

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ ІНСТИТУТ

ПРОБЛЕМ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

ім. І.М.ФРАНЦЕВИЧА

## **ПРОГРАМА**

**вступного іспиту в аспірантуру  
із спеціальності  
132 – матеріалознавство  
(галузь знань – механічна інженерія)**

Затверджено Вченою радою  
ІІМ НАН України  
від 29.06.2016р. протокол №6

КИЇВ – 2016

# **1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

## **1.1. Кристалічна будова металів.**

Електронна будова металів. Типи міжатомного зв'язку: іонні, ковалентні, металічні та молекулярні зв'язки.

Кристалічна будова твердих тіл. Елементи симетрії кристалів і кристалічної структури. Атомні та іонні радіуси. Координаційні числа. Основні типи просторових решіток в металах та їх характеристика. Поліморфізм. Анізотропія фізичних властивостей кристалів.

Будова реальних кристалів. Класифікація дефектів решіток: точкові, лінійні, поверхневі та об'ємні.

## **1.2. Основи електронної теорії твердих тіл.**

Електронна теорія міжатомного зв'язку.

Теплопровідність, електропровідність і електронна теплоємність металів.

Напівпровідникові і діелектричні властивості твердих тіл. Власна і домішкова провідність напівпровідників.

Магнітні властивості матеріалів. Діамагнетизм, парамагнетизм, феромагнетизм. Магнітострикція. Металічні і керамічні магніти.

## **1.3. Основи молекулярно-кінетичної теорії металів.**

Тепловий рух атомів у металах. Коливання решітки, теплоємність і теплове розширення, його зв'язок з кристалічною будовою і властивостями металів.

Дифузія в твердому тілі. Механізм дифузії. Залежність параметрів дифузії від температури. Самодифузія. Анізотропія дифузії. Зерногранична та поверхнева дифузія.

## **1.4. Кристалізація.**

Термодинаміка процесу кристалізації. Утворення і ріст зародків твердої фази. Кінетика кристалізації, фактори, що впливають на кристалізацію. Величина зерна. Модифікування рідкого металу. Форма кристалів, побудова зливка. Одержання монокристалів. Вторинна кристалізація.

## **1.5. Основи теорії сплавів.**

Основи термодинаміки сплавів. Умови термодинамічної рівноваги. Визначення системи, фази, структури. Тверді розчини. Діаграми стану подвійних сплавів і методи їх побудови. Діаграми стану сплавів, що створюють тверді розчини з необмеженою розчинністю. Застосування правила фаз і правила відрізків. Діаграми евтектичного типу, діаграми стану сплавів з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.

Внутрішньокристалічна ліквідація, ліквідація по густині. Діаграми стану з проміжними станами. Фазові та структурні перетворення в твердому стані. Діаграми стану сплавів з поліморфним і евтектоїдним перетворенням. Зв'язок між діаграмою стану і властивостями сплавів.

### **1.6. Основні фазові перетворення в сталі.**

Механізм і кінетика утворення аустеніту. Гомогенізація аустеніту. Розпад аустеніту. Ізотермічні і термокінетичні діаграми. Вплив складу на процес розпаду аустеніту. Критична швидкість гартування. Природа і структура мартенситу. Перетворення при відпуску сталі. Стадії розпаду мартенситу при відпуску. Розпад залишкового аустеніту. Рекристалізаційні процеси. Зміна структури під час відпуску та її вплив на механічні властивості. Відпускна крихкість і засоби її запобігання.

## **2. МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ**

### **2.1. Міцність і пластичність матеріалів**

Тензор напружень і тензор деформацій. Пружні константи металів. Теорія деформації. Типи напруженого стану матеріалів. Плоский напружений стан. Концентрація напружень. Механічні характеристики матеріалів.

Кооперативні процеси переміщення атомів. Процеси ковзання та двійникування. Дислокації. Крайові, гвинтові і змішані дислокації. Вектор Бюргерса. Ковзання і переповзання дислокацій. Утворення дислокацій. Деформування монокристалів і полікристалів. Вплив пластичної деформації на структуру і властивості матеріалів. Вплив границь зерен на пластичну деформацію полікристалів.

Зміцнення матеріалів. Деформаційне зміцнення при створенні твердих розчинів і взаємодія дислокацій з домішками. Рівняння Холла-Петча. Дисперсійне твердіння. Тріщиностійкість. \*

### **2.2. Руйнування матеріалів.**

Види і механізми руйнування. В'язкість руйнування. Підходи лінійної механіки руйнування до вибору конструкційних матеріалів і розрахунку розміру допустимого дефекту. Методи визначення тріщиностійкості інспекції зломів. Конструкційна міцність. Критерії конструкційної міцності. Надійність і довговічність. Чистота сталі і її вплив на конструкційну міцність.

### **2.3. Вплив температури на механічні властивості матеріалів.**

Залежність границь текучості і ударної в'язкості матеріалів від температури. Явище факторів. Поводження матеріалів при низьких (гелієвих) температурах. Повзучість, тривала міцність, релаксація напружень. Типи і механізми повзучості в металах. Вплив структури, часу і швидкості деформації на процес руйнування в умовах високих температур. Мікромеханізми руйнування. Методи випробування при

високих температурах. Застосування підходів механіки руйнування для прогнозування довговічності і швидкості повзучості. Термоактиваційний аналіз повзучості.

