

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Інженерно-фізичного факультету

Протокол № __ від “__” _____ 2018 р.

Голова вченої ради _____ П.І. Лобода

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування для вступу другий рівень вищої освіти (магістр) спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Програму рекомендовано

кафедрою металознавства та
термічної обробки

Протокол № / 18 від „__” _____ 2018 р.

Завідувач кафедри _____ Я.В. Зауличний

кафедрою фізики металів

Протокол № / 18 від „__” _____ 2018 р.

В.о. завідувача кафедри _____ Є.В. Іващенко

кафедрою високотемпературних матеріалів
та порошкової металургії

Протокол № /18 від „__” _____ 2018 р.

В.о. завідувача кафедри _____ В.И. Мазур

Київ – 2018

ВСТУПНА ЧАСТИНА

Програма комплексних фахових випробувань для вступу в Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря сікорського» на спеціальність 132 – Матеріалознавство

Метою програми є визначення переліку дисциплін, які необхідно освоїти студенту бакалавру для успішної участі в конкурсних Комплексних фахових випробуваннях щодо вступу на спеціальність 132 – Матеріалознавство.

Задачі програми – надати перелік питань, які охоплюють основний зміст вказаних дисциплін і вивчення яких надасть змогу успішно скласти вступні випробування.

Комплексне фахове випробування проводять у формі письмового іспиту тривалістю до 3-х академічних годин (180 хв) – без перерви.

Фахові випробування проводяться з таких дисциплін:

- «Металознавство»,
- «Термічна обробка металів та сплавів»,
- «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів»,
- «Методи дослідження властивостей матеріалів і виробів»,
- «Теорія тепло- і масопереносу в матеріалах»,
- «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія»,
- «Фізика металів»,
- «Фізичні властивості та методи дослідження»,
- «Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів»,
- «Теорія та технологія формування та спікання порошкових і композиційних матеріалів»,
- «Технологія порошкових та композиційних матеріалів»,
- «Технологія напилення та властивості покриттів».

ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

1. Дисципліна - «Металознавство»

1. Атомно-кристалічна будова металів. Характерні фізичні та хімічні властивості металів. Металічний тип зв'язку. Метали в періодичній системі елементів. Кристалічна будова металів. Основні типи кристалічних решіток металів, їх характеристики. Гране- та об'ємоцентрована кубічні решітки. Гексагональна компактна решітка. Інші типи кристалічних решіток металів. Поліморфізм металів. Анізотропія властивостей металів. Квазіізотропія полікристалічних тіл. Області когерентного розсіювання рентгенівських променів в кристалах. Мало- та висококутові межі в металах. Точкові дефекти кристалічної будови. Вакансії Шоткі та Френзеля, зміщені атоми. Домішкові атоми у металах, їх роль. Лінійні, гвинтові та змішані дислокації. Контур і вектор Бюргерса. Атмосфери Котрелла. Поверхневі й об'ємні дефекти кристалічної будови.

2. Кристалізація металів. Будова рідких металів. Схожість рідкого та твердого станів речовини. Близький та далекий порядок. Сиботаксиси (кластери). Вільна енергія металу, її зміна при кристалізації. Макроскопічна картина процесу кристалізації. Криві охолодження. Правило фаз Гіббса. Утворення центрів кристалізації та ріст кристалів. Довільне утворення центрів кристалізації. Критичний розмір зародка. Роль переохолодження. Металеві стекла. Недовільне утворення зародків. Вплив домішок та недосконалостей будови на процес кристалізації. Принцип структурної та розмірної відповідності. Модифікування та його роль у формуванні структури металів. Ріст кристалів. Двовимірні зародки їх критичні розміри. Лінійна швидкість росту кристалів. Макроскопічна швидкість кристалізації. Спіралі росту. Форма кристалів. Принцип Гіббса-Кюри-Вульфа. Дендритна кристалізація. Будова металевих зливок і виливок. Вплив умов кристалізації. Усадочні явища. Газові пухирі у зливках. Ліквіація в металах.

3. Пластична деформація та рекристалізація. Пружна та пластична деформація металів. Ковзання та двійникування в кристалах. Пластична деформація монокристалів (класичний механізм). Дотичні напруження. Площини найлегшого зсуву. Системи ковзання в кристалах. Дислокаційний механізм ковзання. Джерело Франка-Ріда. Наклеп металу. Залежність міцності металу від густини дислокацій. Шляхи підвищення міцності. Двійникування у кристалах в процесі деформації. Механізм двійникування. Пластична деформація полікристалів. Роль меж зерен. Зміна структури металу при деформації. Вплив нагрівання на структуру та властивості деформованого металу. Повернення та рекристалізація, їх механізм. Відпочинок і полігонізація. Рекристалізація первинна, збиральна, вторинна. Холодна, тепла та гаряча пластична деформація.

4. Фази в металевих сплавах. Загальна характеристика будови сплавів. Фазові та структурні складові сплавів. Хімічні сполуки в металевих сплавах. Валентні сполуки. Дальтоніди та бертоліди. Тверді розчини, їх типи та загальні властивості. Фактори, які керують утворенням твердих розчинів. Розчини

заміщення, проникнення та вилучення. Упорядковані тверді розчини. Діаграми упорядкування. Проміжні фази в сплавах. Електронні фази. Фази нікель-арсенідного типу. Сигма-фази. Фази проникнення, типові та нетипові. Фази Лавеса.

5. Діаграми стану подвійних систем. Металеві системи й їх стани. Загальна характеристика діаграм стану. Методи побудови та зображення подвійних діаграм стану. Правило відрізків. Правило Мазінга. Діаграма стану системи, яка утворює безперервний ряд рідких і твердих розчинів. Правило Коновалова. Внутрішньо кристалічна ліквідація. Механізм кристалізації твердих розчинів. Діаграми з екстремумами на кривих ліквідуса та солідуса. Діаграми з розшаруванням твердого розчину. Діаграми з упорядкуванням твердих розчинів. Діаграма стану при відсутності розчинності компонентів у твердому стані. Механізм евтектичної кристалізації. Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані й евтектичним перетворенням. Лінії соль вуса. Правило метастабільних продовжень ліній діаграми. Вторинна кристалізація. Розпад пересичених твердих розчинів і його використання для зміцнення сплавів. Трикутник Таммана. Діаграми з ретроградним солідусом і сольвусом. Діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані та перитектичним перетворенням. Механізм перитектичного перетворення. Діаграми стану з хімічними сполуками та проміжними фазами. Основні варіанти їх утворення в подвійних системах. Діаграми стану зі стійкими хімічними сполуками. Системи з нестійкими хімічними сполуками. Діаграми стану систем з хімічними сполуками, які утворюються без участі рідкої фази. Перитектоїдне перетворення. Діаграми стану систем з упорядкованими проміжними фазами. Діаграми стану систем з повною нерозчинністю або обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані. Монотектичне та синтектичне перетворення. Діаграми стану з поліморфними компонентами і проміжними фазами. Евтектоїдне, монотектоїдне та метатектичне перетворення. Загальні закономірності будови подвійних систем і їх діаграм стану. Зв'язок між діаграмами стану різних типів. Зв'язок між типом діаграми стану та властивостями сплавів. Аналіз складних подвійних діаграм стану. Нерівноважна кристалізація подвійних сплавів.

6. Залізовуглецеві сплави. Місце та значення залізовуглецевих сплавів у сучасній техніці. Властивості чистого заліза. Будова та властивості цементиту та графіту. Структурні складові залізовуглецевих сплавів. Стабільна та метастабільна діаграми стану. Загальний опис діаграми стану системи залізо-цементит. Формування структури сплавів. Технічне залізо, сталі та білі чавуни, їх рівноважна структура. Діаграма стану системи залізо-графіт. Роль термодинамічного та кінетичного факторів. Зародження та ріст графітних включень. Сірі, половинчасті та вибілені чавуни. Чавуни з пластинчастим, кулястим та вермікулярним графітом. Роль модифікування. Графітізація в залізовуглецевих сплавах. Ковкі чавуни. Вплив вуглецю та постійних домішок (марганець, кремній, сірка, фосфор) на структуру та властивості сталі та чавуну. Червоноламкість ІІ холодноламкість сталі. Вибілюючі та графітізуючі домішки у чавуні. Вплив кисню, водню й азоту на властивості сталі. Гаряче ламкість сталі. Воднева крихкість і флокени. Деформаційне старіння та синьоламкість сталі з

позицій теорії дислокацій. Вуглецеві сталі, їх класифікація та позначення марок. Вуглецеві сталі звичайної якості, якісні та високоякісні. Сталі підвищеної оброблюваності різанням.

7. Кольорові метали та сплави. Сплави на основі міді, алюмінію, нікелю та титану. Властивості чистих компонентів. Легуючі елементи та постійні домішки. Основні групи кольорових сплавів, їх галузі використання. Підчипникові сплави, їх класифікація. Принцип Шарпі. Антифрикційні явуні. Олиновисті (свинцевисті) бронзи. Баббіти на основі цинку (олова) й олова (свинцю). Цинкові й алюмінієві підчипникові сплави. Порошкові сплави. Переваги та недоліки кожної групи підчипникових сплавів.

8. Діаграми стану потрійних систем. Загальні закономірності будови потрійних діаграм. Геометричні основи цих діаграм. Концентраційний трикутник. Правила відрізків та центра маси трикутника. Поверхні дво-, три- та чотирифазної рівноваги. Правило розчинності числа фаз у суміжних фазових областях.

Потрійна система з необмеженою взаємною мною компонентів у рідкому та твердому станах. Кристалізація сплавів. Побудова горизонтальних і вертикальних розрізів. Використання розгортки діаграми. Система, компоненти якої повністю не розчиняються один в одному в твердому стані й утворюють потрійну евтектику. Кристалізація типових сплавів. Ізотермічні та політермічні розрізи. Діаграми стану систем зі стійкими хімічними сполуками сполуками та проміжними фазами. Квазібінарні розрізи. Метод виключення розрізу. Правила сингулярної тріангуляції потрійних систем. Система з потрійною евтектикою й обмеженою постійною розчинністю компонентів у твердому стані. Кристалізація типових сплавів. Побудова розрізів. Діаграма стану потрійної системи з обмеженою змінною розчинністю компонентів у твердому стані. Кристалізація сплавів. Політермічні розрізи діаграми.

