатник Л.С.** Металлофизика трения. – Москва: Металлургия, 1975. - 175 с.
74. **Мальцев М.В.** Металлография тугоплавких, редких и радиоактивных металлов и их сплавов. – Москва: Металлургия, 1971. - 488 с. - ил.
75. **Мальцев М.В.** Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. – Москва: Металлургия, 1970. - 367 с.
76. **Материалы в машиностроении.** Т. 1-5. – Москва: Машиностроение, 1969-1970.
77. **Металлография железа:** В 3-х т. – Москва: Металлургия, 1972.
78. **Металознавство:** Підручник/ О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Київ: Політехніка, 2002. – 384 с.: іл. (206 рис.). – Табл. 25. – Контрольні питання: після гл. – Бібліогр.: С. 383 (8 назв). – ISBN 966-622-090-3.
79. **Меткаф А.** Композиционные материалы в 8 том.: Том 1. Поверхности раздела в металлических композитах/ ред. Л. Браутман, Р. Крок/ ред. тома 1 А. Меткаф/ Пер.с англ. С.С. Гинзбурга, Э.Я. Ольшанской; под ред. И.Л. Светлова. – Москва: Мир, 1978. – 440 с.
80. **Милнс А., Фойхт Д.** Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник. – Москва: Мир, 1975.
81. **Минкевич А.Н.** Химико-термическая обработка металлов и сплавов. – Москва: Машиностроение, 1965. - 491 с.
82. **Мозберг Р.К.** Материаловедение: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. – Москва: Высш. шк., 1991. – 448 с.: ил. (179 рис.). – Табл. 46. – ISBN 5-06-001-909-8.
83. **Назаров Г.И., Сушкин В.В., Дмитриевская Л.В.** Конструкционные пластмассы. Справочник. – Москва: Машиностроение, 1973. - 192 с.
84. **Немков В.С., Полеводов Б.С.** Математическое моделирование на ЭВМ устройств высокочастотного нагрева. 4 л., ил. (Б-чка высокочастотника-термиста).
85. **Новик Ф.С., Арсов Я.Б.** Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. 18 л., ил.
86. **Новиков В.В.** Теоретические основы микроэлектроники. – Москва: Высш. школа, 1972.
87. **Новиков И.И.** Теория термической обработки металлов. Изд. 3-е. – Москва: Металлургия, 1978. - 392 с. – ил.
88. **Новиков И.И.** Дефекты кристаллического строения металлов. – Москва: Металлургия, 1975. - 207 с.
89. **Новиков И.И.** Теория термической обработки металлов. – Москва: Металлургия, 1978. - 391 с.
90. **Носов Ю.Р.** Оптоэлектроника. – Москва: Радио и связь, 1989.
91. **Овечкин Ю.А.** Микроэлектроника. – Москва: Радио и связь, 1982.
92. **Орешкин П.Т.** Физика полупроводников и диэлектриков. – Москва: Высш. школа, 1977.
93. **Основы материаловедения /** Под ред. И.И. Сидорина. – Москва: Машиностроение, 1976. - 436 с.
94. **Павлов П.В., Хохлов А.Ф.** Физика твёрдого тела. – Москва: Высшая школа, 2000.
95. **Панков Ж.** Оптические процессы в полупроводниках. – Москва: Мир, 1973.
96. **Пасынков В.В., Сорокин В.С.** Материалы электронной техники. – Москва: Высш. школа, 1986.
97. **Пикин С.А., Блинов Л.М.** Жидкие кристаллы. – Москва: Наука, 1982.
98. **Пихтин А.Н.** Физические основы квантовой электроники и оптоэлектроники. – Москва: Высш. школы, 1983.
99. **Пластики конструкционного назначения (реактопласты)/** Под ред. Е.Б. Тростянской. – Москва: Химия, 1974. – 304 с.
100. **Портной К.И., Бабич Б.Н.** Дисперсноупрочненные материалы. – Москва: Металлургия, 1974. – 199 с.
101. **Преображенский А.А.** Магнитные материалы и элементы. – Москва: Высш. школа, 1976.
102. **Прикладная электролюминесценция /**Под ред. М.В. Фока. – Москва: Сов. радио, 1974.
103. **Райцес В.Б.** Термическая обработка: В помощь рабочему-термисту. 10л., ил.
104. **Рахштадт А.Г.** Пружинные стали и сплавы. – Москва: Металлургия, 1982. - 400 с.
105. **Рахштадт А.Г.** Пружинные стали и сплавы. 2-е изд. – Москва: Металлургия, 1971. – 496 с.
106. **Ржанов А.Б.** Электронные процессы на поверхности полупроводников. – Москва: Наука, 1971.
107. **Рывкин С.М.** Фотоэлектрические явления в полупроводниках. – Москва: Физматгиз, 1962.
108. **Савицкий Е.М., Бурханов Г.С.** Металловедение тугоплавких металлов и сплавов. Изд. 2-е. - Москва: Наука, 1971. - 352 с. - ил.
109. **Савицкий Е.М., Поварова К.Б., Макаров П.В.** Металловедение вольфрама. – Москва: Металлургия, 1978. - 224 с. - ил.