#### **2.4. Механічні властивості при циклічному навантаженні.**

Природа явищ втоми. Механізм втомленого руйнування. Крива втоми. Кінетичні діаграми атомного руйнування. Застосування підходів лінійної механіки руйнування для прогнозування довговічності при циклічному навантаженні. Порогові значення коефіцієнтів інтенсивності напруження. Вплив структури і умови навантаження на характеристики тріщиностійкості сталі при циклічному навантаженні в умовах багатоциклічної і малоциклічної втоми та в умовах корозійного середовища. Циклічно стабільні матеріали і матеріали, що циклічно змінюються і знеміцнюються. Термічна втомленість, термічний удар, термостійкість. Вибір матеріалів для роботи в умовах корозії, багатоциклічних і малоциклічних термічних навантаженнях.

#### **2.5. Вплив зовнішнього середовища.**

Адсорбційні процеси при деформації і руйнуванні металів. Ефект Ребіндера. Вплив поверхневоактивних середовищ на міцність металів і сплавів. Корозія металів, види корозії.

Закономірність окислення металів. Захист металів від окислення. Корозія металів і сплавів під напругою, корозійне розтріскування. Міжкристалітна корозія. Підхід лінійної механіки руйнування до оцінки працездатності матеріалів з тріщиною під впливом середовищ. Опірність кавітаційному і ерозійному руйнуванню.

### **3. СТАЛІ В МАШИНОБУДУВАННІ.**

#### **3.1. Основні фазові перетворення в сталі.**

Механізм і кінетика утворення аустеніту. Гомогенізація аустеніту. Розпад аустеніту. Ізотермічні і термокінетичні діаграми. Вплив складу на процес розпаду аустеніту. Критична швидкість гартування. Природа і структура мартенситу. Перетворення при відпуску сталі. Стадії розпаду мартенситу при відпуску. Розпад залишкового аустеніту. Рекристалізаційні процеси. Зміна структури під час відпуску та її вплив на механічні властивості. Відпускна крихкість і засоби її запобігання.

#### **3.2. Основи легування сталі.**

Легуючі елементи в сталях. Діаграма стану залізо - цементит і залізо на графіт. Вплив легуючих елементів на критичні точки заліза і сталі, на властивості фериту і аустеніту, на перетворення переохолодженого аустеніту, на ріст зерна аустеніту при нагріванні на прогартовуваність сталі, на процеси перетворення при відпуску, на процеси спікання, на зварюваність. Класифікація легованих сталей за складом і призначенням. Маркування легованих сталей.

### **3.3. Технологія термічної обробки сталі.**

Види процесів термічної обробки сталі і її характеристика. Відпал, нормалізація, гартування, відпуск, старіння, хіміко-термічна обробка. Гартувальні середовища. Вибір виду термічної обробки залежно від призначення і складу матеріалу вибору. Вплив режимів термічної обробки на властивості конструкційних матеріалів і зварні з'єднання.

Прогартуваність, фактори, що діють на неї. Загартуваність. Дефекти, пов'язані з термічною обробкою. Окислення і знеуглецьовування сталі, захист середовища. Перегрів і переплав сталі. Методи виправлення перегріву. Гартувальні тріщини. Вплив водню на механічні властивості. Воднева крихкість. Особливості термічної обробки крупних поковок. Короблення і деформація під час термічної обробки. Термомеханічна обробка. Види термомеханічної обробки.

### **3.4. Поверхнева обробка сталі.**

Лазерна обробка.

Поверхнєве зміцнення деталей машин шляхом пластичної деформації. Суть процесу. Роль залишкових напружень. Вплив на втомну міцність при крихкому руйнуванні. Методи зміцнення: віброгартування, обробка роликками, дробоструминна обробка. Види імпульсної поверхневої обробки. Поверхнева термомеханічна обробка.

Хіміко-термічна обробка сталі. Види та призначення. Цементация у твердому карбюраторі, рідкому і газовому середовищах. Особливості термічної обробки після цементации. Азотування. Вплив легуючих елементів на глибину і твердість азотованого шару. Структура і властивості азотованої сталі. Цианування, нітроцементация сталі. Дифузійна металізація. Алітування. Хромування. Силіціювання. Багатокомпонентні покриття. Дифузійне насичення в іонізованих газових середовищах. Іонне азотування і цементация. Термічне пароксидування.

Поверхнєве гартування. Поверхнєве гартування при індукційному чи газополум'яному нагріві.

Нанесення вакуумплазмових покриттів.

### **3.4. Конструкційні вуглецеві і леговані сталі.**

Вимоги до сталей і державні стандарти. Вуглецеві сталі звичайної якості і якісні. Леговані сталі. Поліпшені сталі різної прогартуваності. Сталі, що цементуються і азотуються. Пружинні сталі. Сталі для підшипників качіння. Аустенітна високомарганцюватиста сталь. Сталь графітизована: структура, властивості, спосіб виготовлення. Сталі з високою оброблюваністю (автоматні). Будівельні сталі.

