

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»



ЗАТВЕРДЖУЮ  
Ректор НУ «Запорізька політехніка»

В.Л.Грешта

2023

**Програма**  
**вступного екзамену до аспірантури**  
**спеціальності 132 «Матеріалознавство»**  
**галузі знань 13 «Механічна інженерія»**  
**всіх форм навчання**

Затверджено  
на засіданні кафедри  
«Фізичне матеріалознавство»  
Протокол від 23.02.23 № 1

Завідувач кафедри

В.Ю. Ольшанецький

2023

Роль матеріалів в сучасній техніці. Класифікація металевих і неметалевих матеріалів. Критерії оцінки та вибору матеріалів.

## РОЗДІЛ I. МЕТАЛОЗНАВСТВО

### *Будова металів*

Металознавство - це наука про властивості металів та сплавів в площині їх складу та структури. Методи дослідження металів та сплавів. Типи зв'язків у твердих тілах.

Металевий тип зв'язку. Атомно-кристалічна будова металів. Типи кристалічних ґраток. Кристалографічні позначення атомних площин та напрямків. Анізотропія металів. Будова реальних кристалів. Види дефектів та їх вплив на властивості металів. Типи дислокацій. Межі зерен. Дислокаційні моделі меж зерен та субзерен. Дифузія (самодифузія) в кристалічному тілі. Дія радіаційного опромінення на структуру та властивості металів. Кристалізація металів. Термодинамічні основи фазових перетворень. Особливості рідкого стану. Утворення та ріст кристалічних зародків. Кінетика кристалізації. Термічні криві охолодження під час кристалізації чистих металів.

Фактори, що впливають на процес кристалізації. Модифікування рідкого металу. Будова металевого зливку. Поліморфні перетворення в металах.

### *Пластична деформація*

Напруження і деформація. Пружна деформація. Пластична деформація моно – та полікристалів. Механізми пластичної деформації. Вплив пластичної деформації на структуру металів. Текстура деформації. Вплив пластичної деформації на властивості метала (наклеп).

### *Вплив нагрівання на структуру та властивості деформованого металу*

Зворот і полігонізація. Первинна кристалізація. Збиральна та вторинна кристалізація. Фактори, що впливають на розмір зерна після рекристалізації. Холодна та гаряча деформація. Вплив нагрівання на властивості деформованого металу.

### *Механічні властивості та конструкційна міцність металів та сплавів*

Стандартні механічні властивості: твердість; властивості, які визначаються при статичному розтягненні; ударна в'язкість; опір втомі. Явище холодноламкості. Теоретична та реальна міцність металів, конструкційна міцність металів. Властивості, що обумовлюють опір металу крихкому раптовому руйнуванню (робота зародження та розповсюдження тріщин, в'язкість руйнування, живучість). Властивості металу, що визначають довговічність виробів (зносостійкість, опір втомі, контактна витривалість). Вплив залишкових напружень на властивості металів та сплавів. Заходи по підвищенню міцності металів.

### *Теорія сплавів*

Сплав, система, компонент, фаза. Правило фаз. Тверді розчини. Хімічні сполуки. Проміжні фази. Фазові суміші. Особливості кристалізації сплавів.

Діаграми стану подвійних систем. Методи побудови діаграми стану експериментальним шляхом. Діаграми стану системи з повною розчинністю компонентів в твердому стані. Евтектична кристалізація. Перетворення в твердому стані. Діаграма стану сплавів з обмеженою розчинністю в твердому стані. Можливість застосування термічної обробки до сплавів з обмеженою розчинністю в твердому стані. Діаграми стану сплавів, компоненти яких мають поліморфні перетворення. Евтектоїдне перетворення в сплавах. Застосування правила фаз та відрізків. Визначення хімічного складу фаз, що знаходяться в рівновазі. Нерівноважна кристалізація. Дендридна ліквідація. Зв'язок між структурою та властивостями. Поняття о діаграмах стану потрійних систем.

### *Залізо та його сплави*

Діаграма стану системи залізо-вуглець. Компоненти, фази і структурні складові сталей та білих чавунів, їх характеристика, умови утворення та властивості. Застосування правила фаз та визначення хімічного складу фаз у відповідності до правила концентрацій на діаграмі залізо-цементит. Діаграма стану системи залізо-графіт.

Вплив вуглецю і постійних домішок на властивості сталі. Класифікація і маркування вуглецевих сталей. Державні стандарти на метали і сплави (ДСТУ).