2. Дисципліна - «Теорія та практика термічної обробки вуглецевих сталей»

1. ТЕОРІЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛЕЙ. Класифікація видів термічної обробки. Визначення термічної обробки. Роль термічної обробки в промисловості. Класифікація видів термічної обробки. Відпал 1-го роду, відпал II-го роду, гартування без оліморфного перетворення, гартування з поліморфного перетворенням, старіння, відпуск, термо-механічна обробка, хіміко-термічна обробка. Фазові перетворення при нагріванні сталі. Механізм і кінетика перліто-аустенітного перетворення. Ріст аустенітного зерна. Фазові перетворення при нагріванні сталі. Механізм і кінетика перліто-аустенітного перетворення. Вплив швидкості нагрівання на перлітно-аустенітне перетворення. Гомогенізація та рекристалізація аустеніту. Ріст аустенітного зерна при нагріванні. Явище структурної спадковості. Вплив розміру зерна на механічні властивості сталі. Перетворення аустеніту при охолодженні. Діаграма ізотермічного перетворення аустеніту. Перлітне перетворення. Дифузійне перетворення аустеніту при охолодженні. Діаграма ізотермічного перетворення переохолодженого аустеніту в вуглецевих сталях. Зародження та ріст перлітних колоній. Фактори, що впливають на перлітне перетворення, структура та властивості перліту, сорбіту і

троститу. Мартенситне перетворювання в сталі. Механізм мартенситного перетворення. Термодинаміка мартенситного перетворення, вплив на неї швидкості охолодження. Кінетика мартенситних перетворень. Структури мартенситу.

Вплив деформації вихідної фази на кінетику мартенситного перетворення. Зміна властивостей сплавів при гартуванні на мартенсит. Зміцнення при гартуванні, його природа. Загартовуваність сталей. Розпад аустеніту при безперервному охолодженні. Термокінетичні діаграми перетворення аустеніту. Вплив швидкості охолодження на критичні точки, структура і властивості сталі. Перетворення мартенситу в аустеніт при нагріванні.: Ізотермічне мартенситне перетворення . Бейнітне перетворення, переохолодженого аустеніту. Кінетика та механізм бейнітного перетворення. Структура бейніту, верхній і нижній бейніт. Механічні властивості сталі з структурою бейніту. Стабілізація аустеніту. Перетворення при відпусканні загартованої сталі. Відпускання сталі. Характеристика перетворень при відпуску сталей. Утворення проміжних карбідів і цементиту, коагуляція карбідної фази. Розпад залишкового аустеніту. Чотири перетворення при відпуску вуглецевих сталей. Відпускна крихкість. Відпуск легованих сталей. Види відпуску: низький, середній та високий. Оборотна і необоротна відпускна крихкість. Оборотне мартенситне перетворення. Зміна механічних властивостей при відпуску сталей.

2. Практика термічної обробки сталі. Відпал сталей. Види відпалу сталей. Повний, неповний, сфероїдизуючий, ізотермічний відпал. Гомогенізуючий відпал. Основні та додаткові структурні зміни при гомогенізуючому відпалі. Гомогенізація з нагрівом вище температури нерівноважного солідусу. Відпал для зникнення водню. Відпал 1-го роду. Нормалізація сталі. Порівняння структури і властивостей нормалізованої та відпаленої сталі. Рекристалізаційний відпал сталі. Стабілізуючий відпал. Відпал для зняття напружень. Відпал 11-городу Гартування сталі. Температури нагрівання для гартування до- і заевтектоїдних сталей. Швидкості охолодження в перлітному і мартенситному інтервалах при використанні різних охолоджуючих середовищ. Прогартуваність і критична швидкість охолодження. Вплив різних факторів на Прогартуваність. Гартування СВЧ. Водоповітряне гартування. В йди гартування: в воді, в двох середовищах, в маслі, в соляній ванні, ізотермічне на бейніт, у повітрі, обдуванням повітрям, з підстужуванням, переривчасте, із само відпусканням, ступінчасте. Залишковий аустеніт в загартованій сталі. Оброблення холодом. Термічні та структурні напруження. Вибір температури та тривалості відпускання. Стабілізація розмірів точних виробів. Внутрішні напруження в загартованій сталі. Відпуск сталей. Низький, середній та високий відпуск. Старіння. Вторинне твердіння в легованих сталях. Стабілізуючий відпуск. Види термомеханічного оброблення. Патентування сталі. Поверхневе гартування сталі. Вплив швидкості нагрівання сталі на перелітно-аустенітне перетворення. Види поверхневого гартування. Гартування з нагріванням струмом високої частоти, (гартування СВЧ). Газополуменеве гартування. Електроннопроменеве гартування. Гартування в електроліті. Особливості НТМО та ВТМО.

3. Хіміко-термічна обробка сталі /ХТО/. Основні стадії процесу ХТО. Механізм формування дифузійних шарів. Основні стадії процесу ХТО. Реакції в

газовому середовищі та поверхні металу. Особливості структури дифузійної зони. Цементация сталі. Хімічні реакції при цементации сталі за допомогою твердого карбюратора. Режимы ХТО. Склад і структура дифузійного шару. Термічна обробка сталей після цементации. Сталі для цементации. Азотування сталі. Діаграма стану залізо-азот. Основні хімічні реакції при азотуванні сталі. Структури та властивості дифузійного шару після азотування.

Нітроцементация і ціанування сталей. Особливості спільної дифузії азоту та вуглецю. Властивості і структура дифузійних шарів після / нітроцементации та ціанування. Ціанування в газовому, твердому і рідкому середовищах. Борування сталей. Методи борування. Температура та тривалість процесу. Структура і властивості дифузійного шару. Особливості фазового складу борованого шару. Дифузійна металізація сталі. Механізм та кінетика росту дифузійних шарів при хромуванні, алітуванні, титануванні сталей. Структура і властивості дифузійних шарів. Спеціальні властивості шарів після металізації.

4. Термічна обробка чавуну Графітізація чавуну. Види термічної обробки чавуну. Властивості чавунів після термічної обробки. Розпад аустеніту в сірих чавунах. Особливості розпаду переохолодженого аустеніту в чавунах. Перша і друга стадії графітізації. Термічна обробка чавунів. Відпал в чавунах для зменшення залишкових напружень. Графітізуючий відпал білого чавуну. Механізм графітізації. Відпал для усунення відбілювання. Нормалізація чавунів. Ізотермічне гартування чавунів. Хіміко-термічна обробка чавунів.

3. Дисципліна «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів»

РОЗДІЛ 1. Механічні властивості конструкційних матеріалів

Поняття «механічні властивості». Основні механічні характеристики матеріалів. Тензори напружень та деформації. Жорсткість напруженого стану. Пружна деформація моно- та полікристалів. Закон Гука для монокристалів. Пружні сталі. Вплив різних факторів на модулі пружності. Закон Гука для полікристалів. Анізотропія пружних властивостей.

Пластична деформація монокристалів. Системи ковзання. Стадії пластичної деформації. Закон Шміда –Боаса. Вплив різних факторів на критичне напруження зсуву. Особливості побудови істинних та умовних діаграм деформації. Закономірності переходу від пружної до пластичної деформації в полікристалах. «Зуб» та поличка плинності. Явище деформаційного зміцнення.

Види руйнування та їх класифікація. Ієрархія структурних рівнів руйнування. Зародкові тріщини. Закономірності руйнування на атомному рівні. Закономірності транскристалітного крихкого та в'язкого руйнування. Закономірності міжкристалітного руйнування. В'язко-крихкий перехід. Критерій Гріффітса. Розвиток тріщини з позиції механіки руйнування. Мінімальне напруження крихкого руйнування (R_{mc}). Коефіцієнт в'язкості матеріалів. Тріщиностійкість матеріалів: фізична природа, концепція K_{1C} , залежність від ряду факторів та методика визначення.

РОЗДІЛ 2. Конструкційна міцність матеріалів

Визначення конструкційної міцності. Основні фактори, що впливають на міцність та в'язкість матеріалу в конструкції. Основні правила розробки металічних конструкцій. Типові види напруженого стану матеріалу в конструкції.

Складний напружений стан. Методи механічних випробувань при СНС. Перенапруження. Структурний критерій крихкого руйнування при СНС. Явище окрихчення матеріалу при переході від одновісного до дво- тривісного розтягу.

Види концентраторів напружень та їх класифікація. Розподіл напружень та деформацій навколо концентраторів. Умови локальної пластичної деформації в вершині концентратора. Коефіцієнт чутливості матеріалу до надрізу. Критерій ініціювання крихкого руйнування навколо концентратора. Нейберівський коефіцієнт концентрації напружень. Безпечний рівень в'язкості матеріалу з конструктивними концентраторами. Окрихчення матеріалу навколо концентратора. Визначення окрихчуючої дії концентраторів напружень різних типів. Методи забезпечення силової надійності матеріалу в конструкції. Запас міцності металу та методи його оптимізації.

4. Дисципліна «Теорія тепло- і масопереносу в матеріалах»

Розділ 1. Феноменологічна теорія явищ переносу у твердих тілах

Визначення понять масо- та тепло переносу. Роль, яку дифузія відіграє у різних процесах в металах (зміни дислокаційної структури, розпад пересичених твердих розчинів, хіміко-термічна обробка тощо).

Рівняння, які описують тепло- та масоперенос у металах і сплавах. Рівняння Фур'є та Фіка. Коефіцієнти дифузії та теплопровідності як скалярні і тензорні величини. Виведення 1^{го} рівняння Фіка, рівняння теплопровідності Фур'є. Виведення 2^{го} рівняння Фіка.

Основи теорії теплообміну. Теплопровідність. Теплообмін, теплопровідність, конвекція, радіаційний теплообмін, теплообмін при фазових перетвореннях, тепловіддача, теплопередача, теплоємність. Стаціонарні та нестаціонарні температурні поля. Температурний градієнт. Ізотермічна поверхня. Закон Фур'є. Густина теплового потоку. Коефіцієнт теплопровідності – залежність від температури та хімічного складу сплаву.

Опис дифузійного досліду. Типи коефіцієнтів дифузії. Перший дифузійний дослід Робертс-Аустіна. Дослідження дифузії радіоактивних ізотопів. Самодифузія та гетеродифузія. Ефект Кіркендалла. Власні та парціальні коефіцієнти дифузії. Феноменологічний аналіз Даркена ефекту Кіркендалла.

Рівняння масопереносу та теплопровідності в найбільш загальному вигляді. Рівняння теплопровідності в найбільш загальному вигляді. Оператори дивергенції, градієнту, Лапласа. Температуропровідність. Коефіцієнт поглинання. Інтегральні та диференціальні форми рівняння балансу речовини. Дифузійний та конвективний перенос. Абсорбція.

Постановка початково-крайових задач та характеристика граничних умов в задачах тепло- і масопереносу. Початкові, граничні умови і умови сполучання. Загальна характеристика граничних умов в задачах масопереносу – дифузійна

кінетика та гранична кінетика. Залежність коефіцієнта дифузії від температури. Формула Ареніуса. Початкові та крайові умови – Діріхле (I роду), Неймана (II роду) та Ньютона (III роду).