### **3.5. Високоміцні сталі.**

Принцип легування. Пряме і зворотне мартенситне перетворення. Вплив легуючих елементів на кінетику фазових перетворень і особливості термічної обробки. Мартенситностаріючі нержавіючі сталі.

їх властивості і галузі застосування. ПНП-сталі (ТРП1-сталі).

### **3.6. Корозійно-стійкі сталі.**

Загальні принципи легування. Хромисті сталі. Хромонікелеві аустенітні сталі. Високолеговані кислотостійкі сталі. Жаростійкі сталі.

### **3.7. Жароміцні сталі і сплави.**

Принципи легування жароміцних сталей і сплавів. Зміцнюючі фази. Шляхи підвищення жароміцності. Жароміцні сталі перлітного і мартеиситного класів. Жароміцні сталі аустенітного класу з карбідним і інтерметалідним зміцненням. Жароміцні сплави на нікелевій основі.

### **3.8. Інструментальні сталі.**

Класифікація і маркування інструментальних сталей. Червоностійкість. Сталі для ріжучого і вимірювального інструменту. Швидкоріжуча сталь. Особливості термічної обробки. Сталі для штампового інструменту. Сталі для штампів холодного і гарячого штампування. Сталі для форм лиття під тиском і пресування. Тверді сплави.

## **4. ЧАВУНИ**

### **4.1. Сірий чавун з пластинчастим графітом.**

Класифікація, маркування. Фактори, що впливають на структуру і властивості чавуну; структурна діаграма. Термічна обробка чавуну. Галузі застосування чавуну.

### **4.2. Ковкий чавун.**

Структура і властивості, маркування. Феритний і перлітний ковкий чавун. Способи відпалу ковкого чавуну.

### **4.3. Високоміцний чавун.**

Структура і властивості високоміцного чавуну з кулястим графітом, маркування. Спосіб одержання. Сфероїдизуючі елементи. Теорії сфероїдизації графіту. Термічна обробка високоміцного чавуну. Аустенітний чавун. Можливості заміни сталей, ковкого чавуну і сплавів кольорових металів високоміцним чавуном. Чавун з вермікулярним графітом, галузі і застосування високоміцних чавунів.

### **4.4. Леговані чавуни з особливими властивостями.**

Зносостійкі чавуни. Малолеговані, середньолеговані і високолеговані зносостійкі чавуни, галузі їх застосування. Маркування. Термічна обробка зносостійких чавунів.

Антикорозійні чавуни. Малолеговані і високолеговані антикорозійні чавуни. Елементи і способи виготовлення, що надають чавунам антикорозійні властивості. Немагнітні чавуни. Хімічний склад і структура немагнітних чавунів. Високоміцний і модифікований

немагнітний чавун.

Жароміцні чавуни, їх легування. Жароміцний чавун з кулястим графітом. Галузі застосування. Жаростійкі і ростостійкі чавуни. Методи підвищення окалиностійкості і ростостійкості чавунів.

## **5. Сплави кольорових металів**

Алюмінієві сплави і їх класифікація, маркування сплавів. Дюралюміній. Сплави, що деформуються. Ливарні алюмінієві сплави. Силуміни. Галузі застосування алюмінієвих сплавів.

Магнієві сплави. Класифікація. Властивості магнієвих сплавів. Сплави, що деформуються, ливарні магнієві сплави. Термічна обробка, захист від корозії. Галузі застосування.

Мідь і її сплави. Галузі застосування міді і її сплавів. Принципи легування. Вплив домішок на структуру і властивості міді. Латуні, маркування, склад і властивості; бронза, склад, властивості, маркування. Міднонікелеві сплави. Мідні припої. Титан і його сплави. Класифікація сплавів. Особливості металургійної технології виготовлення титанових сплавів. Механічні і хімічні властивості титанових сплавів. Воднева крихкість. Конструкційні і жароміцні сплави титану. Особливості термічної обробки.

Цинк, свинець, олово і їх сплави. Припої на олов'яній, свинцевій і мідній основах. Антифрикційні сплави. Багатошарові підшипники ковзання.

Тугоплавкі метали і їх сплави. Принципи легування. Молібден, вольфрам, хром, тантал і ніобій і їх сплави. Захист від окислення. Галузі застосування.

## **6. ФІЗИКО- ХІМІЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ВИРОБІВ МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ**

### **6.1 Отримання металічних порошків**

Механічні методи виробництва порошків (різання, розмел в кульових, вихрових, вібраційних, планетарних і інших млинах, атриторах). Роль середовища при подрібненні. Поверхнево-активні речовини. Принципи конструювання і дії млинів, атриторів. Використання їх у виробництві порошків.

Механічне легування порошків. Фізико-хімічні умови процесу легування, устаткування для його реалізації.

Виготовлення порошків розпиленням рідких металів, сплавів, сполук. Загальна характеристика методів розпилення. Закономірності формування частинок порошків. Специфічні особливості порошків, що виготовляються розпиленням. Різновидності процесу розпилення. Конструкції установок для розпилення рідких металів. Промислові способи одержання порошків заліза, алюмінію, міді, сплавів.

Виробництво порошків відновленням воднем, вуглецем, металами. Класифікація методів відновлення порошків металів. Характеристика відновлювачів, їх особливості і принцип вибору. Використання відходів промислового виробництва. Вплив технологічних факторів на швидкість реакцій відновлення і характеристики порошків.