Фази, що утворюють легувальні елементи в сплавах заліза (тверді розчини, карбіди, інтерметаліди). Вплив легувальних елементів на поліморфізм заліза. Діаграми стану залізо – легувальний елемент і залізо-вуглець-легувальний елемент. Вплив легувальних елементів на властивості ферита та аустеніта. Структурні класи легованих сталей в умовах рівноваги та охолодження на повітрі.

Властивості та призначення чавунів. Діаграма стану залізо-вуглець-кремній. Білий та відбілений чавун. Вплив вуглецю, кремнію та швидкості охолодження на структуру сірого чавуну. Вплив постійних домішок на властивості чавуну. Маркування чавуну. Сірий чавун. Модифікування сірого чавуну. Ковкий чавун. Високоміцний чавун. Легований чавун.

### *Теорія термічної обробки сталі*

Перетворення сталі при нагріванні. Рост зерна аустеніта. Вплив розміру зерна на механічні та технологічні властивості сталей. Вплив легувальних елементів на ріст зерна аустеніта. Перегрівання та перепалювання. Методи визначення розміру зерна аустеніта.

Перетворення переохолодженого аустеніта. Діаграма ізотрмічного розпаду переохолодженого аустеніта. Перлітне перетворення. Продукти перлітного розпаду аустеніта та їх властивості. Вплив легувальних елементів на ізотрмічний розпад переохолодженого аустеніта.

Мартенсит, його будова та властивості. Пластинчатий та рейковий мартенсит. Мартенситне перетворення та його особливості. Вплив легувальних елементів на мартенситне перетворення.

Проміжне перетворення. Будова та властивості продуктів проміжного перетворення аустеніту. Перетворення аустеніту при безперервному

охлажденні. Критична швидкість охолодження та фактори, що впливають на неї. Термокінетичні діаграми перетворення переохолодженого аустеніту.

Перетворення при нагріванні загартованої сталі (відпускання сталі). Вплив температури та тривалості нагрівання на будову і властивості загартованої сталі. Вплив легувальних елементів на перетворення при відпусканні. Зворотня та незворотня відпусканна крихість. Старіння сталі.

### *Технологія термічної обробки сталі*

Загальна характеристика процесу термічної обробки сталі.

Відпалювання I роду. Відпалювання II роду (з фазовою перекристалізацією). Призначення відпалювання. Повне та неповне відпалювання. Ізотермічне відпалювання. Сферодизація.

Нормалізація сталі. Вплив нормалізації на структуру та механічні властивості сталі.

Гартування сталі. Вибір температури гартування. Нагрівання вуглецевих та легованих сталей під гартування. Контрольовані атмосфери. Склад ванн для нагрівання під гартування. Гартівні середовища та вимоги, що до них пред'являються. Гартівні напруження. Способи гартування. Загартованість сталі та фактори, що на неї впливають. Прогартованість сталі. Методи визначення прогартованості. Вплив легувальних елементів, розміру зерна та інших факторів на стійкість переохолодженого аустеніту і прогартованість сталі. Обробка сталі холодом.

Відпускання сталі. Види та призначення відпускання. Технологія проведення відпускання.

Вплив гартування та відпускання на механічні властивості сталі. Поліпшення сталі. Термомеханічне оброблення сталі.

Поверхнєве гартування, його види та область застосування. Сталі із заниженою та регламентованою прогартованістю. Індукційне гартування. Газополуменеве гартування. Гартування із використанням лазера.

Основне обладнання термічних цехів. Механізація та автоматизація термічної обробки. Шляхи заощадження енергетичних ресурсів.

### *Хіміко-термічна обробка сталі*

Фізичні основи хіміко-термічної обробки. Зв'язок між діаграмою стану і структурою дифузійного шару.

Призначення і види цементації. Механізм утворення цементованого шару і його властивості. Цементация в твердому карбюризаторі. Газова цементация. Печі для цементації. Термічна обробка після цементації і властивості цементованих деталей. Области застосування цементації. Нітроцементация сталі.

Азотування сталі. Механізм утворення азотованого шару. Сталі для азотування. Технологія газового азотування сталі. Газове азотування з добавкою вуглеводородних газів. Азотування в рідких середовищах. Властивості азотованого шару. Области застосування азотування. Печі для азотування.

Ціанування сталі. Види ціанування. Сульфоціаніанування сталі.

Дифузійна металізація. Режимы і області застосування.

Види отримання твердих, зносостійких і корозійностійких карбідних і нітридних покриттів.