Розв'язки другого рівняння Фіка. Розв'язки 2^{-го} рівняння Фіка (загальні положення). Метод розділення змінних. Типи найбільш розповсюджених рішень 2^{-го} рівняння Фіка. Приклади розв'язків рівняння Фіка. Функція помилок.

Залежності коефіцієнтів дифузії від різних факторів. Залежність коефіцієнта дифузії від температури. Формула Ареніуса. Розрахунок енергії активації та предекспоненційного множника. Залежність коефіцієнта дифузії від атомного радіусу домішки в твердих розчинах заміщення та втілення. Залежність коефіцієнта дифузії від різниці валентностей. Залежність коефіцієнта дифузії від концентрації в системах з необмеженою розчинністю компонентів та обмеженою розчинністю компонентів.

Методи розрахунку концентраційної залежності коефіцієнту дифузії. Методи розрахунку концентраційної залежності коефіцієнтів дифузії: Метод Грубе-Еделе; Метод Матано-Больцмана. Площина Матано; Порядок розрахунку коефіцієнтів дифузії. Методи аналітичної апроксимації експериментальної концентраційної залежності.

Розділ II. Зерногранична, поверхнева та реактивна дифузія. Експериментальні методи дослідження.

Границі зерен. Модель Фішера. Нанокристалічні матеріали НКМ. Зернограничний масоперенос. Гомофазні та гетерофазні внутрішні границі розділу. Огляд досліджень по зернограничній дифузії. Модель ізольованої границі Фішера. Ширина границь зерен. Три типи кінетики зернограничної дифузії за класифікацією Харісона. Способи одержання НКМ. Структура НКМ. Ієрархічна модель структури, запропонована Дивинським. Особливості дифузійних процесів в НКМ. Швидкість масопереносу у порівнянні з полікристалічними матеріалами.

Вплив структури границь зерен на кінетику масопереносу. Вплив структури границь зерен на кінетику масопереносу. Структура великокутових границь зерен. Залежність коефіцієнта дифузії та енергії активації від кута разорієнтації зерен. Гратка співпадаючих вузлів. Спеціальні границі.

Поверхнева дифузія. Метод «поверхневого накопичення». Поверхнева дифузія. Поверхнева само- та гетеродифузія. Механізми поверхневої дифузії. Рельєф поверхні реального кристалу. Термічне руйнування поверхні. Енергія утворення адатомів. Адсорбція. Цілеспрямована самодифузія на поверхні реального кристалу. Канавки термічного травлення. Ефект Ребіндера. Розрахунок коефіцієнтів дифузії методом «поверхневого накопичення». Методика експерименту. Кінетичні криві поверхневої концентрації.

Аномальне масо перенесення. Основні експериментально виявлені закономірності аномального масоперенесення. Вплив швидкості деформації на масоперенесення. Вплив температури на масоперенесення. Вплив напружень і дислокацій на масоперенос. Вплив масоперенесення на фазоутворення під дією імпульсної обробки.

Радіометричні методи. Рентгеноструктурний аналіз. Методи, що базуються на використанні мічених атомів. Метод видалення шарів. Абсорбційний метод.

Авторадіографічний метод. Рентгеноструктурний аналіз. Метод Рудмана. Метод Пінеса.

Спектральні методи. Загальна характеристика спектральних методів. Електронна оже-спектроскопія. Мас-спектрометрія вторинних іонів. Метод резерфордівського зворотного розсіювання. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія.

Елементи атомної теорії дифузії. Механізми масопереносу у твердих тілах. Простий обмінний та циклічний обмінний механізми. Вакансійний механізм. Рівноважна концентрація вакансій. Стоки та витoki вакансій. Простий міжвузольний, міжвузольний механізм витіснення. Краудіонний механізм. Вплив дефектів кристалічної будови на механізм масопереносу. Особливості дифузії в твердих тілах. Дифузія та випадкові блукання. Ефект кореляції. Дифузія як подолання бар'єру. Енергія активації. Ефект Кіркендалла.

5. Дисципліна “Методи дослідження властивостей матеріалів”

Розділ 1. Фізика рентгенівських променів. Рентгеноструктурний аналіз

Природа і властивості рентгенівських променів. Отримання рентгенівських променів. Виведення формули Вульфа-Бреггів. Розкладання рентгенівських променів в спектр. Суцільний (неперервний) спектр. Природа спектру. Графік спектру в координатах: інтенсивність – довжина хвилі. Наявність короткохвильової межі спектру. Пояснення її існування за формулою Ейнштейна. Залежність виду спектру від напруги, сили струму, матеріалу аноду в рентгенівських трубках. ККД спектру. Використання. Характеристичний рентгенівський спектр. Умови виникнення. Спектральні серії: K, L, M, N. K-серія, довжини хвиль, інтенсивність ліній характеристичного спектру.

Основний закон послаблення монохроматичного рентгенівського випромінювання. Фотоефект, вторинне рентгенівське випромінювання. Оже-ефект. Визначення лінійного коефіцієнта ослаблення рентгенівських променів. Масовий коефіцієнт послаблення рентгенівських променів. Зв'язок між лінійним та масовим коефіцієнтом послаблення. Визначення шару половинного поглинання. Залежність від довжини хвилі. Пояснення. Коефіцієнти когерентного та некогерентного розсіювання.

Іонізаційний метод. Лічильники квантів. Іонізаційні камери, пропорційні, сцинтиляційні та напівпровідникові лічильники, їх ефективність, мертвий час та амплітудна роздільність. Фотографічний метод. Рентгенівські плівки та їх характеристики. Почорніння та його визначення, зв'язок з інтенсивністю. Фотометричні криві.

Рентгенівські трубки їх будова та принцип дії. Класифікація та маркування трубок, їх електричні характеристики. Інші джерела випромінювання. Рентгенівські апарати з фотореєстрацією (напівхвильові та множення напруги). Рентгенівські дифрактометри (будова, основні складові частини). Схема фокусування за Брегом-Брентано. Основні режими роботи дифрактометрів: неперервного запису та дискретного руху. Особливості будови та режимів зйомки дифрактометра Rigaku.

Правила роботи із джерелами іонізуючого випромінювання. Заходи безпеки. Принцип роботи дозиметра ДРГЗ-02. Множники інтенсивності інтерференційних максимумів. Інтегральна інтенсивність. Структурний, атомний множники. Множник Лоренца. Множники повторюваності. Вплив поглинання на інтенсивність максимумів. Вплив теплових коливань атомів на інтенсивність розсіювання кристалами. Зведені формули для інтегральної інтенсивності дифракційних максимумів. Поняття про динамічну теорію розсіювання. Області когерентного розсіювання. Первинна та вторинна екстинкція.

Розсіювання рентгенівських променів примітивною ґраткою. Виведення рівняння інтерференційної функції для атомного ряду, атомної площини та просторової ґратки у векторній формі при спрощуючих передумовах. Рівняння Лауе. Представлення інтерференційних рівнянь в просторі оберненої ґратки. Доведення еквівалентності трьох рівнянь Лауе рівнянню у векторній формі. Геометрична інтерпретація рівнянь Лауе в просторі оберненої ґратки. Сфера відбиття (Евальда).

Інтерпретація метода в просторі оберненої ґратки. Дебаєвські конуси, інтерференційні лінії. Схеми зйомки рентгенограм та їх розшифровка.

Вибір матеріалу аноду рентгенівських трубок для зйомки зразків з різним атомним порядковим номером. Підбір селективно-поглинального фільтру. Використання кристалів-монокроматорів. Робоча напруга та сила струму на рентгенівській трубці. Підготовка зразків до зйомки.

Розрахунок рентгенограм полікристалічних зразків кубічної сингонії. Поправка на поглинання зразка. Видалення β -ліній. Визначення міжплощинних відстаней. Індиціювання рентгенограм аналітичним та графічним методом. Розрахунок та індиціювання рентгенограм кристалів середніх сингоній. Графіки Хелла-Деві, Б'єрнстрема. Визначення індексів інтерференцій. Розрахунок періодів ґратки.

Призначення метода нерухомого кристалу. Схема метода, реєстрація інтерференційної картини. Інтерпретація метода в просторі оберненої ґратки. Зональні еліпси та зональні гіперболи. Лауєграми та епіграми.

Призначення методу обертання монокристалу, його інтерпретація в просторі оберненої ґратки. Рентгенограми обертання. Шарові лінії. Ефективна область для шарових ліній та для всього кристалу. Визначення розмірів ефективних областей.

Розділ 2. Інші методи аналізу сплавів

Принципи прецизійних методів визначення періодів кристалічної ґратки. Джерела похибок в визначенні періодів кристалічної ґратки. Визначення залежності відносної похибки від кута ковзання θ . Інтервал кутів θ для прецизійного визначення періодів. Підбір матеріалу аноду для отримання рентгенівських ліній на великих кутах. Умови зйомки зразків в дебаєвській камері, що зменшують похибки в визначенні періоду ґратки. Використання камери оберненої зйомки КРОС. Умови фокусування за Заксом. Налаштування камери. Розрахунок рентгенограм КРОС при методі зйомки з еталоном.

Режими зйомки на дифрактометрі. Дискретний та неперервний режими. Методи розділення α -дублету. Метод Речінгера. Приклад графічного розділення α -дублету. Визначення центру ваги профіля α_1 та α_2 ліній. Розрахунок

періоду кристалічної ґратки. Методи графічної електрополярності: метод Бредлі і Джея, метод Нельсона і Райлі.

Методи проведення фазового аналізу, його чутливість. Способи підвищення чутливості фазового аналізу. Визначення фазового складу за допомогою таблиць, карток, теоретичних розрахунків рентгенограм. Режим зйомки при фазовому аналізі. Основні принципи кількісного фазового аналізу. Метод гомологічних пар. Умови використання методу, способу побудови таблиць гомологічних пар. Метод внутрішнього стандарту. Побудова градуїрочної кривої. Визначення вмісту порошкових сумішей. Метод зовнішнього стандарту. Похибки кількісного фазового аналізу.

Переваги рентгеноспектрального аналізу перед іншими методами визначення хімічного складу. Класифікація методів рентгеноспектрального аналізу. Флуоресцентний метод. Емісійний та адсорбційний методи. Переваги та недоліки методів. Прилади рентгеноспектрального аналізу. Мікрорентгеноспектральний аналіз. Фізична суть методу. Будова та основні вузли мікроаналізатора.