Процеси термічної дисоціації летких сполук. Технологія виготовлення порошків заліза і нікелю розкладанням карбонілів. Устаткування. Специфічні особливості карбонільних порошків.

Плазмові процеси відновлення порошків, їх особливості. Порошки, виготовлені цими методами, їх характеристики. Конструкції установок.

Електрохімічні процеси одержання порошків. Загальна характеристика електролізу як методу одержання металічних порошків. Поляризація. Перенапруження. Технологія виробництва електролітичних порошків з водних розчинів (порошків заліза, міді, нікелю, кобальту, хрому, марганцю) та розплавлених середовищ (порошків титану, ніобію, танталу, берилію, цирконію та інших).

Класифікація методів синтезу тугоплавких сполук за типом хімічних реакцій (відновлення вуглецем, бором, азотом, кремнієм), за типом технологічного устаткування (пічний синтез, плазмо-хімічний синтез, саморозповсюджувальний високотемпературний синтез, газофазний та лазерний синтези, золь-гель технологія та ін.).

Інші процеси виготовлення металічних порошків: метод інтеркристалітної корозії, амальгамний спосіб та інші.

## **6.2. Диспергування та змішування порошків**

Способи диспергування, відпал, гомогенізація. Фізико-хімічна сутність і технологічна практика. Класифікація і розподіл порошків на фракції за розмірами частинок, складання сумішей. Змішування порошків. Введення змащувальних, пластифікуючих та склеювальних речовин для поліпшення умов формування. Грануляція та розпилювальне сушіння. Вплив процесів підготовки і змішування порошків на властивості сумішей та спечених виробів. Устаткування.

Одержання легованих порошків спільним відновленням суміші оксидів або оксидовміщуючих сполук.

Саморозповсюджувальний високотемпературний синтез.

Поєднання процесів відновлення та хіміко-термічної обробки. Виготовлення порошків тугоплавких сполук (карбідів, боридів, нітридів, силіцидів, гідридів).

Виготовлення легованих порошків дифузійним насиченням з точкових джерел. Технологія одержання залізо-хромових, залізо-марганцевих порошків нержавіючих сталей, ніхрому.

## **6.3. Основні властивості порошків:**



Хімічні, фізичні, технологічні властивості порошків, в тому числі склад, дисперсність, питома поверхня порошків, форма зерен, мікротвердість частинок порошків; маса насипки, маса утрушування, текучість, здатність до пресування та спікання.

Методи, устаткування та прилади для визначення властивостей. Зв'язок між фізичними та технологічними властивостями порошків. Основні методи контролю властивостей порошків.

Транспортування та зберігання порошків. Самозаймання та вибуховість порошків. Охорона праці та техніка безпеки під час роботи з металічними порошками.

#### **6.4 Процеси формування заготовок і виробів з порошків.**

Класифікація методів формування. Загальна характеристика основних явищ, що спостерігаються під час ущільнення порошків. Залежності густини брикету від тиску пресування. Зовнішнє та міжчасткове тертя. Боковий тиск, розподіл густини за об'ємом брикету, пружна післядія. Роль мастил, пластифікаторів та поверхнево-активних речовин; поведінка різних порошків (крихких, пластичних матеріалів) при пресуванні в залежності від тиску. Фізичні явища при деформації частинок, деформаційний механізм ущільнення порошкових тіл. Сучасні модельні уявлення про процес формування. Розподіл напружень та густини при пресуванні виробів складної форми. Види браку при пресуванні, їх причини і усунення. Техніка безпеки при формуванні заготовок.

Технологія холодного пресування в закритих пресформах. Одно-, дво-і багатостороннє пресування. Вибір напрямку пресування. Властивості спресованих брикетів. Пресформи для холодного пресування. Елементи конструкції пресформ, Преси для холодного пресування в закритих пресформах. Автоматичні пресформи. Спеціалізовані пресавтомати..

Ізостатичне пресування. Залежності густини брикетів від тиску пресування і характеристик порошку при газостатичному, гідростатичному пресуванні і пресуванні в еластичних втулках. Ізостати.

Безперервне формування. Розподілення напруження і густини при мундштучному пресуванні, холодній та гарячій екструзії заготовок; екструзія в металічних оболонках.

Технологія мундштучного пресування. Устаткування.

Основні закономірності холодної та гарячої прокатки листів та стрічок з порошків. Вертикальна та горизонтальна прокатка. Устаткування для прокатки порошків.

Імпульсне пресування. Різні види вибухового, вібраційного, електрогідравлічного, електромагнітного та пневматичного пресування. Устаткування.

Формування водних та термопластичних шлікерів. Інжекційне

формування. Методи інтенсифікації процесів формування. Утаткування.

### **6.5. Спінання**

Основні стадії процесу спінання. Зміна вільної поверхні і усадка при спінанні. Спінання однокомпонентних систем як в'язка течія, об'ємна дифузія, пластична течія, дифузійно в'язка течія. Закономірності усадки при спінанні.

Взаємне припінання твердих тіл. Поле напруження та розподіл вакансій навкруги ізольованої сферичної пори. Взаємодія пор з міжзеренними і міжблочними межами. Фізико-хімічні закономірності та кінетика процесів усадки.

