

Програмові вимоги
до атестації здобувачів вищої освіти
освітньої програми 132 «Матеріалознавство»
Освітній рівень – бакалавр

ОСНОВНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ
«Матеріалознавство» (спеціалізація)

Порошкові та композиційні матеріали

Класифікація композиційних та порошкових матеріалів по матеріалу матриці, методу виготовлення, типу армуючи елементів, призначенню.

Прогнозування фізичних та механічних характеристик композиційних матеріалів. Властивості дисперснозміцнених, волокнистих та шаруватих композиційних матеріалів. Правило адитивності. Статистичний характер механічних характеристик. Особливості формування комплексу механічних та службових властивостей в залежності від типу армування.

Основні методи виробництва композиційних матеріалів, їх переваги та недоліки, вплив методу на комплекс властивостей.

Механізми утворення міцного зв'язку між компонентами. Механічна, дифузійна, адгезійна взаємодія. Структурні особливості зони контакту в залежності від переважаючого механізму формування зв'язку.

Методи підготовки поверхні компонентів до з'єднання. Механічні, хімічні, електрохімічні, фізичні методи очищення поверхні. Роль температури і тиску у формуванні з'єднання.

Дисперснозміцнені композиційні матеріали. Принципи вибору матеріалів матриці на зміцнюючої фази. Основні типи, сфери застосування, переваги і недоліки. Дисперснозміцнені композиційні матеріали на основі легких металів, жароміцні та тугоплавкі дисперснозміцнені композиційні матеріали.

Волокнисті композиційні матеріали. Основні типи волокон та матричних матеріалів. Волокнисті композиційні матеріали з металевою та неметалевою матрицею. Матеріали з високою питомою міцністю, високою робочою температурою.

Шаруваті композиційні матеріали, біметали та триметали. Матеріали з високим опором ударному навантаженню, корозійностійкі, матеріали сільськогосподарського призначення. Сфери застосування, переваги і недоліки.

Природні композиційні матеріали.

Характеристика порошкових матеріалів. Класифікація порошкових матеріалів. Основні процеси формування структури при спіканні. Конструкційні порошкові матеріали. Спечені матеріали на основі заліза, порошкові сталі,

сплави кольорових металів. Особливості комплексу властивостей, технологічні і економічні переваги при застосуванні.

Основи керамічної технології

Керамічна технологія. Основні поняття.

Виготовлення порошків та їх властивості

Механічні методи отримання порошків. Подрібнення твердих матеріалів. Помол в кульових млинах, що обертаються. Помол в кульових вібраційних млинах.

Диспергування розплавів. Технологія розпилення порошків.

Фізико-хімічні методи отримання порошків

Властивості порошків та методи їх контролю

Хімічні властивості. Фізичні властивості. Форма частинок. Розмір частинок і гранулометричний склад порошку. Питома поверхня. Густина. Мікротвердість. Технологічні властивості. Насипна густина і густина утраски. Текучість. Ущільнюваність, пресованість та формованість.

Формування порошків

Формування. Підготовка порошків до формування. Пресування. Процеси, що відбуваються при пресуванні. Залежність густини пресування від тиску пресування. Механізми ущільнення прес-порошка. Бічний тиск. Тертя. Тиск виштовхування. Пружна післядія.

Ізостатичне формування. Шлікерне формування. Прокат порошку. Вібраційне формування. Видалення пластифікатора.

Спінання

Спінання. Твердофазне спінання. Спінання однокомпонентних систем. Стадії спінання. Рушійні сили. Механізми масопереносу. Повзучість кристалічних тіл. Рекристалізація частинок. Ущільнення порошкового тіла.

Спінання багатокомпонентних систем. Системи з повною взаємною розчинністю компонентів. Системи з обмеженою розчинністю компонентів. Системи з нерозчинними компонентами. Рідкофазне спінання. Атмосфери спінання і захисні засипки.

Обробка порошкових виробів. Термічна обробка. Хіміко-термічна обробка. Термомеханічна обробка. Дисперсійно-зміцнююча термічна обробка. Захист від корозії. Механічна обробка.

Структура і властивості порошкових виробів.

Сплави з особливими властивостями

Конструкційна міцність матеріалів

Загальні вимоги, яким повинні відповідати конструкційні матеріали.