Взаємодія електронів з речовиною. Можливості методу. Електронномікроскопічне зображення та мікродифракція. Оптична схема та принцип дії електронного мікроскопу. Режими роботи мікроскопу. Об'єкти дослідження – дисперсні порошки, тонкі фольги, репліки. Методи підготовки об'єктів дослідження. Розрахунок мікроелектронограм.

Принцип растрової мікроскопії. Принципова схема растрового мікроскопу. Використання вторинних електронів та відбитих електронів. Велика глибина фокуса. Об'єкти дослідження. Фрактографія.

6. Дисципліна «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія»

1. Монокристали, полікристали, аморфні речовини.
2. Типи зв'язків між атомами в речовинах.
3. Операції симетрії в кристалах.
4. Кристалографічні осі та сингонії кристалів.
5. Типи решіток Браве та їх характеристики.
6. Точкова група симетрії на прикладі групи C_n .
7. Порядок запису символів просторової групи.
8. Стереографічна проекція кристалів на прикладі кубу
9. Обернена ґратка та її властивості.
10. Елементарна комірка кристалічного твердого тіла та її базис: визначення, приклади, основні характеристики, приклади матеріалів
11. Гномостереографічна проекція кристалів на прикладі тригональної діпіраміди.
12. Позначення індексів вузлів атомів, напрямів та площин в кристалі.

7. Дисципліна “Фізика металів”

Класифікація дефектів в кристалах. Точкові дефекти. Лінійні дефекти. Поверхневі дефекти.

Вакансії як термодинамічно рівноважні дефекти. Межвузлові та домішкові атоми. Зміщення атомів в кристалі внаслідок наявності точкових дефектів.

Дислокація як окремий випадок лінійної структурної недосконалості. Контур Бюргерса та вектор Бюргерса. Феноменологічне введення вектора Бюргерса. Класифікація дислокацій за напрямком вектора Бюргерса. Властивості дислокацій. Класифікація дислокацій за величиною вектора Бюргерса. Потужність дислокацій. Ковзання та переповзання дислокацій.

Механізми утворення дислокацій. Утворення дислокацій при кристалізації. Виникнення дислокацій в місцях концентрації внутрішніх напружень в кристалі. Утворення дислокацій в процесі пластичної деформації. Джерела Франка-Ріда.

Пружні властивості дислокацій. Поля деформацій та напружень навколо дислокації. Дислокації Вольтерра. Енергія дислокації. Енергетичний критерій Франка. Сила, діюча на дислокацію з боку зовнішніх пружних полів. Сили взаємодії між дислокаціями. Дислокаційні ансамблі. Дислокаційний механізм пластичної деформації. Взаємодія дислокацій з домішковими атомами. Атмосфери Котрела.

Часткові дислокації та дефекти пакування. Модель жорстких сфер в фізиці твердого тіла. Часткові дислокації Шоклі, Франка та Ломер-Котрелла.

Границі зерен. Їх особливості. Класифікація та будова границь зерен.

8. Дисципліна Фізичні властивості та методи дослідження

1. Ефект Зеєбека та його застосування для вимірювання температури.
2. Теплоємність металів при низьких та високих температурах.
3. Фізична сутність теплового розширення твердих тіл.
4. Фазові перетворення 1-го роду.
5. Фазові перетворення 2-го роду.
6. Залежність фізичних властивостей сплавів від типу фазових діаграм (правило Курнакова).
7. Температурна залежність провідності металів.
8. Типи магнетиків (поділ за магнітною сприйнятливістю, проникністю).
9. Основні параметри магнітної петлі гістерезису.
10. Магнітотверді та магнітом'які матеріали.

9. Дисципліна “Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів”

Вступ. Загальна характеристика порошкової металургії, як метода одержання порошкових та композиційних матеріалів і виробів.

Роль фізико-хімічних явищ у процесах одержання порошків та волокон.

1 Властивості порошків. Хімічні, фізичні та технологічні властивості порошків. Методи визначення та контролю властивостей порошків. Взаємозв'язок між властивостями порошків. Практичне значення визначення та контролю властивостей порошків. Особливості праці з порошками металів та сплавів.

2. Механічні методи одержання порошків. Механічні методи одержання

порошків. Загальні положення. Закономірності подрібнення в кульових, вібраційних, атриторних, планетарних, струйних та вихрових млинах.

3. Основи теорії подрібнення. Закони подрібнення. Роль методу одержання порошку механічним подрібненням на формування його властивостей.

4. Фізико-хімічні методи одержання порошків.

Одержання порошків металів та сплавів відновлюванням оксидів та солей металів. Основи термодинаміки відновлювальних процесів. Механізм та кінетика відновлювальних процесів порошкових систем. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків, які одержуються.

5. Закономірності одержання порошків металів відновлюванням оксидів та солей металів воднем, вуглецем та вуглецьвміщуваними газами, металотермією. Вплив технологічних факторів на параметри відновлення та властивості одержуваних порошків.

Основні промислові методи одержання порошків відновлюванням.

6. Електрохімічні методи одержання порошків металів.

Одержання порошків металів електролізом водяних розчинів солей металів. Фізико-хімічні основи методу. Вплив різних факторів (щільності струму, концентрації електроліту, кислотності розчину, часу електролізу, вмісту домішок) на техніко-економічні показники процесу та формування структури та властивостей порошків.

7. Одержання порошків металів електролізом розплавів солей металів. Вплив параметрів процесу на формування властивостей порошків.

8. Одержання порошків металів автоклавним методом, цементациєю та міжкристалітною корозією. Суть методів та вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків.

9. Газофазні методи одержання порошків.

10. Одержання порошків металів дисоціацією карбонілів.

11. Одержання порошків випарюванням-конденсацією, відновлюванням в газовій фазі. Закономірності проходження реакцій у газовій фазі за участю та без участі поверхні. Вплив різних факторів на формування властивостей порошків, що одержуються з газової фази.

12. Одержання порошків металів та сплавів розпиленням розплавів. Розпилення газами та рідиною. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків. Вплив технологічних факторів на формування властивостей порошків.

13. Одержання порошків безкисневих тугоплавких сполук. Фізико-хімічні закономірності отримання тугоплавких сполук синтезом з елементів, відновленням оксидів металів з одночасними карбідизацією (азотуванням, боруванням, силіціюванням, сульфидуванням), електролізом, плазмово-хімічним способом. Вплив різних факторів на отримання порошків з заданими властивостями. Технологічні особливості процесів та обладнання.

14. Одержання волокон та вусів. Класифікація методів одержання. Закономірності одержання волокон та вусів з розплавів, електролізом, осадженням з газової фази.

15. Одержання волокон змішаними методами

10. Дисципліна “Теорія та технологія формування та спікання порошкових і композиційних матеріалів”

1. Формування порошкових тіл. Загальні закономірності ущільнення порошкових тіл. Закономірності ущільнення пластичних та крихких порошків.

2. Вплив властивостей порошків та їх структури на їх ущільнення.

3. Аналітичний опис процесу формування. Поняття контактного перерізу та контактної поверхні. Рівняння формування; математичні

4. Вплив різних факторів на розподіл щільності у формовках. Боковий тиск, зовнішнє та внутрішнє тертя, сила виштовхування, пружна післядія. Використання мастил при формуванні; їх роль у розподілі щільності та формуванні структури формовок.

5. Варіанти формування. Практика формування. Підготовка порошків для формування. Відпал, класифікація, розсів. Змішування порошків. Грануляція шихти, визначення наважки, дозування. Варіанти формування. Одно- та двостороннє формування. Формування на механічних та гідравлічних пресах.

6. Ізостатичне формування. Різновиди ізостатичного формування. Закономірності ізостатичного формування, вплив різних факторів на процес формування структури та властивостей виробів. Математичний опис ізостатичного формування. Особливості газостатичного формування.

7. Формування довгомірних виробів. Формування скошеним пуансоном. Формування прокаткою. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей прокату з порошків. Основні закономірності прокатки порошків.

8. Швидкісне (імпульсне) формування. Методи імпульсного формування. Механізм ущільнення при імпульсному формуванні. Вплив різних факторів на процес ущільнення при імпульсному формуванні. Структура та властивості виробів.

9. Мундштучне формування та екструзія. Закономірності формування цими методами.

10. Шлікерне литво, литво з термопластичних мас, інжекційне формування. Вплив різних факторів на характер розподілу щільності та формування властивостей виробів.

11. Вібраційне формування. Закономірності вібраційного формування.

12. Брак при формуванні. Причини браку та можливість його виправлення.

13. Спікання. Характеристика процесів, що лежать в основі спікання. Визначення термінів спікання з технологічного та термодинамічного кута зору. Зовнішні ознаки спікання, усадка при спіканні, види усадки. Рушійні сили спікання. Загальні відомості про стан матеріалів при кімнатних температурах та при нагріві з точки зору наявності дефектів та дифузійних процесів. Поверхневий натяг як рушійна сила спікання. Капілярний тиск.

14. Спікання однокомпонентних систем як в'язка (дифузійно-в'язка) течія, об'ємна самодифузія, пластична течія, поверхнева самодифузія, перенесення через газову фазу. Основні стадії спікання при дії цих механізмів, фізико-хімічні закономірності та кінетика процесів усадки.

Вплив структурного та геометричного факторів на процес спікання. Феноменологічний опис процесу спікання.

15. Спікання в реальних умовах. Вплив різних факторів (температури, часу, властивостей вихідних порошків та формовок, умов спікання та ін.) на кінетику процесів спікання та формування структури та властивостей виробів.

16. Методи інтенсифікації процесів спікання. Активоване спікання. Фізичні та фізико-хімічні методи активації спікання. Спікання за рахунок зовнішнього впливу на матеріал та за рахунок використання матеріалів з наперед заданим активним станом. Фізико-хімічні явища, які лежать в основі різних методів активованого спікання.

17. Спікання під тиском. Гаряче пресування. Механізм ущільнення та закономірності формування структури і властивостей виробів при гарячому пресуванні. Феноменологічний опис процесу гарячого пресування.

Гаряче ізостатичне пресування, динамічне гаряче пресування, гаряче кування та штамповка пористих заготівок. Закономірності формування структури та властивостей виробів при використанні цих методів.

18. Спікання багатокomпонентних систем. Закономірності та кінетика спікання багатокomпонентних систем у твердій фазі. Роль процесів гетеродифузії.

Особливості усадки та процесів формування структури та властивостей порошкових виробів при спіканні систем з необмеженою розчинністю компонент, обмеженою їх розчинністю та розчинних один в одному.

19. Спікання багатокomпонентних систем та композиційних матеріалів у присутності рідкої фази. Роль змочуваності твердої фази рідкою. Вплив різних факторів (змочуваності, розчинності компонент, щільності формовок, кількості рідкої фази та інш.) на процес спікання та формування структури та властивостей порошкових та композиційних матеріалів.