Закономірності та кінетика спінання багатокомпонентних систем без утворення рідкої фази. Особливості усадки при спінанні систем з утворенням твердих розчинів та інтерметалевих сполук.

Закономірності і кінетика спінання систем в присутності рідкої фази. Механізми спінання, укрупнення зерен. Просочування пористих тіл в'язкими рідинами. Змочуваність, капілярний ефект, кут змочування. Технологічні схеми одержання виробів просочуванням. Технологічне утаткування.

Методи інтенсифікації процесів спінання. Активоване спінання. Спінання електричним струмом. Основні процеси фізико-хімічного активування. Утаткування для спінання з прямим і непрямим нагріванням.

Закономірності спінання під тиском, гаряче пресування. Високотемпературне ізостатичне газове пресування з одночасним спінанням. Механізм деформування частинок при зовнішньому навантаженні та високій температурі. Схеми газостатів.

Особливості спінання нанодисперсних порошків. Фізико-хімічні явища і причини гальмування усадки при збільшенні розмірів тіла, що спікається.

## **7. Конструкційні матеріали**

Алюмінієві сплави і їх класифікація, маркування сплавів. Дюралюміній. Сплави, що деформуються. Ливарні алюмінієві сплави. Силуміни. Галузі застосування алюмінієвих сплавів.

Магнієві сплави. Класифікація. Властивості магнієвих сплавів. Сплави, що деформуються, ливарні магнієві сплави. Термічна обробка, захист від корозії. Галузі застосування.

Мідь і її сплави. Галузі застосування міді і її сплавів. Принципи легування. Вплив домішок на структуру і властивості міді. Латуні, маркування, склад і властивості; бронза, склад, властивості, маркування.

Міднонікелеві сплави. Мідні припої.

Титан і його сплави. Класифікація сплавів. Особливості металургійної технології виготовлення титанових сплавів. Особливості

виготовлення матеріалів методами порошкової металургії. Співставлення якості і властивостей спечених виробів і литих. Механічні і хімічні властивості титанових сплавів. Воднева крихкість. Конструкційні і жароміцні сплави титану. Особливості термічної обробки.

Цинк, свинець, олово і їх сплави. Припої на олов'яній, свинцевій і мідній основах. Антифрикційні сплави. Багатошарові підшипники ковзання.

Тугоплавкі метали і їх сплави. Принципи легування. Молібден, вольфрам, хром, тантал і ніобій і їх сплави. Захист від окислення. Галузі застосування. Принципи створення жароміцних і жаростійких матеріалів. Керамічні матеріали - основні технології виготовлення, склад, структура, властивості. Кермети на основі оксидів, карбідів, нітридів, боридів. псевдосплави, дисперснозміцнені, дисперсійнотвердіючі матеріали на основі алюмінію, міді, заліза, нікелю, тугоплавких металів. Оксидна та неоксидна кераміка в двигунах та ін.

### **8. Триботехнічні композиційні матеріали.**

Антифрикційні матеріали, склад та типи. Матеріали на основі міді, заліза, нікелю, кобальту, алюмінію, тугоплавких металів та сполук; металовуглецеві, металофторопластові, металоскляні, матрично-наповнені матеріали. Технологія виготовлення антифрикційних композитів. Властивості. Класифікація антифрикційних матеріалів за галузями використання.

Пористі матеріали для підшипників. Бронзовуглецеві, залізвуглецеві матеріали. Основи технології виробництва пористих підшипників. Можливі шляхи поліпшення фізико-механічних властивостей підшипників на залізній основі за рахунок легування міддю. Заповнення пор сіркою, фторопластом, халькогенідами тугоплавких металів, оксидування. Підшипники сухого тертя для різних температур. Багатошарові підшипники. Економічна ефективність використання спечених пористих підшипників.

Керамічні вузли тертя.

Фрикційні матеріали. Загальна характеристика спечених фрикційних матеріалів. Вимоги до фрикційних матеріалів. Склад, технологія виготовлення. Структура, фізико-механічні властивості матеріалів, триботехнічні властивості виробів та галузі їх використання. Устаткування, методи контролю, прилади.

### **9. Композиційні матеріали для електротехніки та радіоелектроніки**

Композиційні матеріали на основі міді, срібла, паладію, платини, золота, ніобію, танталу, хрому, молібдену, вольфраму, ренію,

тугоплавких сполук, типу псевдосплавів, дисперснозміцнених композитів. Вимоги до вихідних порошків. Технології виготовлення матеріалів і виробів з них. Структура, властивості матеріалів. Функціональні властивості виробів, вимоги до якості.

Галузі використання. Надпровідні, провідні матеріали. Діелектрики. Конденсаторні матеріали. Електричні контакти різних класів:—Вимоги до матеріалів електродів електронних та інших приладів. Використання тугоплавких металів і їх сполук. Гетерні матеріали. їх використання в сучасній техніці.

Термоелементи та резистори. Склад, технологія виготовлення і властивості. Експлуатаційні характеристики і галузі використання електронагрівачів. Об'ємні, тонко- та товстоплівочні резистори.

Магнітні матеріали. Класифікація магнітних матеріалів.