Охорона праці і техніка безпеки в термічних цехах. Захист навколишнього середовища. Нейтралізація ціаністих солей, масел та інших відходів.

### *Поверхнєве зміцнення наклепом*

Методи поверхневого зміцнення (дробострумінна обробка, обробка роликками та ін.). Вплив поверхневого наклепу на межу витривалості. Застосування поверхневого наклепу в машинобудуванні.

## МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

### *Сталі*

*Конструкційні сталі загального призначення.* Вимоги до конструкційних сталей. Маркування легованих конструкційних сталей. Основи раціонального легування сталей і роль окремих легувальних елементів. Сучасні тенденції в області легування машинобудівних сталей. Листова сталь для холодного штампування. Сталі підвищеної та високої оброблюваності різанням. Низьколеговані сталі. Цементовані, вуглецеві і леговані сталі, їх термічна обробка. Приклади застосування цементованих сталей для типових деталей машин. Поліпшувальні сталі, типові види термічної обробки і області застосування. Пружинні сталі загального призначення. Їх термічна обробка і властивості, області застосування. Шарикопідшипникові сталі та їх термічна обробка. Графітізовані сталі. Високомарганцеві зносостійкі сталі та їх термічна обробка.

Дефекти легованих машинобудівних сталей.

Використання легування для економії металів і підвищення якості продукції.

*Високоміцні мартенситостаріючі конструкційні сталі.* Високоміцні сталі. Склад і будова мартенситостаріючих сталей. Термічна і хіміко-термічна обробка мартенситостаріючих сталей.

*Конструкційні корозійностійкі, жаростійкі сталі і сплави.* Види корозії. Основні принципи створення корозійностійких сталей. Загальна характеристика корозійностійких сталей.

Хромисті неіржавіючі сталі (мартенситного, мартенсито-феритного і феритного класів). Хромонікелеві аустенітні і аустенітно-феритні неіржавіючі сталі. Високоміцні неіржавіючі сталі аустенітно-мартенситного і аустенітного класів. Жаростійкі (окалиностійкі) сталі. Корозійностійкі сплави на нікелевій основі.

*Конструкційні жароміцні сталі та сплави.* Жароміцність. Визначення механічних властивостей при високих температурах. Характеристики жароміцності. Шляхи підвищення жароміцності. Сталі перлітного, мартенситного та мартенситно-феритного класів. Жароміцні сталі аустенітного класу з карбідним і інтерметалідним зміцненням. Области застосування жароміцних сталей. Жароміцні сплави на залізонікелевій і нікелевій основах.

*Інструментальні сталі та сплави.* Класифікація та маркування інструментальних сталей. Вимоги до інструментальних сталей. Сталі високої твердості, що не володіють теплостійкістю. Теплостійкі сталі підвищеної в'язкості. Тверді порошкові сплави для інструменту. Сталі для вимірювального інструменту. Сталі для інструменту холодного деформування. Сталі підвищеної разгаростійкості. Сталі для форм лиття під тиском і пресуванням. Вибір інструментальної сталі.

*Сталі і сплави з особливими фізичними властивостями.*

Магнітом'яккі сплави. Магнітотверді сплави. Сплави із заданими пружними властивостями. Сплави з аномальним тепловим розширенням. Сплави з високим електричним розширенням.

## КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ

*Титан і його сплави.*

Титан і його властивості. Вплив легувальних елементів на структуру і властивості титану. Конструкційні сплави титану, їх властивості та області застосування. Термічна обробка титану і його сплавів.

*Алюміній, магній та їх сплави.*

Алюміній і його сплави. Застосування алюмінію. Алюмінієві сплави. Термічна обробка алюмінієвих сплавів. Захист алюмінієвих сплавів від корозії. Ливарні алюмінієві сплави. Алюмінієві підшипникові сплави. Алюмінієві припої.

*Магній і його сплави.* Ливарні сплави магнію. Деформівні сплави магнію. Термічна обробка магнієвих сплавів. Захист магнієвих сплавів від корозії.

*Мідь і її сплави*

Мідь і її властивості. Застосування міді. Латуні, їх властивості, маркування і застосування. Вплив вмісту цинку на властивості латуней. Корозійна стійкість латуней. Мідні припої.

Бронзи. Деформівні і ливарні бронзи. Бронзи олов'янисті, алюмінієві, крем'янисті, марганцеві, свинцеві та берилієві. Склад і властивості бронз, їх марки і область застосування.