20. Просочування. Закономірності просочування при виготовленні порошкових та композиційних матеріалів.

21. Властивості спечених порошкових та композиційних виробів. Залежність властивостей виробів від умов спікання та характеристик вихідних матеріалів та пористих заготівок. Методи контролю структури та властивостей спечених виробів.

11. Дисципліна -“Технологія порошкових та композиційних матеріалів ”

1. Композиційні спечені антифрикційні матеріали. Загальні відомості про антифрикційні матеріали і умови їх роботи. Вимоги, яким повинні відповідати матеріали в вузлах тертя. Основні фактори, які впливають на властивості антифрикційних композиційних матеріалів.

Вибір складу антифрикційних матеріалів. Вплив складу на формування фізико-механічних та експлуатаційних властивостей антифрикційних матеріалів.

2. Технологія виготовлення композиційних антифрикційних матеріалів. Особливості підготовки вихідних компонентів. Формування виробів і їх спікання. Додаткова обробка спечених виробів –термічна та хіміко-термічна обробки, гаряче пресування та екструзія.

3. Виготовлення антифрикційних матеріалів на підкладках з антифрикційним металевим шаром. Технологія виготовлення метало-полімерних композиційних антифрикційних матеріалів. Антифрикційні плазмові та електролітичні комбіновані антифрикційні покриття.

4. Основні типи композиційних антифрикційних матеріалів та їх властивості. Антифрикційні спечені матеріали на основі металів та їх сплавів (міді, заліза, нікелю, кобальту, легких та тугоплавких металів). Металографітові матеріали. Матеріали на основі тугоплавких сполук, спечених твердих сплавів. Металоскляні матеріали. Металеві двох- та трьохшарові матеріали на сталевій підкладці. Матеріали матрично-наповненого типу. Метало-полімерні матеріали. Матеріали спеціального призначення для роботи: в присутності рідкої змазки та без неї, в повітряному середовищі та в вакуумі, при підвищених температурах, при високих швидкостях ковзання, в воді, в незмазуючих рідинах та корозійних середовищах.

5. Спечені ущільнюючі матеріали. Вимоги, яким повинні відповідати ущільнюючі матеріали. Класифікація ущільнюючих матеріалів по призначенню. Технологія виготовлення ущільнюючих матеріалів на основі металів та сплавів, на основі тугоплавких сполук, спечених твердих сплавів. Технологія виготовлення поршневих кілець двигунів внутрішнього згорання та компресорів.

6. Спечені високопористі проникні матеріали. Вимоги до високопористих проникних матеріалів. Класифікація високопористих матеріалів по призначенню. Основні властивості високопористих матеріалів. Методи одержання вихідних матеріалів. Пресування та формування високопористих виробів. Спікання та додаткова обробка високопористих виробів. Засоби збереження пор під час спікання. Технолопчні варіанти виготовлення високопористих проникних матеріалів. Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості високопористих проникних матеріалів. Галузі використання високопористих проникних матеріалів.

7. Спечені фрикційні матеріали. Основи процесів тертя та зносу фрикційних матеріалів. Основні типи тормозних та передаючих пристроїв. Конструкції фрикційних елементів та їх вплив на робочі параметри фрикційних пристроїв.

Основні типи фрикційних матеріалів. Класифікація фрикційних матеріалів по призначенню. Матеріали для роботи в умовах сухого та мокрого тертя. Матеріали контр-тіл, які працюють в парі зі спеченими фрикційними матеріалами. Класифікація компонентів, які входять до складу спечених фрикційних матеріалів (основи, твердих та рідких змазок, фрикційних добавок).

8. Технологія виробництва фрикційних виробів. Пресування, спікання додаткова обробка спечених виробів. Вплив технологічних параметрів виготовлення фрикційних матеріалів на їх властивості. Нові напрямки в технології виготовлення фрикційних матеріалів та виробів на їх основі. Контроль якості виробів із фрикційних матеріалів.

9. Спечені матеріали конструкційного призначення. Класифікація, властивості та призначення спечених конструкційних матеріалів.

10. Технологія виготовлення виробів із конструкційних спечених матеріалів пресуванням та спіканням; просочуванням пористого залізного

каркасу металами та сплавами; динамічним гарячим пресуванням; гарячою штамповкою; ізостатичним гарячим пресуванням; екструзією.

11. Термічна та хіміко-термічна обробка виробів із спечених конструкційних матеріалів.

12. Спечені конструкційні матеріали на основі кольорових, тугоплавких металів та їх сплавів.

13. Конструкційні матеріали спеціального призначення (жароміцні, жаростійкі, корозійностійкі та інші).

14. Технологія одержання спечених жароміцних матеріалів на основі нікелю, кобальту, хрому, молібдену та вольфраму.

15. Технологія виготовлення конструкційних матеріалів на основі спечених твердих сплавів, тугоплавких безкисневих сполук та керметів.

16. Спечені матеріали електротехнічного призначення. Спечені контактні матеріали. Контактні матеріали для розривних та контактів ковзання. Умови роботи контактних матеріалів. Фізико-хімічні явища, що супроводжують роботу контактів. Технологічні варіанти виготовлення матеріалів розривних контактів. Технологія одержання спечених псевдосплавних контактних матеріалів типу метал-метал.

17. Технологія одержання спечених псевдосплавних контактних матеріалів на основі металів зміцнених тугоплавкими сполуками та оксидами. Технологічні варіанти виготовлення матеріалів для контактів ковзання. Виготовлення псевдосплавів типу метал-антифрикційний наповнювач. Технологія виготовлення електричних щіток.

18. Спечені магнітомагнітні матеріали. Класифікація, властивості та призначення спечених магнітомагнітних матеріалів на основі залізного порошку. Технологічні варіанти виготовлення магнітно-магнітних матеріалів на основі залізного порошку. Технологія виготовлення магнітодіелектриків. Технологія виготовлення магнітно-магнітних феритів.

19. Спечені магнітно-тверді матеріали. Класифікація, властивості та призначення.

20. Технологія виготовлення спечених магнітних матеріалів. Технологія виготовлення постійних магнітів на основі мікропорошків заліза. Технологія виготовлення магнітопластів та магнітоеластів. Технологія виготовлення магнітно-твердих феритів.

21. Тугоплавкі безкисневі сполуки. Класифікація, властивості та призначення тугоплавких сполук. Природа металопоподібних карбідів, нітридів, боридів та силіцидів. Технологія виготовлення деталей із тугоплавких сполук: пресуванням та спіканням; гарячим пресуванням; ізостатичним гарячим пресуванням; гарячим литвом термопластичних шлікерів та спіканням, інжекційним пресуванням.

22. Спечені тверді сплави та надтверді матеріали. Спечені тверді сплави. Класифікація спечених твердих сплавів. Спечені тверді сплави на основі карбідів вольфраму, карбідів титану та хрому, карбонітриду титану, боридів титану, хрому.

Особливості отримання вихідних матеріалів для отримання твердих сплавів. Одержання порошків вольфраму, кобальту та нікелю відновленням їх оксидів

воднем та вуглецем. Одержання порошків вольфраму для виробництва твердих сплавів. Одержання простих та складних карбідів. Одержання твердого розчину карбіду титану в карбіді вольфраму (складного карбіду) WC- TiC, твердого розчину карбіду титану та танталу в карбіді вольфраму WC-TiC-TaC (NbC).

Приготування суміші порошків карбідів з цементуючими металами та сплавами, формування та спікання виробів. Процеси, які протікають при розмелі суміші карбідів з цементуючим металом чи сплавом в різних агрегатах та їх вплив на властивості сплавів. Режими розмолу. Середовище розмолу. Пластифікуючі добавки. Методи формування виробів із сумішей твердих сплавів. Використання механічної обробки попередньо спечених і пластифікованих заготовок для одержання виробів складної форми. Спікання виробів із твердих сплавів. Особливості технології спікання. Фізико-механічні властивості, галузі застосування твердих сплавів на основі карбіду вольфраму. Підвищення зносостійкості спечених твердих сплавів ВК, ТК та ТТК нанесенням зносостійких покриттів із карбідів, нітридів, карбонітридів, оксиду алюмінію. Технологія та процеси, які протікають при нанесенні покриттів із газового середовища.

23. Спечені безвольфрамові тверді сплави. Спечені тверді сплави на основі карбіду та карбонітриду титану.

Особливості технології виготовлення безвольфрамових твердих сплавів. Фізико-механічні властивості та галузі використання безвольфрамових твердих сплавів.

24. Мінералокерамічні тверді сплави. Карбідно-оксидна та нітридна ріжуча кераміка. Процеси, які протікають при спіканні мінералокераміки на основі оксиду алюмінію. Технологія виробництва, фізико-механічні та експлуатаційні властивості, структура та галузі застосування мінералокераміки на основі оксиду алюмінію.

25. Надтверді матеріали. Закономірності отримання надтвердих матеріалів зі структурою алмазу та алмазоподібних модифікацій нітриду бору. Закономірності отримання вихідних матеріалів.

26. Технологічні варіанти одержання виробів із надтвердих матеріалів. Металізація та пайка надтвердих матеріалів. Методи створення надтвердих матеріалів із спечених твердих сплавів, алмазів, кубічного та вюрцитоподібного нітриду бору. Технологія виробництва надтвердих матеріалів типу "Славутич", "Сендвіч", "Компакс". Структура, фізико-механічні, експлуатаційні властивості та галузі використання.

27. Технологічні процеси одержання абразивного інструменту на основі алмазів, кубічного нітриду бору та вюрцитоподібного нітриду бору на керамічному, металевому та органічному зв'язуючому.

12. Дисципліна «Технологія нанесення та властивості покриттів»

1. Призначення покриттів і їх значення для промисловості. Основні методи нанесення покриттів, історія розвитку. Сучасний стан технологій і обладнання напилених покриттів. Класифікація способів нанесення покриттів і їх

застосування в техніці.

2. Плазмові способи напилення покриттів. Плазмотрони, конструкції і принцип роботи, конструкційні особливості плазмотронів. Багатодугові плазмотрони. Промислові установки для газового напилення. Переваги і недоліки плазмового напилення.

3. Електродугова металізація. Принцип роботи і схема розпилювальних головок електрометалізаторів. Особливості розпилення. Конструкційні особливості електрометалізаторів ЕМ-12, ЕМ-14, ЕМ-15 та комплекту дугової металізації КДМ-2. Переваги і недоліки електродугової металізації.

Джерела струму плазмових і електродугових установок. Вольтамперні характеристики. Система збудження дуги.

4. Тигельний і індукційний способи напилення покриттів. Загальна характеристика і принцип роботи. Переваги і недоліки.