Електроізоляційні та діелектричні матеріали на базі оксидів та неметалевих нітрідів. Резистивні спечені матеріали.

## **10. Інструментальні матеріали на основі металів та тугоплавких сполук**

Загальна характеристика керметів за складом, спечених твердих сплавів та керамічних матеріалів, їх класифікація. Типова технологічна схема виробництва спечених твердих сплавів. Вихідні порошкові компоненти і вимоги до них. Види та методи введення домішок цементуючого металу. Залежність структури та властивостей спечених твердих сплавів від технології одержання. Галузі використання.

Безвольфрамові тверді сплави. Класифікація, технологія виготовлення, властивості, галузі використання.

Пластини, що не переточуються, та пластини із зносостійкими покриттями. Технологія виготовлення. Галузі використання.

Керамічні інструментальні матеріали. Склад, технологія виготовлення, властивості, галузі використання.

## **11. Композиційні матеріали**

### **11.1. Волокнисті композиційні матеріали з металевою матрицею.**

Фізико-хімічна взаємодія компонентів композита. Класифікація композитів за типом взаємодії його компонентів. Поняття термодинамічної, кінетичної і механічної сумісності компонентів композита. Термічні і фазові напруження в композитах. Анізотропія властивостей.

Мікромеханіка та характер руйнування. Вплив анізотропії

пружних властивостей на концентрацію напружень біля тріщини в композиті. Робота руйнування. Безперервні і дискретні волокна та нитковидні монокристали, що використовуються для армування волокнистих композитів.

Способи одержання нитковидних монокристалів та їх властивості. Природа їх міцності. Способи одержання безперервних волокон вуглецю, бору, карбіду кремнію, оксиду алюмінію, їх структура і властивості.

Захисні покриття на волокнах та їх вплив на властивості волокон. Технологічні схеми одержання композитів. Особливості формовки та з'єднання, технологічне устаткування. Метод дифузійного зварювання, метод пластичної деформації, метод порошкової металургії.

Особливості пластичної деформації волокнистих композитів. Вплив властивостей волокон та матриці на особливості одержання напівфабрикатів і виробів.

Окремі види волокнистих композитів. Спрямовано закристалізовані композити. Переваги та недоліки спрямовано закристалізованих композитів. Сплави евтектичного типу. Термодинаміка фазових рівноваг евтектичних систем, морфологія та принципи класифікації подвійних евтектик. Багатоваріантні та потрійні евтектики. Основні уявлення про процес спрямованої кристалізації. Механізм і кінетика спрямованої кристалізації. Стандартний пластино-стерженьовий ріст. Дифузійні процеси. Умови формування структури композита. Фізико-механічні властивості спрямовано закристалізованих композитів. Термічна стабільність і жароміцність. Використання спрямовано закристалізованих композитів.

### **11.2. Волокнисті композиційні матеріали з вуглецевою та керамічною матрицями**

Вихідні вуглецеві та графітні волокна, одержані з віскозних, поліакрилонітрильних та пекових. Принципи та методи виготовлення армуючих об'ємних каркасів різної форми з цих волокон. Методи створення вуглецевої матриці (насичення армуючого каркасу з газової фази; карбонізація вуглепластика з просочуванням фенольним зв'язуючим, поєднання цих методів). Вуглецевоутворюючі компоненти. Переваги вуглець-вуглецевих композитів, забезпечених вуглецевою матрицею. Властивості матеріалів, їх використання в ракетно-космічній, авіаційній техніці, ядерній енергетиці, електротехніці, медицині та інш.

### **11.3. Композиційні матеріали на основі безкисневих та кисеньвміщуючих матриць**

Композиційні матеріали на основі нітриду та карбіду кремнію,

армовані ниткоподібними кристалами, волокнами  $SiC$ ,  $Al_2O_3$ , муліта, графітовими волокнами (моно- та полікристалічними, односпрямованими та об'ємноструктурованими). Технології виготовлення матеріалів та виробів на основі нітриду та карбиду кремнію з використанням низькотемпературного формування. Властивості. Вплив межі розподілу волокно - матриця. Шляхи підвищення властивостей. Галузі використання композитів.

Композиційні матеріали на основі оксиду алюмінію. В'язка кераміка на основі тугоплавких оксидів, армованих тугоплавкими волокнами. В'язка кераміка на основі діоксиду цирконію. Композиційні матеріали на основі силікатних матриць. Армуючі волокна. Вибір захисних шарів. Технологія виготовлення композиційних матеріалів на основі оксидних матриць та виробів з них. Властивості. Галузі використання.

Високоміцні і високомолекулярні волокна (органічні, силікатні, металічні). Технологічні особливості виготовлення композиційних матеріалів з металічною і полімерною матрицею. Природні композиційні сплави. Евтектичні властивості композиційних матеріалів. Механізм руйнування. Основи розрахунку на міцність виробів із композиційних матеріалів. Галузі і перспективи застосування композиційних матеріалів.