Конструкційна міцність матеріалів і критерії її оцінки. Методи підвищення конструкційної міцності. Класифікація конструкційних матеріалів. Сталі, що забезпечують жорсткість, статичну і циклічну міцність. Класифікація конструкційних сталей. Вплив вуглецю та домішок на властивості сталей. Вуглецеві сталі та їх властивості. Леговані сталі.

Матеріали з особливими технологічними властивостями

Отримання сталей призначених для обробки різанням. Сталі з високою технологічною пластичністю і зварюваністю. Залізовуглецеві сплави з високими ливарними властивостями. Отримання та властивості мідних сплавів.

Зносостійкі матеріали

Основні види зношування металів і сплавів. Закономірності зношування деталей і шляхи зменшення їх зносу. Матеріали з високою твердістю поверхні. Антифрикційні матеріали. Фрикційні матеріали. Матеріали з високими пружними властивостями. Ресорно-пружинні сталі. Пружинні матеріали приладобудування.

Матеріали з малою густиною та високою питомою міцністю

Сплави на основі алюмінію. Сплави на основі магнію. Неметалеві матеріали. Титан і сплави на його основі. Берилій і сплави на його основі. Композиційні матеріали.

Матеріали, стійкі до впливу температури і робочого середовища

Корозійностійкі матеріали. Жаростійкі матеріали. Жароміцні матеріали. Холодостійкі матеріали. Радіаційно-стійкі матеріали. Сплави із заданим температурним коефіцієнтом лінійного розширення. Сплави із заданим температурним коефіцієнтом модуля пружності.

Матеріали з особливими електричними та магнітними властивостями

Загальні відомості про феромагнетики. Магнітно-м'які матеріали. Магнітно-тверді матеріали. Матеріали високої електричної провідності. Напівпровідникові матеріали. Діелектрики.

Матеріали для ріжучих і вимірювальних інструментів

Матеріали для ріжучих інструментів. Сталі для вимірювальних інструментів. Сталі для інструментів обробки металів тиском. Сталі для інструментів холодної обробки тиском. Сталі для інструментів гарячої обробки тиском.

Аморфні матеріали

Загальні відомості про аморфний стан речовини

Природа аморфного стану. Два види затвердіння речовини. Різниця між кристалічним та аморфним станом твердих тіл. «Мікрокристалічні» та «кластерні» моделі некристалічного стану. Модель випадкових щільно

упакованих сфер.

Загальні закономірності кристалізації та аморфізації речовини. Фазові переходи і аморфізація металів і сплавів. Виділення фаз із аморфоутворюючих розплавів: зародкоутворення і ріст кристалів.

Зміна фізичних властивостей при аморфізації рідини. Температура утворення аморфного стану. Критична швидкість охолодження і тенденція до аморфізації. ТТТ-діаграми.

Аморфні металічні сплави

Способи отримання аморфних металічних сплавів. Гартування із рідкого стану. Метод спінінгування розплаву. Метод витягування розплаву з тигля.

Умови отримання аморфних металічних сплавів. Структурний та кінетичний критерій.

Моделі структури аморфних металічних сплавів. Квазірідинна та квазікристалічна модель аморфних металічних сплавів. Аморфно-нанокристалічні структури. Дисклинаційна модель. Дефекти в аморфних металічних сплавах. Точкові, мікроскопічні протяжні, макроскопічні дефекти. Дисклинації.

Структурна релаксація в аморфних металічних сплавах. Залежність вільної енергії конденсованого стану від температури і об'єму.

Пружні і непружні властивості аморфних металічних сплавів. Діаграми розтягу кристалічних та аморфних матеріалів. Пружна і в'язка складові деформації.

Електричні і магнітні властивості аморфних металічних сплавів. Температурна залежність електро- і магнітоопору в немагнітних і магнітних аморфних сплавах. Типи магнітних структур аморфних магнетиків.

Аморфні напівпровідники та надпровідники

Загальна характеристика аморфних напівпровідників.

Отримання аморфних напівпровідників.

Найбільш вивчені аморфні напівпровідники. Аморфний кремній. Селен. Халькогенідні стекла.

Магнітні матеріали

Розвиток уявлень про магнітні властивості речовин. Основні фізичні величини, що характеризують магнітне поле.

Планетарна модель атома. Магнітний момент атома. Спінова і орбітальна складові магнітного моменту атома.

Напруженість та індукція магнітного поля. Вектор намагніченості. Магнітна сприйнятливість та проникність. Діамагнетизм. Парамагнетизм. Феромагнетизм.