5. Газоповітряний спосіб напилення. Короткі відомості про гази, які застосовуються, схеми пальників і їх особливості. Конструкції газополум'яних сопел. Інжекторні і безінжекторні розпилювачі. Пристрої для транспортування порошків. Переваги і недоліки газоповітряного напилення.

6. Газокисневий спосіб напилення покриттів (детонаційно - газове напилення). Загальні відомості про детонацію і рух газопорошкових сумішей. Схеми роботи детонаційних установок. Конструкції стволів установок і дозаторів порошку. Апаратура і обладнання для нанесення покриттів. Схема АДК, потужність та характеристика одержаних покриттів. Параметри детонаційного напилення та їх взаємозв'язок. Оптимізація параметрів детонаційного напилення. Переваги і недоліки детонаційного напилення. Області застосування.

7. Загальна характеристика вакуумно-конденсаційних способів напилення. Випаровування матеріалів. Основні закономірності. Закон Рауля, правило Ленгмюра. Розпилення. Конденсація. Коефіцієнт конденсації і схема утворення покриття.

8. Напилення покриттів термічним випаровуванням. Способи випаровування-розпилення матеріалів. Конструкції випаровувачів і способи нагріву розпилюваних матеріалів. Установки термічного напилення.

9. Напилення покриттів вибуховим розпиленням матеріалів. Способи розпилення та застосування дуги низького тиску. Установки, їх характеристика. Переваги і недоліки способ.

10. Напилення покриттів йонним розпиленням. Механізми розпилення. Ефективність і коефіцієнт розпилення. Діодна і тріодна схеми йонного розпилення. Магнетронна схема йонного розпилення. Установки, їх характеристика. Переваги і недоліки способу.

11. Реакційне напилення покриттів. Особливості реакційного напилення. Схема процесу, установок. Переваги і недоліки.

12. Загальні відомості про порошкові і проволочні матеріали для напилення. Технологія одержання матеріалів для напилення. Способи металотермії, розпилення, агломерація. Одержання плакованих порошків. Матеріали які випускаються, їх характеристика та позначення.

13. Загальні відомості по технології газотермічного і вакуумно-конденсаційного способів нанесення покриттів. Основні параметри напилення і

схема технологічного процесу. Схеми підготовки поверхні для напилення газотермічним і вакуумно-конденсаційним напиленням. Підготовка матеріалів які напилюються.

14. Технологічні особливості газотермічних способів напилення покриттів. Загальні параметри газотермічного напилення і їх вплив на процес напилення. Напилення покриттів із різних матеріалів, металів, металевих сплавів, сполук та їх сумішей.

15. Технологічні особливості вакуумно-конденсаційного напилення і їх вплив на ефективність процесу напилення.

16. Обробка напилених покриттів. Механічна, хіміко-термічна та ін. Контроль якості покриттів. Визначення міцності зчеплення покриття з основою, твердості, пористості, газопроникності. Клейова та штифтова методики. Визначення товщини покриття. Апаратура та її характеристика.

17. Вибір типу покриття, його складу і товщини. Вибір матеріалів покриття і способу його напилення.

13. Дисципліна – “ Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів ” (Для всіх спеціалізацій)

Розділ I Вступ

1. Загальна характеристика порошкової металургії, як метода одержання порошкових та композиційних матеріалів і виробів.

Порошкова металургія як наука про процеси одержання, структуру та властивості порошків металів, сплавів, композиційних матеріалів, які виготовляються з використанням методів формування та спікання. Роль порошкової металургії композиційних матеріалів у сучасній техніці і її значення для розвитку промисловості.

Історія виникнення та розвитку порошкової металургії. Роль вітчизняних вчених у розвитку порошкової металургії композиційних матеріалів.

Технічні та економічні переваги та обмеження використання порошкової металургії.

Сучасний стан порошкової металургії в Україні та в світі.

Роль фізико-хімічних явищ у процесах одержання порошків та волокон, пресування виробів з них та їх спікання.

Властивості порошків. Хімічні, фізичні та технологічні властивості порошків. Методи визначення та контролю властивостей порошків. Практичне значення визначення та контролю властивостей порошків.

Розділ II - Отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук порошків

1. Механічні методи одержання порошків. Основи теорії подрібнення. Закони подрібнення. Роль методу одержання порошку механічним подрібненням на формування його властивостей.

Закономірності подрібнення в кульових, вібраційних, атриторних, планетарних, струйних та вихрових млинах.

Фізико-хімічні методи одержання порошків

2. Одержання порошків металів та сплавів відновлюванням оксидів та солей металів. Основи термодинаміки відновлювальних процесів. Механізм та кінетика відновлювальних процесів порошкових систем. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей порошків, які одержують відновленням оксидів та солей металів.

Вплив технологічних факторів на параметри відновлення та властивості одержуваних порошків.

3. Електрохімічні методи одержання порошків металів. Одержання порошків металів електролізом водяних розчинів солей металів, розплавів солей металів. Одержання порошків металів автоклавним методом, цементацією та міжкристалітною корозією. Фізико-хімічні основи методів. Вплив різних факторів (щільності струму, концентрації електроліту, часу електролізу, вмісту домішок та інш.) на формування структури та властивостей порошків та техніко-економічні показники процесу.

4. Газофазні методи одержання порошків. Одержання порошків металів дисоціацією карбонілів, випарюванням-конденсацією, відновлюванням в газовій фазі. Закономірності проходження реакцій у газовій фазі за участю та без участі поверхні. Вплив різних факторів на формування властивостей порошків, що одержують з газової фази карбонільним методом.

5. Одержання порошків металів та сплавів розпиленням розплавів. Отримання отримання порошків металів та сплавів розпилюванням розплавів. Розпилення газами та рідиною. Вплив теплофізичних характеристик розплавів на формування структури та властивостей порошків. Вплив технологічних факторів на формування властивостей порошків.

6. Отримання порошків тугоплавких сполук. Отримання карбідів та нітрідів перехідних металів. Класифікація методів . Термодинамічні основи процесів отримання карбідів та нітрідів. Технологія і обладнання. Отримання порошків плавлених тугоплавких солюк.

Отримання боридів та силіцидів перехідних металів. Класифікація методів. Термодинамічні особливості та закономірності отримання боридів та силіцидів перехідних металів. Технологія і обладнання.

7. Одержання волокон та вусів. Класифікація методів одержання. Закономірності одержання волокон та вусів з розплавів, електролізом, осадженням з газової фази. Одержання волокон змішаними методами.

Розділ III Формування порошкових тіл

8. Загальні закономірності ущільнення порошкових тіл. Закономірності ущільнення пластичних та крихких порошків. Вплив властивостей порошків та їх структури на їх ущільнення. Вплив різних факторів на розподіл щільності у формовках. Боковий тиск, зовнішнє та внутрішнє тертя, сила виштовхування, пружна післядія. Використання мастил при формуванні; їх роль у розподілі щільності та формуванні структури формовок.

9. Аналітичний опис процесу формування.

10. Ізостатичне формування. Різновиди ізостатичного формування. Закономірності ізостатичного формування, вплив різних факторів на процес

формування структури та властивостей виробів. Математичний опис ізостатичного формування. Особливості газостатичного формування.

11. Формування довгомірних виробів. Формування скошеним пуансоном.

Формування прокаткою. Вплив різних факторів на формування структури та властивостей прокату з порошків. Основні закономірності прокатки порошків.

12. Швидкісне (імпульсне) формування. Методи імпульсного формування. Механізм ущільнення при імпульсному формуванні. Вплив різних факторів на процес ущільнення при імпульсному формуванні. Структура та властивості виробів

13. Бездеформаційні методи формування. Мундштучне формування та екструзія. Закономірності формування цими методами.

14. Шлікерне литво, литво з термопластичних мас, інжекційне формування. Вплив різних факторів на характер розподілу щільності та формування властивостей виробів.

15. Вібраційне формування. Закономірності вібраційного формування.

Розділ IV Спікання

16. Характеристика процесів, що лежать в основі спікання. Визначення термінів спікання з технологічного та термодинамічного кута зору. Зовнішні ознаки спікання, усадка при спіканні, види усадки.

17. Рушійні сили спікання. Загальні відомості про стан матеріалів при кімнатних температурах та при нагріві з точки зору наявності дефектів та дифузійних процесів. Поверхневий натяг як рушійна сила спікання. Капілярний тиск.

18. Спікання однокомпонентних систем як в'язка (дифузійно-в'язка) течія, об'ємна самодифузія, пластична течія, поверхнева самодифузія, перенесення через газову фазу. Основні стадії спікання при дії цих механізмів, фізико-хімічні закономірності та кінетика процесів усадки.

19. Вплив структурного та геометричного факторів на процес спікання. Феноменологічний опис процесу спікання.

20. Спікання в реальних умовах. Вплив різних факторів (температури, часу, властивостей вихідних порошків та формовок, умов спікання та ін.) на кінетику процесів спікання та формування структури та властивостей виробів.

Методи інтенсифікації процесів спікання.

21. Спікання під тиском. Гаряче пресування. Механізм ущільнення та закономірності формування структури і властивостей виробів при гарячому пресуванні. Феноменологічний опис процесу гарячого пресування.

22. Гаряче ізостатичне пресування, динамічне гаряче пресування, гаряче кування та штамповка пористих заготівок. Закономірності формування структури та властивостей виробів при використанні цих методів.

Технологія та обладнання для спікання гарячим пресуванням.

23. Спікання багатоконпонентних систем. Закономірності та кінетика спікання багатоконпонентних систем у твердій фазі. Роль процесів гетеродифузії.

Особливості усадки та процесів формування структури та властивостей порошкових виробів при спіканні систем з необмеженою розчинністю компонент, обмеженою їх розчинністю та розчинних один в одному.

24. Спінання багатокomпонентних систем та композиційних матеріалів у присутності рідкої фази. Роль змочуваності твердої фази рідкою. Вплив різних факторів (змочуваності, розчинності компонент, щільності формовок, кількості рідкої фази та інш.) на процес спінання та формування структури та властивостей порошкових та композиційних матеріалів.

25. Спінання просочуванням. Закономірності та технологія.

Розділ V Технологія порошкових та композиційних матеріалів

26. Матеріали триботехнічного призначення. Композиційні спечені антифрикційні матеріали. Загальні відомості про антифрикційні матеріали і умови їх роботи.

Технологія виготовлення композиційних антифрикційних матеріалів. Особливості підготовки вихідних компонентів. Формування виробів і їх спінання. Додаткова обробка спечених виробів – термічна та хіміко-термічна обробки, гаряче пресування та екструзія.