110. **Свечников С.В.** Основы оптоэлектроники. – Киев: Вища школа, 1989.
111. **Сидоренко В.Д.** Применение индукционного нагрева в машиностроении: Справочник/ А.П. Гуляев, И.С. Козловский, Ю.М. Лахтин и др.; Под ред. Ю.М. Лахтина. 72 л., ил.
112. **Симе Ч., Хагель В.** Жаропрочные сплавы /Пер. с англ. – Москва: Металлургия, 1976. - 568 с. - ил.
113. **Слэтер Дж.** Диэлектрики, полупроводники, металлы. – Москва: Мир, 1969.
114. **Смит Р.** Полупроводники. – Москва: Мир, 1982.
115. **Современные композиционные материалы.** Пер.с англ./ Под ред. Л.Браутмана и Р.Крока. – Москва: Мир, 1970. – Т.1. – 672 с.
116. **Соколов В.А., Горбань А.Н.** Люминесценция и адсорбция. – Москва: Наука, 1969.
117. **Сплавы молибдена** /Я. Я. Моргунова, Б. А. Клыпин, В. А. Бояршинов и др. – Москва: Металлургия, 1975. - 392 с. - ил.
118. **Справочник металлста.** Т. 2. – Москва: Машиностроение, 1976. - 718 с.
119. **Справочник металлста/** Под ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема. 3-е изд. – Москва: Машиностроение, 1976. – Т.2. – 720 с.
120. **Справочник по пластическим массам/** Под ред В.М. Катаева, В.А. Попова, Б.И. Сажина. 2-е изд. – Москва: Химия, 1975. – Т.1 – 448 с.
121. **Справочник по пластическим массам/** Под ред В.М. Катаева, В.А. Попова, Б.И. Сажина. 2-е изд. – Москва: Химия, 1975. – Т.2 – 568 с.
122. **Спроул Р.** Современная физика. Квантовая физика атомов, твердого тела и ядер. – Москва: Наука, 1974.
123. **Стильбанс Л.С.** Физика полупроводников. – Москва: Сов. радио, 1967.
124. **Страховский Г.М., Успенский А.В.** Основы квантовой электроники. – Москва: Высш. школа, 1973.
125. **Тареев Б.М.** Физика диэлектрических материалов. – Москва: Энергоиздат, 1982.
126. **Термопласты конструкционного назначения/** Под ред. Е.Б. Тростянской. – Москва: Химия, 1975. – 233 с.
127. **Технология термической обработки в машиностроении.** Справочник. – Москва: Машиностроение, 1980. - 784 с.
128. **Туннельные явления в твердых телах /** Под ред. Э.Бурнштейна и С.Лундквиста. – Москва: Мир, 1973.
129. **Ульянин Е.А.** Коррозионностойкие стали и сплавы. – Москва: Металлургия, 1980. – 208 с.
130. **Уэрт У., Томсон Р.** Физика твердого тела/ Пер. с англ. – Москва: Мир, 1969. – 558 с.
131. **Федорова И.Г., Безменов Ф.В.** Высоочастотной сварка пластмасс. 6 л., ил. (Б-чка высоочастотника-термиста).
132. **Федорченко И.М., Пугина Л.И.** Композиционные спеченные антифрикционные материалы. – Киев: Наукова думка, 1980. – 404 с.
133. **Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.** Фейнмановские лекции по физике. Т. 8. – Москва: Мир, 1966.
134. **Физика микромира** (мал. энцикл.). – Москва: Сов. энцикл., 1980.