Доменна структура феромагнетиків. Магнітний гістерезис. Антиферомагнетика. Феримагнетика. Аморфні магнітні матеріали. Магнітом'які та магнітотверді матеріали.

Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів

Основні поняття про будову, структуру і властивості металів

Теоретична і технічна міцність. Дефекти кристалічних ґраток. Субмікроскопічні та мікроскопічні дефекти структури. Макроскопічні дефекти.

Особливості будови поверхні і приповерхневих шарів. Геометрія поверхні. Дія зовнішнього середовища на поверхневий шар. Вплив якості поверхні на міцність.

Напруження та деформація. Метод перерізів. Схеми напруженого стану при механічних випробуваннях. Класифікація механічних випробувань.

Випробування на розтягування. Визначення характеристик міцності та пластичності під час розтягування.

Пружні властивості й неповна пружність металів. Константи пружних властивостей. Фактори, що впливають на пружні властивості. Непружність і внутрішнє тертя.

Руйнування, основні поняття. В'язке руйнування. Крихке руйнування. Роль концентраторів напружень у крихкому руйнуванні

Випробування на ударну в'язкість. Напружений стан під час випробування. Метод оцінки ударної в'язкості й холодноламкості. Способи визначення роботи зародження і розвитку тріщини.

Випробування при високих температурах. Жароміцність, повзучість. Тривала міцність.

Механічні властивості, що визначаються при циклічному навантаженні. Характеристика навантажень та особливості руйнування при втомі. Вплив стану поверхні.

Конструкційна міцність і методи її підвищення. Критерії оцінки конструкційної міцності. Параметри, що обумовлюють довговічність сталі. Параметри надійності сталі та методи їх визначення. Розкриття тріщини та її роль в оцінці в'язкості руйнування пластичних матеріалів. Поняття про живучість металу. Методи підвищення конструкційної працездатності деталей машин.

Випробування на твердість. Загальна характеристика методу. Твердість при вдавлюванні. Інші способи визначення твердості. Визначення мікротвердості.

Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів

Способи вимірювання температури

Термоелектрична, термодинамічна температурні шкали. МПТШ 0 68. Рідинні термометри. Термометри опору. Мостові, потенціометричні та інші схеми вимірювання температури. Вимірювання температури методом оптичної пірометрії. Яскравісна температура. Температура кольору. Радіаційна температура.

Прості і перехідні метали, їх будова і властивості

Будова напівпровідників і діелектриків. Стан електронів у твердих тілах. Модель вільних електронів. Хвильова функція електронів в кристалах. Енергія Фермі. Зони Бріллюена. Поверхня Фермі.

Електропровідність металів та напівпровідників

Питома електропровідність та питомий електроопір. Методи вимірювання електроопору. Ефект Хола. Вимірювання електричних властивостей металів та напівпровідників. Електропровідність твердих розчинів, хімічних сполук та проміжних фаз. Електропровідність проміжних фаз. Явище надпровідності. Надпровідники першого та другого роду. Високотемпературні надпровідні керамічні матеріали.

Термоелектричні властивості металів, сплавів, напівпровідників і надпровідників

Ефекти Зеебека, Пельтьє і Томсона. Використання методу вимірювання термоелектрорушійної сили в матеріалознавстві. Матеріали для термопар і термоелементів.

Густина та питомий об'єм матеріалів

Рентгеноскопічна густина. Методи гідростатичного зважування. Пікнометричний метод. Вимірювання густини порошкових і керамічних матеріалів. Теплове розширення металів, сплавів і сполук. Вплив різних факторів на теплове розширення. Установки і методи дилатометрії. Дилатометричне вивчення фазових і структурних перетворень.

Теплоємність твердих тіл

Класична теорія теплоємності, теорія Ейнштейна та Дебая. Теплоємність металів, сплавів і сполук. Зміна теплоємності під час фазових та структурних перетворень. Методи калометричного і термічного аналізів. Прилади для термічного аналізу.

Теорія електронної і фотонної теплопровідності твердих тіл. Закон Відемана-Франца. Теплопровідність металів, напівпровідників, сплавів і сполук. Методи вимірювання теплопровідності матеріалів.

Сучасні методи обробки матеріалів

Вступ. Поняття про якість поверхні. Точність виготовлення деталей і їх

з'єднань. Допуски і посадки. Шорсткість поверхні. Класи шорсткості.