#### **11.4. Багатошарові композити**

Анізотропія властивостей. Модуль пружності, правило суміші для розрахунку жорсткості композитних виробів. Механічні властивості при статичному та динамічному навантаженні; залежність механічних властивостей від геометричних характеристик шарів, їх числа, послідовності укладки. Механізм деформації та руйнування багатошарових композитів. Вплив стану поверхні розподілу між шарами на властивості композитів. Одержання багатошарових композитів. Основи сумісної деформації різнорідних матеріалів. Використання багатошарових композитів. Шаруваті матеріали. Принципи конструювання шаруватих і волокнистих матеріалів. Способи з'єднання композиційних матеріалів.

## **12. МАТЕРІАЛИ ІЗ СПЕЦІАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

### **12.1. Пористі проникні матеріали.**

Металеві фільтри. Технології отримання. Фактори, що впливають на властивості металевих фільтрів та аналогічних пористих ~~енечених~~ виробів. Загальна характеристика фільтрів та їх основні властивості. Волокнисті проникні матеріали. Матеріали для капілярного транспорту. Інші види пористих матеріалів.

Ущільнюючі матеріали для газових турбін. Електроди і пластини акумуляторів для електрохімічних виробництв. Ущільнюючі матеріали для хімічного машинобудування та закарбовування труб. Спечені

матеріали для охолодження випітнюванням. Піноматеріали.

### **12.2. Матеріали ядерної енергетики.**

Матеріали, що використовуються для різних вузлів реакторів. Тепловиділяючі елементи (ТВЕЛ). їх класифікація, умови роботи матеріалів, що використовується в ТВЕЛах. Металічні ТВЕЛи та ТВЕЛи дисперснозміцненого типу.

### **12.3. Матеріали ракетної техніки і перетворювачів енергії.**

Загальні характеристики і вимоги до матеріалів реактивних двигунів. Вироби, що використовують для теплозахисту корпусу головних частин ракети, стабілізуючих обладнань, сопел. Матеріали, що використовуються в обладнанні для прямого перетворення теплової і хімічної енергії в електричну.

## **13. НЕМЕТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ**

### **13.1. Полімери і пластичні маси.**

Класифікація полімерних матеріалів. Методи одержання полімерів, структура молекул полімера. Теорія росту полімерних кристалів.

Надмолекулярна структура, Фазові і фізичні стани полімерів. Особливості механічних властивостей полімерів, обумовлених їх будовою. Релаксаційні властивості. Старіння і стабілізація полімерів. Адгезія і тертя полімерів.

Типи і теорія руйнування полімерів. Вплив зовнішніх факторів на процес руйнування. Структура і властивості полімерів, методи їх дослідження.

Пластичні маси на основі термопластичних і термореактивних полімерів. Отверджувачі, наповнювачі, пластифікатори, каталізатори, прискорювачі, термо- і світлостабілізатори, пігменти, інгібітори.

Матеріали, технологія і обладнання для вибору полімерних покриттів.

### **13. 2. Аморфні сплави, ситали, керамічні та інші неорганічні матеріали.**

Будова, властивості і уводи технічного скла і ситалів. Галузь їх застосування. Тугоплавкі з'єднання: основні типи, склад, структура, властивості. Скляні мастила і захисні покриття. Емалі для захисту металів. Аморфні сплави. Технічна кераміка. Вогнетривкі і конструкційні керамічні матеріали. Застосування керамічних матеріалів. Графіт і його модифікація як технологічний і конструкційний матеріал.

## **14. ІНШІ КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**

### **14.1. Напівпровідникові матеріали.**

Класифікація. Методи виготовлення. Властивості і застосування напівпровідникових матеріалів.

### **14.2. Лакофарбові та клеючі матеріали.**

Класифікація лакофарбових матеріалів, їх склад, технологія нанесення покриттів.

Клеючі матеріали. Фізико-хімічна природа. Склад і класифікація клеїв. Властивості клеєвих з'єднань і методи їх випробування. Застосування клеєвих з'єднань в машинобудуванні.

### **14.3 Гумові матеріали**

Загальні відомості, склад і класифікація гумових матеріалів. Галузь застосування в машинобудуванні.

## **15 СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ**

### **15.1. Методи дослідження структури, фазового складу.**

Металографія. Просвічуюча і дифракційна електронна мікроскопія.

Рентгеноструктурний аналіз. Мікрорентгеноспектральний аналіз.

### **15.2. Методи дослідження фізичних властивостей і фазових перетворень в металах і сплавах.**

Магнітний аналіз фазових і структурних перетворень. Метод Е.Д.С. Метод ядерного магнітного резонансу. Метод ядерного гаммарезонансу. Метод мічених атомів.

### **15.3. Методи неруйнуючого контролю матеріалів.**

Ультразвукова дефектоскопія. Рентгенівська і гаммадефектоскопія. Методи вихрових струмів. Магнітна і теплова дефектоскопія.

### **15.4. Методи дослідження полімерів.**

Хімічний аналіз, інфрачервона мікроскопія, газова хроматографія, рентгенографічний аналіз, електронна мікроскопія. Методи механічних і технологічних випробувань. Термомеханічний метод. Оцінка корозійної активності неметалічних матеріалів.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. О.М.Лахтин, В.П.Леонтьев. Материаловедение. -М. Машиностроение, 1990.
2. Л.Ван Флек. Теоретическое и прикладное материаловедение. -М. Атомиздат., 1975.
3. Материаловедение. / Под ред. Арзамасова Б.Н., -М. Машиностроение, 1986.
4. М.П.Шаскольская. Кристаллография. -М. «Высшая школа», 1976.
5. Разрушение. / Под ред. Либовитца. -М. Машиностроение, 1979.
6. И.И.Новиков. Теория термической обработки металлов и сплавов. М. Металлургия, 1986.
7. Я.С.Уманский, А.Скаков. Физика металлов. -М. Атомиздат, 1978.