135. **Физика твердого тела: Учеб.пособие/** И.К. Верещагин, С.М. Кокин, В.А. Никитенко и др./ Под ред. И.К. Верещагина. – 2-е изд., испр. – Москва: Высш.шк., 2001. – 237 с.: ил. (66 рис.). – Библиогр.: С.235-237 (61 назв.). – Контр. вопросы – после гл. – ISBN 5-06-004024-0.
136. **Физический энциклопедический словарь.** – Москва: Советская энциклопедия, 1984.
137. **Физическое металловедение.** Пер. с англ./ Под ред. Р.М. Кана. – Москва: Мир, 1967. – 333 с.
138. **Физическое металловедение.** Пер. с англ./ Под ред. Р.М. Кана. – Москва: Мир, 1968. – Вып. 2. – 490 с.
139. **Физическое металловедение.** Пер. с англ./ Под ред. Р.М. Кана. – Москва: Мир, 1968. – Вып. 3. – 484 с.
140. **Физическое металловедение: В 3-х т. /**Под ред. Р.У. Кана, П. Хаазена. – Москва: Металлургия, 1987.
141. **Фрезер А.Г.** Высокотермостойкие полимеры. Пер. с англ./Под ред. А.Н. Праведникова. – Москва: Химия, 1971. – 296 с.
142. **Харрисон У.** Теория твердого тела. – Москва: Мир, 1972.
143. **Химушин Ф.Ф.** Жаропрочные стали и сплавы. Изд. 2-е. – Москва: Металлургия, 1969. - 749 с.
144. **Храмов Ю.А.** Физики: библиографический справочник. – Москва: Наука, 1983.
145. **Шалабутов Ю.К.** Введение в физику полупроводников. – Москва: Наука, 1969.
146. **Шалимова К.В.** Физика полупроводников. – Москва: Энергия, 1971.
147. **Шепеляковский К.З.** Упрочнение деталей машин поверхностной закалкой при индукционном нагреве. – Москва: Машиностроение, 1972. - 287 с.
148. **Шетц М.** Силиконовый каучук. Пер. с чешск. – Ленинград: Химия, 1975. – 192 с.
149. **Шмыков А.Д.** Справочник термиста. Изд. 4-е. – Москва: Машиностроение, 1961. – 392 с.

150. **Шульпе Г.** Металлофизика. Пер. с нем. – Москва: Мир, 1971. – 503 с.
151. **Электролюминесцентные** источники света / И.К.Верещагин, Б.А. Ковалев, Л.А. Косяченко, С.М. Кокин; Под ред. И.К. Верещагина. – Москва: Энергоатомиздат, 1990.
152. **Энциклопедия** неорганических материалов: В 2-х т. – Киев: Изд-во УРЕ, 1977.
153. **Энциклопедия** полимеров. – Москва: Советская энциклопедия, 1972. - Т. 1.-1224 с.
154. **Энциклопедия** полимеров. – Москва: Советская энциклопедия, 1974. - Т. 2.-1032 с.
155. **Энциклопедия** полимеров. – Москва: Советская энциклопедия, 1977. - Т. 3.-1152 с.

Укладачі:

Сіренко Г.О. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та прикладної хемії.

Мідак Л.Я. – кандидат хімічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної хемії.

Солтис Л.М. – аспірант кафедри теоретичної та прикладної хемії.

Рецензент

Матківський М.П. – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної хемії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.