Технологія ливарного виробництва

Сутність ливарного виробництва і ливарні властивості сплавів. Технологія виготовлення виливків у разових ливарних формах. Лиття в оболонкові форми. Лиття з використанням плавких і газифікованих моделей Лиття в металеві форми (кокілі). Лиття під тиском та інші способи лиття.

Технологія обробки тиском

Сутність процесу і види обробки. Фактори, що впливають на процес обробки, і обладнання для нагрівання металу. Прокатування листового та профільного металу. Прокатування труб. Волочіння. Пресування. Кування. Штампування.

Технологія обробки різанням

Сутність процесу, основні поняття і визначення. Параметри і фізичні явища, що супроводжують процес різання. Стійкість і матеріали різального інструмента. Металорізальні верстати. Точіння. Свердління, розточування. Фрезерування. Стругання, довбання, протягання. Зубонарізування. Шліфування. Поверхнєве пластичне деформування.

Технологія зварювання

Сутність процесу і класифікація способів зварювання. Ручне і автоматичне дугове зварювання. Електрошлакове зварювання. Дугове зварювання в захисній атмосфері, плазмодугове зварювання. Зварювання електронним і лазерним променем. Газове зварювання та різання металу. Електричне контактне зварювання. Зварювання тертям, газопресуванням, дифузійне зварювання. Ультразвукове зварювання. Зварювання вибухом.

Фізико-хімічні методи обробки

Електроерозійна обробка. Електрохімічна обробка. Комбіновані методи обробки. Електрохімікомеханічні методи. Анодно-механічна обробка.

Ультразвукова обробка. Ультразвукова розмірна обробка. Ультразвукове очищення. Ультразвукове зварювання.

Променеві методи обробки. Світлопроменева (лазерна) обробка. Електронно-променева обробка.

Очистка поверхні

Хімічна очистка поверхні. Плазмохімічна очистка поверхні. Лазерна очистка поверхні.

Термічна обробка металів

Класифікація основних видів термічної обробки.

Термодинамічні основи теплових процесів при термічній обробці металів. Теплофізичні властивості металів і сплавів.

Перший закон термодинаміки. Ентропія і другий закон термодинаміки. Умови термодинамічної рівноваги. Хімічний потенціал. Поверхневі ефекти.

Теплоємність металів і сплавів. Теплопровідність металів і сплавів. Теплове розширення металів і термічні напруги.

Теорія термічної обробки сталей.

Фазові перетворення при нагріві. Ріст зерна аустеніту при нагріві. Загальна характеристика перетворення переохолодженого аустеніту. Перлітне перетворення. Мартенситне перетворення в сталі. Проміжне перетворення. Ізотермічне перетворення аустеніту в легованих сталях. Перетворення аустеніту при неперервному охолодженні. Термокінетичні діаграми перетворення переохолодженого аустеніту.

Термічна обробка сталей і сплавів.

Термічна обробка сталей. Відпал першого роду: гомогенізаційний; рекристалізаційний; відпал, який знімає напруги. Відпал другого роду. Загартування. Відпуск сталей. Термомеханічна обробка. Зміна структури металу при гарячій обробці тиском.

Відпал чавунів. Графітозійний відпал. Нормалізація чавунів.

Відпал кольорових металів. Гетеронізуючий відпал. Відпал з фазовою перекристалізацією.

Хіміко-термічна обробка сталі. Поверхнєве зміцнення сталей.

Загальна характеристика при хіміко-термічній обробці сталей. Цементация. Азотування. Нітроцементация. Силіціювання. Борування. Дифузійна металізація. Поверхнєве гартування з індукційним газополуменевим та лазерним нагрівом.

Фізика і хімія поверхні

Поверхня твердого тіла – базові поняття

Роль поверхні в різних фізико-хімічних процесах. Роль поверхні в фізиці і хімії твердого тіла. Поверхні ідеальні і неідеальні. Поняття про атомарно-чистої гладкої поверхні. Методи отримання чистих поверхонь: скол у вакуумі, прогрів в вакуумі, іонне бомбардування, холодна емісія, епітаксійне нарощування. Шаруваті кристали.

Кристаліграфічні та морфологічні характеристики поверхні

Двовимірні кристалічна решітка, двовимірні решітки Браве. Позначення поверхонь монокристалів і атомних структур. Зміна міжплощинних відстаней біля поверхні. Поняття шорсткості поверхні. Релаксація поверхні іонних кристалів. Полярні і неполярні поверхні.

Реконструкція поверхні

Реконструкція поверхні металів. Можливість зміни валентності на поверхні. Реконструкція на поверхні напівпровідників. Кремній (111) .