*Цинк, свинець, олово і їх сплави.*

Цинк і його сплави. Олово і його сплави. Припої на олов'янистій і свинцевій основах. Антифрикційні сплави на олов'янистій, свинцевій і цинковій основах. Багатошарові підшипники.

*Тугоплавкі метали і їх сплави.*

Загальна характеристика тугоплавких металів. Молібден та його сплави. Вольфрам і його сплави. Хром і його сплави. Тантал і його сплави. Ніобій і його сплави. Цирконій і його сплави.

*Нові металеві матеріали.*

*Композиційні матеріали.* Розподіл напружень в композиційних матеріалах при різних умовах навантаження. Види композиційних матеріалів. Волокнисті композиційні матеріали. Дисперсійно-зміцнені композиційні матеріали на основі алюмінію, нікелю та інших металів. Композити зі спрямованою кристалізацією евтектики. Шаруваті композиційні матеріали.

*Сплави з «ефектом пам'яті форми». Сплави на основі інтерметалідів. Металеве скло.*

*Конструкційні порошкові матеріали.* Пористі і компактні порошкові матеріали. Антифрикційні сплави на основі порошків системи залізо-графіт і бронза-графіт. Фрикційні сплави на залізній і мідній основах. Фільтри. Конструкційні сплави на основі алюмінію (САС, гранульовані сплави). Порошкові сплави на залізній основі для деталей машин. Економічна доцільність застосування порошкових сплавів.

Основи раціонального вибору металевих матеріалів і методи зміцнення головних деталей машин.

Рекомендовані засоби і методи зміцнення типових виробів для підвищення їх довговічності. Методика раціонального вибору матеріалів і способу зміцнення виробів в залежності від умов і видів навантажень при експлуатації.

Основні види пошкодження деталей машин. Види руйнування: крихке, в'язке, втомне. Деформація деталей машин. Зношування поверхонь, що труться. Механізм процесів зношування. Види зносу.

Корозійне руйнування деталей. Способи запобігання корозійному руйнуванню.

## РОЗДІЛ II. НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

Загальні відомості про неметалеві матеріали. Перспективи застосування неметалевих матеріалів.

*Пластичні маси.* Класифікація полімерних матеріалів. Термопластичні матеріали (термопласти). Терморективні полімери та їх властивості. Фізичний стан полімерів в залежності від температури. Наповнювачі, їх призначення та види. Газонаповнені пластики (паропласт і пінопласти), пластмаси з твердими наповнювачами, порошковими, волокнистими і шаровими.

Властивості і галузі застосування пластмас. Види зв'язуючих і їх властивості. Органічне скло. Властивості і область застосування реактопластів з різними наповнювачами. Композиційні матеріали (карбоволокніти, бороволокніти, органоволокніти).

*Гумові матеріали.* Склад гуми, будова і властивості. Каучуки та їх властивості. Затвердіння (вулканізація) каучуків. Роль наповнювачів в гумах. Властивості і галузі застосування гум.

*Неорганічні матеріали.* Неорганічне скло. Кварцеве скло, безсколкове скло, електроізоляційні і електропровідні скла, піноскло. Стеклокристалічні матеріали.

*Технічна кераміка.* Властивості кераміки в залежності від складу. Застосування кераміки.

*Деревні матеріали.* Деревина та її властивості. Засоби підвищення якості деревини. Фанери. Деревостружкові матеріали і деревесношарові пластики, властивості і області їх застосування.

## РОЗДІЛ Ш. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ І МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВИРОБІВ

Порівняльні дані про вартість вуглецевих сталей в залежності від їх якості і способів виплавки. Дані про вартість сірих, ковких і високоміцних чавунів. Вартість легованих сталей. Вартість кольорових металів. Вартість неметалевих матеріалів. Собівартість різних операцій термічної і хіміко-термічної обробки. Аналіз факторів, що впливають на собівартість термічної обробки. Поняття про методику розрахунку ефективності застосування зміцнювальних процесів з урахуванням довговічності деталей при експлуатації.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Лахтін Ю.М., Леонтьєва В.П. Матеріалознавство. - М: Машинобудування, 1980.
2. Лахтін Ю.М. Металознавство і термічна обробка металів. - М: Металургія, 1983.
3. Гуляєв А.П. Металознавство. - М.: Металургія, 1977.
4. Геллер Ю.А. , Гахштадт А.Г. Матеріалознавство.-М: Металургія, 1983.