Основні типи композиційних антифрикційних матеріалів та їх властивості. Антифрикційні спечені матеріали на основі металів та їх сплавів (міді, заліза, нікелю, кобальту, легких та тугоплавких металів). Металографітові матеріали. Матеріали на основі тугоплавких сполук, спечених твердих сплавів. Металоскляні матеріали.

27. Спечені фрикційні матеріали. Основні типи фрикційних матеріалів. Класифікація фрикційних матеріалів по призначенню.

Технологія виробництва фрикційних виробів. Вплив технологічних параметрів виготовлення фрикційних матеріалів на їх властивості.

28. Спечені матеріали конструкційного призначення. Класифікація, властивості та призначення спечених конструкційних матеріалів. Технологія виготовлення виробів із конструкційних спечених матеріалів пресуванням та спінанням; просочуванням пористого залізного каркасу металами та сплавами; динамічним гарячим пресуванням; гарячою штамповкою; ізостатичним гарячим пресуванням; екструзією.

29. Термічна та хіміко-термічна обробка виробів із спечених конструкційних матеріалів.

30. Конструкційні матеріали спеціального призначення (жароміцні, жаростійкі, корозійностійкі та інші). Технологія одержання спечених жароміцних матеріалів на основі нікелю, кобальту, хрому, молібдену та вольфраму. Технологія виготовлення конструкційних матеріалів на основі спечених твердих сплавів, тугоплавких безкисневих сполук та керметів.

31. Спечені матеріали електротехнічного призначення. Спечені контактні матеріали. Контактні матеріали для розривних та контактних ковзань. Умови роботи контактних матеріалів. Фізико-хімічні явища, що супроводжують роботу контактних матеріалів. Технологічні варіанти виготовлення контактних матеріалів.

32. Спечені магнітом—які та магніто-твердих матеріали. Класифікація, властивості та призначення спечених магнітних матеріалів. Технологія виготовлення магнітних матеріалів.

33. Тугоплавкі безкисневі сполуки та матеріали за їх участю. Класифікація, властивості та призначення тугоплавких сполук.

Технологія виготовлення деталей із тугоплавких сполук: пресуванням та спіканням; гарячим пресуванням; ізостатичним гарячим пресуванням. Закономірності процесів та технологія.

34. Технологія та обладнання отримання виробів з твердих тугоплавких сполук гарячим литвом термопластичних шлікерів та спіканням, інжекційним пресуванням.

35. Спечені тверді сплави та надтверді матеріали.

Класифікація спечених твердих сплавів. Спечені тверді сплави на основі карбідів вольфраму, карбідів титану та хрому, карбонітриду титану, боридів титану, хрому. Технологія та обладнання отримання виробів з твердих сплавів.

36. Технологічні варіанти одержання виробів із твердих сплавів та надтвердих матеріалів.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Студент відповідає на будь-які два поставлених запитання в білеті із обов'язковим зазначенням на листі-відповіді на які питання надає відповідь.

Питання № 7 – є для всіх обов'язковим.

Під час проведення комплексного фахового випробовування студентам забороняється використовувати допоміжний матеріал.

Критерії оцінки результатів фахових вступних випробувань для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра спеціальності 132 Матеріалознавство

Студент відповідає на 3 питання завдання, кожне з яких оцінюється:

- 1 питання 25 балів.
- 2 питання 25 балів.
- 3 питання 50 балів.

Максимальна сума балів складає 100.

Залежно від правильності відповіді на окреме запитання студент отримує:

- | | | |
|-------------|----------------------|---------------------|
| – 91...100% | правильної відповіді | – 5 балів; |
| – 81...90% | | – 4,5 бали; |
| – 71...80% | | – 4,0 бали; |
| – 61...70% | | – 3,5 бали; |
| – 51...60% | | – 3,0 бали; |
| – менше 50% | – питання | – не зараховується. |

Приклад типового білету комплексного фахового випробовування

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Фахове комплексне завдання
для вступу на освітньо-професійну програму
підготовки магістра
спеціальності 132 Матеріалознавство**

Білет № ___

1. Визначити, що таке поліморфізм металів та вказати, в чому полягають поліморфні перетворення. Навести приклад
2. Проаналізувати мартенситне перетворення, описати структуру та властивості мартенситу.
3. Рівняння, що описують теплоперенос в металах і сплавах.
4. Типи зв'язків між атомами в речовинах.
5. Отримання порошків металів та сплавів електролізом розплавів солей металів. Фізико-хімічна сутність та вплив різних факторів на отримання порошків з заданими властивостями.
6. Класифікація ізостатичних методів формування. Їх сутність та аналітичний опис.
7. Проаналізувати фактори, що визначають загартовуваність та прогартовуваність сталі.

Голова підкомісії

Я.В.Зауличний

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

До дисципліни «Металознавство»

Основна

1. Бялік О.М., Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н. Металознавство. –К.: ІВЦ Видавництво “Політехніка”, 2002. –384 с.
2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. –М.: Машиностроение, 1990. –525 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение. –М.: Металлургия. –1986. –542 с.
4. Лившиц Б.Г. Металлография. –М.: Металлургия. –1990. –236 с.
5. Черненко В.С., Дудка О.І., Писаренко В.М., Голуб Л.В. Діаграми стану потрійних систем. – К.: ІЗМН, 2000. –90 с.

Допоміжна

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по металознавству (Бялік О.М. та інш.) –К.: НТУУ “КПІ”, 1997, -71 с.
2. Физическое материаловедение /Под ред. Кана Р и Хазена П./ т.1, 2, 3. -М.: Металлургия, 1967. –640 с.
3. Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. –М.: Металлургия. –1990. –240 с.
4. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. –М.: Металлургия, 1998. –392 с.
5. Гольдштейн М.И. и др. Специальные стали. –М.: Металлургия, 1985.–408 с

До дисципліни «Теорія та практика термічної обробки вуглецевих сталей»

Основна

1. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. –М.:Металлургия, 1998. –392 с.
2. Гуляев А.П. Термическая обработка стали. -М.: Машгиз, 1977, -496 с.
3. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. - М: Металлургия, 1985. -256 с.
4. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. М.: Металургія, 1985. - 408 с.
5. Більченко О.В., Дудка О.І., Хижняк В.Г., Чернеча С.М. Леговані сталі. –К.: «Кондор», 2009. -98 с.

Допоміжна

1. Химико-термическая обработка металлов й сплавов: Справочник. М.: Металлургия, 1981,424с.
2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. –М.: Машиностроение, 1990. –525 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение. –М.: Металлургия. –1986. –542 с.
4. Лившиц Б.Г. Металлография. –М.: Металлургия. –1990. –236 с.
5. Бялік О.М., Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н.,
6. Металознавство. –К.: ІВЦ Видавництво “Політехніка”, -2002. –384 с

До дисципліни - «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів»

Основна

1. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов / В.С. Золоторевский. – М.:Металлургия, 1983. – 352 с.
2. Мешков Ю.Я. Структура металла и хрупкость стальных изделий / Ю.Я. Мешков, Г.А. Пахаренко. – К.: Наук.Думка, 1985. – 268 с.
3. Дяченко С.С. Фізичні основи міцності та пластичності металів: Навч. посібник / С.С. Дяченко. – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2003. – 226 с.
4. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов / И.И. Новиков. – М.:Металлургия, 1975. – 208 с.
5. Холявко В.В. Фізика металів. Основи тензорного аналізу та елементи теорії пружності: Навчальний посібник / В.В. Холявко. – К.: КАПРІ, 2010. – 160 с.

Допоміжна

1. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов / Я.Б. Фридман // Том 1-2. – М.:Машиностроение, 1974. – 360 с.
2. Бернштейн М.Л. Механические свойства металлов / М.Л. Бернштейн, В.А. Займовский. – М.:Металлургия, 1979. – 496 с.
3. Писаренко Г.С. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии / Г.С. Писаренко, А.А.Лебедев. – К.: Наук.Думка, 1976. – 412 с.
4. Котречко С.А., Мешков Ю.Я., Меттус Г.С. Физические основы оценки вязкости конструкционных сталей.// ФММ. – 1992. - № 11. – С. 135-140.
5. Котречко С.А., Мешков Ю.Я., Меттус Г.С. Модель разрушения стали в условиях концентрации напряжений// Проблемы прочности. – 1992. - № 12. – С. 52-57.

Дисципліна - «Теорія тепло- і масопереносу в матеріалах»

Основна

1. Електронний підручник. С.І. Сидоренко, С.М. Волошко, С.О. Замулко, Г.Д. Холмська «Теорія тепло- та масопереносу в матеріалах», 2011 р.
2. С.І. Сидоренко, О.В. Філатов, С.М. Волошко. Аномальне масоперенесення. Закономірності та механізми: Навч. посіб. – К.: ІВЦ „Політехніка”, 2008.- 70 с.
3. Бокштейн Б.С. Диффузия в металах / Учебное пособие для студентов ВУЗов. – М.:Металлургия, 1978. – 247 с.
4. Теплотехніка. Підручник для студентів вищих навчальних закладів./За ред. Б.Х. Драганова, О.Ф. Буляндри.-Київ: Вища школа, 1998.-
5. О.М. Назаров, М.М. Нищенко. Наноструктури та нанотехнології. – Київ: НА, 2012.–248 с

Допоміжна

1. Шьюмон П. Диффузия в твердых телах. – М.:Металлургия, 1966. – 195 с.
2. Бокштейн Б.С. Атомы блуждают по кристаллу. – М.: Наука, 1984. – 208 с.

3. С.И.Сидоренко, Л.М. Березовська, С.М. Волошко. Математичне моделювання процесів дифузії - Київ:Наукова Думка, 2007. - 324 с.
4. Гегузин Я.Е. Очерки о диффузии в кристаллах. – М.: Наука, 1974. – 255 с.
5. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. М.: Наука, 1964. – 487 с.
6. С.И. Сидоренко, А.А. Березовский, С.М. Волошко. Нелинейные задачи массопереноса. – Киев: Наукова думка. – 2002. – 448 с.
7. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Гостехиздат, 1953. – 679 с.
8. Герцрикен С.Д., Дехтяр И.Я. Диффузия в металлах и сплавах в твердой фазе. – М.:Физматгиз, 1960. – 564 с.
9. Ларионов Л.Н., Исачев В.И. Диффузия в металлах и сплавах. – Киев: Наукова думка, 1987. – 510 с.
10. Процессы взаимной диффузии в сплавах /Под ред. К.П. Гурова. – М.: Наука, 1973. – 359 с.
11. Бокштейн Б.С., Бокштейн С.З., Жуховицкий А.А. Термодинамика и кинетика диффузии в твердых телах. – М.: Металлургия, 1974. – 248 с.
12. Бокштейн С.З. Строение и свойства металлических сплавов. – М.: Металлургия, 1971. – 495 с.
13. Черепин В.Т., Васильев М.А. Методы и приборы для анализа поверхности материалов. – Киев: Наукова думка, 1982. – 396 с

До дисципліни «Методи дослідження властивостей матеріалів і виробів»

Основна

1. А.А. Русаков. Рентгенография металлов. Учебник для вузов. - М.: Атомиздат, 1977.- 480 с.
2. С.С Горелик., Ю.А. Скаков, Л.Н. Расторгуев. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. Учебное пособие для вузов 3-е изд. доп. и перераб. - М.: МИСИС, 1994.- 328 с.
3. Структура і фізичні властивості твердого тіла. Лабораторний практикум за ред. Л.С. Палатника. - К.: Вища школа, 1992.- 311 с.
Рентгенография. Спецпрактикум. Под ред. А.А. Кацнельсона. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986.- 240 с.
4. М.М. Уманский, З.К. Золина. Сборник задач по рентгеноструктурному анализу. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975.- 231 с.