8. Методы испытания, контроля и исследования машиностроительных материалов. / Под ред. А.Т.Туманова, т.1-3. -М. Машиностроение, 1974.
9. В.С.Иванова, И.М.Копьев и др. Металлы, упрочненные волокнами.- Наука, 1974.
10. Волоконные композиционные материалы. / Под ред. Дж.Уитона и З.Скала. Пер. с англ. -М. Metallurgia, 1978.
11. Металлополимерные материалы и изделия./ Под ред. В.А.Белого, -М. Химия, 1979.
12. В.Е.Гуль. Структура и прочность полимеров. -М. Химия, 1978.
13. Композиционные материалы. В 8-ми томах. / Под ред. Л.Браутмана и Р.Крока. Пер. с англ. -М. Машиностроение, 1978.
14. З.В.Захарченко, М.Левченко и др. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом., Наукова думка, Киев, 1986.
15. Н.Г.Неижко. Графитизация и свойства чугуна, Киев, Наукова думка, 1989.
16. Крагельский И.В. Трение и износ-М. Машиностроение, 1968.
17. Бернштейн М.Н., Займовский В.А. Механические свойства металлов. -М. Metallurgia, 1979.
18. Бальшин М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна. — М.: Metallurgia, 1972.
19. Скороход В.В. Реологические основы теории спекания. - КиевНаукова думка, 1972.
20. Зеликман А.Н., Меерсон Г.А. Металлургия редких металлов. - М.:Metallurgia, 1973.
21. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. - М.:Metallurgia, 1972.
22. Раковский В.С., Силаев А.Ф., Ходкин В.И., Фаткуллин О.Х. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов и тугоплавких металлов. -М.: Metallurgia, 1974.
23. Третьяков В.И. Основы металловедения и технологии спеченных твердых сплавов. — М.: Metallurgia, 1976.
24. Федорченко И.М., Крячек В.М., Панаиоти И.И. Современные фрикционные материалы. - Киев: Наукова думка, 1975.
25. Портной К.И., Бабич Б.Н. Дисперсно-упрочненные материалы. - М.:Metallurgia, 1974.
26. Келли А. Высокопрочные материалы. Пер. С англ. - М.: Мир, 1976.
27. Иванова В.С., Копьев И.М., Ботвина Л.Р., Шермергор Т.Д. Упрочнение металлов волокнами.-М.: Наука, 1973.
28. Порошковая металлургия материалов специального назначения / . Под ред. Барка В. и Вейса В. (пер. с англ.). - М.: Metallurgia, 1977.
29. Скороход В.В. Порошковые материалы на основе тугоплавких металлов и соединений.-Киев.: Техніка, 1982.
30. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы.-Киев: Наукова думка, 1980.

31. Кислый П.С., Кузенкова М.А. Спекание тугоплавких соединений. - Киев. - Наукова думка, 1982.
32. Ковальченко М.С. Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давлением. Киев. - Наукова думка, 1980.
33. Шевченко В.Я. Конструкционная керамика.-Наука, 1991.
34. Косолапова Т.Я., Гнесин Г.Г., Анреева Т.В. и др. Неметаллические тугоплавкие соединения.-М.: Металлургия, 1985.
35. Гнесин Г.Г. Бескислородные керамические материалы. - К.: Техніка, 1987.
36. Гнесин Г.Г. Керамические инструментальные материалы. - К.: Техніка, 1991. Скороход В.В., Солонин Ю.М., Уварова И.В. Химические диффузионные и реологические процессы в технологии порошковых материалов. - К.: Наукова думка, 1990.
37. Косторнов А.Г. Проницаемые, металлические волокнистые материалы.- К.: Техніка, 1988.
38. Кислый П.С. Керметы. - К.: Наукова думка, 1985.
39. Андриевский Р.А. Введение в порошковую металлургию. - Фрунзе: изд. Илим, 1988
40. Тучинский Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки. - М.: Металлургия, 1986.
41. Портной К.И., Скалибеков С.Е., Светлов И.Л. Структура и свойства композиционных материалов. -М.: Машиностроение, 1979.
42. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы. / Под ред. В.Шатта (перев. с нем.) - М.: Металлургия, 1983.
43. Композиционные материалы в технике. / Д.М.Карпинос, Л.И.Тучинский, А.Б.Сапожникова и др. - К.: Техніка, 1985.
44. Композиционные материалы в машиностроении. / Л.Пилиповский, Т.В.Грудина, А.Б.Сапожникова и др. - К.: Техніка, 1990.
45. Витязь П.А., Косторнов А.Г., Капцевич В.К., Георгиев В.П.Формирование структуры и свойств пористых порошковых материалов. - М.: Металургия., 1993.
46. Паничкина В.В., Уварова И.В. Методы контроля дисперсности и удельной поверхности металлических порошков. - Киев: Наукова думка, 1973.