Фасетування поверхні. Вплив дефектів на структуру поверхні. Зміна електронної структури, роботи виходу, поверхневої провідності і т.п. при реконструкції. Коливання поверхневих атомів. Середньоквадратичний зсув атомів на поверхні, температура Дебая, термічне розширення на поверхні.

Електронні властивості поверхні твердого тіла

Поверхневі стани Тамма. Поверхневі стани Шоклі. Можливості зміни ширини забороненої зони на поверхні. Зв'язані поверхневі стани, резонансні і антирезонансні поверхневі стани. Вплив реконструкції поверхні. Локальна щільність електронних станів.

Поверхня металу - електронні властивості поверхні твердого тіла

Експериментальні дослідження електронної структури поверхні металів. Зміна потенціалу і розподіл електронної щільності у поверхні. Желе-модель металу. Метод функціонала густини: електронний газ з постійною густиною. Способи реалізації методу функціонала густини: розширений метод Томаса-Фермі, удосконалений метод Хартрі, варіаційний метод. Електронна густина і потенціал біля поверхні

Емісійні явища на поверхні твердого тіла

Робота виходу. Поляризаційна складова роботи виходу. Подвійний електричний шар. Роль шорсткості поверхні. Поверхнева енергія. Врахування атомної структури поверхні. Взаємодія заряду з поверхнею.

Адсорбція

Кінетика адсорбції. Теорія Ленгмюра. Ізотерма Ленгмюра. Полімолекулярних адсорбція, теорія БЕТ. Фізична і хімічна адсорбція. Сили, що призводять до фізичної адсорбції: орієнтаційні, поляризаційні, дисперсійні, репульсивні. Потенціал Леннарда-Джонса. Модель парних взаємодій. Хімічна зв'язок: метод молекулярних орбіталей, теорія валентних зв'язків. Заселеність перекривання, локальна щільність станів. Електронний стан адатомів. Просторовий розподіл електронної густини.

Поверхня напівпровідників: область просторового заряду та її характеристики

Область просторового заряду. Область просторового заряду в термодинамічній рівновазі. Виникнення областей просторового заряду в обмежених кристалах. Основне рівняння ОПЗ. Електричне поле в ОПЗ і на межі розділу. Електростатичне екранування носіями заряду. Просторові характеристики ОПЗ. Типи ОПЗ. Повний заряд ОПЗ. Диференціальна ємність ОПЗ. Область просторового заряду в нерівноважних умовах. Квазірівновага в ОПЗ.

Методи отримання та очистки поверхонь

Обробка поверхні і умови збереження її властивостей. Методи отримання

атомарно -чистої поверхні твердого тіла. Експериментальні методи приготування і очищення реальних поверхонь твердого тіла.

Методи дослідження поверхні твердого тіла

Морфологія поверхні. Мікроскопічні дослідження. Оптичні дослідження поверхні. Дифракція рентгенівських променів та електронів. Структурний аналіз аморфних поверхонь. Хімічний склад і дефекти поверхні. Рентгенівська фотоемісія в дослідження поверхні НП. Оже –спектроскопія в дослідження поверхні НП. Інфрачервона спектроскопія в дослідження поверхні НП. гамма-резонансні методи в дослідження поверхні.

Матеріали пристроїв генерації і накопичення енергії

Накопичувачі електричної енергії

Основні визначення, фундаментальні аспекти і практичні застосування. Пористі матеріали. Класифікація пористих систем за розмірами пор, величиною питомої поверхні. Подвійний електричний шар (ПЕШ). Моделі ПЕШ. Принципи накопичення заряду в ПЕШ.

Гібридні суперконденсатори

Принцип роботи гібридних систем. Ідеально поляризований і фарадеївський електроди. Сумісність електродів різного типу в єдиній електрохімічній системі. Використання активованого вуглецю і залізовмісних шпінелей для формування гібридних суперконденсаторів.

Псевдоконденсатори

Принцип накопичення заряду в псевдоконденсаторах. Псевдоконденсатори на основі окисів рутенію, іридію. Псевдоконденсатори на основі полімерів. Швидкі оборотні редоксреації. Функціональні групи та їх роль в накопиченні заряду. Псевдоконденсатори на основі нанопористого вуглецю.