Допоміжна

1. Я.С. Уманский. Рентгенография металлов. - М.: Металлургия, 1967.- 234
2. Р.І. Барабаш, О.Г. Пахаренко. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Рентгенографія металів” до розділу “Методи аналізу кристалічної структури”. - К.: КПІ, 1993.- 54 с.
3. А.В. Белоцкий, Е.В. Иващенко. Методические указания к лабораторным работам по курсу “Рентгенография металлов” раздел “Рентготехника и физика рентгеновских лучей”. - К.: КПИ, 1986.- 46 с.

4. Методические указания к лабораторным работам по курсу “Рентгенография металлов”. Раздел “Методы рентгеноструктурного анализа поликристаллов”, - К.: КПИ, 1989.
5. Методические указания к лабораторным работам по курсу “Рентгенография металлов” по разделу “Основные методы рентгеноструктурного анализа”, - К.: КПИ, 1987.
6. В.Т. Бублик, А.Н. Дубровина. Методы исследования структуры полупроводников и металлов. - М.: Металлургия, 1978.- 272 с.
7. Г. Липсон, Г. Стипл. Интерпретация порошковых рентгенограмм. Под ред. Н.В. Белова. - М.: Мир, 1972.- 384 с.
8. Д.М. Хейкер, Л.С. Зевин. Рентгеновская дифрактометрия. Под ред. Г.С. Жданова. - М.: Физматгиз, 1963.- 380 с.
9. Л.И. Миркин. Рентгеноструктурный анализ. Справочное руководство. Получение и измерение рентгенограмм. - М.: Наука, 1976.- 326 с.
- Л.И. Миркин. Рентгеноструктурный анализ. Справочное руководство. Индексирование рентгенограмм. - М.: Наука, 1981.- 496 с.
10. Л.И.Миркин. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. - М.: Физматиздат, 1961.
11. Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков, А.Н. Иванов, Л.Н. Расторгуев. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. - М.: Металлургия, 1982.- 632 с.

До дисципліни «Кристаллографія, кристалохімія та мінералогія»

Основна

1. М.П.Шаскольская. Кристаллография. Москва. Высшая школа, 1976.
2. Г.П.Кушта. Введение в кристаллографию. Львов. Вища школа, 1976.
3. Я.С.Уманский, Ю.А.Скаков, А.Н.Иванов, Л.Н.Расторгуев. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. Москва, Металлургия, 1982.
4. Михайло Куровець. Кристаллографія і мінералогія. Ч.1. Львів, «Світ», 1996.
5. Л.О.Бірюкович. Кристаллографія, кристалохімія та мінералогія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу. – К. ІВЦ, видавництво «Політехніка», 2005. – 36 с.
6. Розин, К. М. Практическая кристаллография / К. М. Розин. М. : Миссис, 2005. - 486 с

До дисципліни “Фізика металів”

Основна

1. Переломова Н.В., Тагиева М.М. Задачник по кристаллофизике, М.: Наука, 1982. – 288 с.
2. Ландау Л.Д. Лившиц Е.М. Теория упругости. Сборник. Теоретическая физика, том VII Москва 1965, (стр. 9-58)
3. Барабаш Р.І. Белоус М.В. Егоров Б.В. Физика металлов, Киев, 1991.
4. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов, М., 1978. 352 с. (Гл.3, 4).

До дисципліни «Фізичні властивості та методи дослідження»

Основна

1. Журавлєв Л.Г., Филатов В.И. Физические методы исследования металлов и сплавов: Учебное пособие для студентов металлургических специальностей. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004, 157 с.
2. Черепин В.Т. Экспериментальная техника в физическом металловедении. – К.: Техника, 1968. - 280 с.
3. Колмаков А.Г., Терентьев В.Ф., Бакиров М.Б. Методы измерения твердости: справ. изд. - М.: Интермет Инжиниринг, 2005. -150 с.

До дисципліни “ Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів ”

Основна

1. Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук. – Київ: НТУУ”КПІ”, 2007. – 353 с.
2. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: учебник для вузов /В.Н.Анциферов, Г.В.Бобров, Л.К.Дружинин и др.–М., Металлургия, 1987.-792с.

Допоміжна

1. Радомысльский И. Д., Напара-Волгина С. Г. Получение легированных порошков диффузионным методом и их использование.–Київ: Наук.думка, 1988.-136с.
2. Нечипоренко О. С., Помосов А. В., Набойченко С. С. Порошки меди и ее сплавов.-М.- Металлургия, 1988.-205с.
3. Сыркин В. Г. Карбонильные металлы.-М.: Металлургия, 1978.-286с.
4. Нечипоренко О. С., Найда Ю. И., Медведовский А. Б. Распыленные металлические порошки.–Київ: Наук.думка, 1980.-238с.
5. Сердюк Г. Г., Свистун Л. И. Технология порошковой металлургии. Часть 1. Порошки: Учебное пособие. – Краснодар: Изд. ГОУВПО КубГТУ, 2005. –240 с.

До дисципліни “Теорія та технологія формування та спікання порошкових і композиційних матеріалів”

Основна

1. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов /В Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин и др. - М., Металлургия, 1987. – 792с.
2. Сердюк Г. Г., Свистун Л. И. Технология порошковой металлургии. Часть 2. Формование порошков: Учебное пособие. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2005. – 160 с.
3. Кипарисов С.С.,Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. - М.; Металлургия, 1980.- 495с.
4. Степанчук А.М. Теорія та технологія пресування порошкових матеріалів. –Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 336 с.

Допоміжна

1. Сердюк Г. Г., Свистун Л. И. Технология порошковой металлургии. Часть 2. Спекание и дополнительная обработка: Учебное пособие. – Краснодар: Изд. ГО УВПО «Куб ГТУ», 2005. – 244 с.
3. Скороход В.В. Реологические основы теории спекания.- Киев: Наук.думка, 1972.-149 с.
4. М.С.Ковальченко Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давления, Киев: Наук. Думка, 1980 - 240с.

До дисципліни “Технологія порошкових та композиційних матеріалів ”

Основна

1. Степанчук А.Н., Билык И.И., Бойко П.А. Технология порошковой металлургии.-К.: Вища школа, 1989.- 415с.
2. Порошковая металлургия и напыленные покрытия. /В.Н.Анциферов, Г.В.Бобров, П.К.Дружинин и др.-М. Металлургия, 1987.- 790с.

Допоміжна

1. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы.-К.: Наукова думка, 1980.-404с.
2. Шибряев Б.Ф. Высокопористые проницаемые материалы.-М.: Металлургия, 1982. – 486 с.
3. Радомысельский И.Д., Сердюк Г.Г., Щербань Н.И. Конструкционные порошковые материалы.-К.: Техника, 1985.-152с.
4. Витрянюк В.К., Степанчук А.Н. Спеченные безвольфрамовые твердые сплавы: Монография. – К.: ЗАО “Випол”, 2011. – 248 с.

До дисципліни «Технологія нанесення та властивості покриттів»

Основна

1. *Порошковая* металлургия и напыленные покрытия / В.Н. Анциферов, Г.В. Бобров, Л.К. Дружинин и др.. –М.: Металургія, 1987. – 792с.
2. *Білик І.І.* Технологія та обладнання напылених покриттів. Навчальний посібник – К.: Політехніка 2002. – 101 с.
3. *Дубовий О.М., Степанчук А.М.* Технологія напылювання покриттів : Підручник. – Миколаїв: НУК 2007. – 236 с.

Допоміжна

1. *Кушик А.Я., Борисов Ю.С.* Газотермическое напыление композиционных порошков. – Л.: Машиностроение, 1985. – 197 с.
2. *Бертенев С.С., Федько Ю.П., Григоров А.Н.* Детонационные покрытия в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1982. – 214 с.
3. *Нанесення покриттів:* /В.М. Корж, В.Д. Кузнецов, Ю.С.Борисов, К.А. Ющенко Навчальний посібник – К.: Арістей, 2005. – 312 с.

До дисципліни “ Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів ” (Для всіх спеціалізацій)

Основна

1. *Степанчук А. М.* Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук. – К.: НТУУ”КПІ”, 2007. – 353 с.
2. *Степанчук А.Н., Билык И.И., Бойко П.А.* Технология порошковой металлургии.– К.: Вища школа, 1989.– 415с.
3. *Порошковая металлургия и напыленные покрытия.* /В.Н.Анциферов, Г.В.Бобров, П.К.Дружинин и др.– М. Металлургия, 1987.–790с.
4. *Степанчук А.М.* Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів.- Киев: Центр учбової літератури , 2016. – 336с.

Допоміжна

1. *Сердюк Г. Г., Свистун Л. И.* Технология порошковой металлургии. Часть 1. Порошки: Учебное пособие. – Краснодар: Изд. ГОУВПО КубГТУ, 2005. – 240 с.
2. *Сердюк Г. Г., Свистун Л. И.* Технология порошковой металлургии. Часть 2. Формование порошков: Учебное пособие. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2005. – 160 с.
3. *Скорород В.В.* Реологические основы теории спекания.– Киев: Наук.думка,1972.– 149 с.
4. *Кипарисов С. С., Либенсон Г. А.* Порошковая металлургия. – М., Металлургия, 1980. – 495с.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Завідувач кафедри МТО	Я.В.Зауличний
Завідувач кафедри ФМ	Є.В.Іващенко
д.т.н., проф.	В.Г. Хижняк
к.т.н., проф.	А.М.Степанчук
к.т.н., доц.	М.М.Бобіна
к.т.н., доц.	В.В.Холявко
к.т.н., доц.	О.І.Дудка
д.т.н., проф.	С.М.Волошко
к.т.н., ст.викл.	М.В.Аршук