Використання оксидів перехідних металів в літійових джерелах струму (ЛДС)

Процеси інтеркаляційного струмоутворення. Формування структур господар-гість. Наномасштабні діоксиди титану, олова в ЛДС та їх основні характеристики. Способи підвищення питомих потужності та енергії у вказаних пристроях.

Низькорозмірні структури в пристроях накопичення і генерації електричної енергії

Шаруваті структури. Канальні структури. Нанотрубки. Гостьові позиції у низькорозмірних матеріалах.

Рекомендована література

1. Дяченко С.С., Дощечкіна І.В., Мовлян А.О., Плешаков Е.І. Матеріалознавство. – Харків: ХНАДУ, 2007.
2. Бялік О.М., Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н. Металознавство. К.: Політехніка, 2002.
3. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1986.
4. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.Н., Войткун Ф. Материаловедение. – М.: МИСиС, 1999. – 477 с.
5. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990.
6. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1986
7. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. М.: Металлургия, 1989.
8. Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. Материаловедение и технология металлов. М.: Высш. шк., 2002.
9. Физическое металловедение (в 3 томах). Под ред. Р.У. Кана и П. Хаазена. – М.: Металлургия, 1987.
10. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т. / Под общей ред. Б. А. Калина. – М.: МИФИ, 2007.
11. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Е., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. – К: Либідь, 2002.
12. Мохорт А. В. Термічна обробка металів: Навчальний посібник / А. В. Мохорт, М. Г. Чумак. – К. : Либідь, 2002. – 512 с.
13. Кузін О. А. Металознавство і термічна обробка металів / О. А. Кузін, Р. Яцюк. – К. : Основа, 2005. – 360 с.
14. Пахолук А. П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали: посібник / А. П. Пахолук, О. А. Пахолук. – Львів : Світ, 2005. – 172 с., іл.
15. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство : підручник / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
16. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. Москва, МИСиС. - 1999. - 413 с.
17. Кипарисов С.С, Либенсон Г.А. Порошковая металлургия.— М.: Металлургия, 1991, 432 с.
18. Либенсон, Г. А. Процессы порошковой металлургии : учеб. для вузов: в 2 ч. / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. – М. : МИСиС, 2001.

19. Панов, В. С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них : учеб. для вузов / В. С. Панов, А. М. Чурилин. – М. : МИСиС, 2001. – 426 с.
20. Порошковая металлургия. Материалы, технологии, свойства, области применения: справ. / И. М. Федорченко, И. И. Францевич, И. Д. Родомысльский и др. – Киев : Наукова думка, 1985. – 624 с.
21. Аморфные металлические сплавы. Коллектив авторов.- К.: Наукова думка, 1987. – 245с.
22. А. Фельц. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела. М.: Мир, 1986.
23. Б.С. Митин, В.А. Васильев. Порошковая металлургия аморфных и микро- кристаллических материалов. М.: Металлургия, 1992. 128 с.
24. И.В. Золотухин. Физические свойства аморфных металлических материалов. М.: Металлургия, 1986. 176 с.
25. В. С. Минаев. Стеклообразные полупроводниковые сплавы. М.: Металлургия, 1991. 406 с.
26. Боровик Е. С., Еременко В. В., Мильнер А. С. Лекции по магнетизму. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 512 с.
27. Боков В. А. Физика магнетиков: Учеб. пособие для вузов / ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН. — СПб.: Невский Диалект; БХВ-Петербург, 2002. — 272 с.
28. Летюк Л. М. Технология ферритовых материалов магнито-электроники / Летюк Л. М., Костишин В. Г., Гончар А. В. – М.: МИСИС, 2005. – 352 с.
29. Крупичка С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов / С. Крупичка. – М.: Мир, 1976. – Т.1. – 359 с.
30. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон // М.- Мир.- 1979. - 568с.
31. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля // М.- Издательский центр "Академия".- 2005. - 192с.
32. Гусев, А. И. Нанокристаллические материалы / А. И. Гусев, А. А. Ремпель. - М. : Физматлит, 2000. - 224 с.
33. Наноструктурные материалы. Учебное пособие для студ. высш. учебн. заведений. // Р.А.Андриевский, А.В.Рагуля. – М.Издательский центр "Академия", 2005, - 192 с.
34. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. Мир материалов и технологий. Техносфера, Москва, 2005.
35. Захарова Г.С. Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов металлов / Г.С. Захарова, В.Л. Волков, В.В. Ивановская, А.Л. Ивановский // Екатеринбург. - УрО РАН. - 2005. - 238с.