

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

На засіданні Вченої ради ДБТУ  
Протокол № 4 від 23.12.2021 року

Голова приймальної комісії  
в.о. ректора \_\_\_\_\_ Р.С. Тихонченко  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р

Гарант освітньо – наукової програми

\_\_\_\_\_ Анатолій АВТУХОВ

**ПРОГРАМА**

вступного фахового іспиту для здобуття ступеня «Доктор філософії»

на основі РВО «Магістр»

Галузь знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність 132 – Матеріалознавство

Освітньо-наукова програма «Матеріалознавство»

Харків 2021

## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Підготовка здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня передбачає розвиток особистісного дослідницького потенціалу, творчого системного мислення, сукупності загальних та професійних компетентностей зі спеціальності 132 Матеріалознавство, ґрунтується на теоретико-експериментальних і науково-методичних принципах фундаментальних та прикладних технічних наук і досліджує закономірності створення нових видів техніки і технологій машинобудування, основними видами яких є: розроблення методів дослідження та оцінювання фізичних, хімічних, технологічних властивостей матеріалів, показників якості та споживчих властивостей матеріалів залежно від їх призначення; встановлення закономірностей зв'язку між показниками різних властивостей матеріалів; конструкційні та технологічні матеріали на основі металів, полімерів і неорганічних сполук; технічні, технологічні і захисні покриття конструкційних та технологічних матеріалів; фізичні та фізико-хімічні явища в об'ємі, робочому шарі і на поверхні деталей та вузлів із різних матеріалів у процесі експлуатації; а також проведення власного наукового дослідження та захист дисертації в предметній області, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення, корисне для промисловості та суспільства.

Вступні випробування до аспірантури проводяться атестаційними комісіями за програмами, затвердженими в.о. ректора ДБТУ. Програму вступного іспиту зі спеціальності 132 «Матеріалознавство» для вступу на навчання за освітньо-кваліфікаційним ступенем доктора філософії складено відповідно до Постанови КМУ від 23.03.2016р. № 261 «Про затвердження Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах)».

### **МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ**

Метою вступного іспиту до аспірантури зі спеціальності 132 Матеріалознавство є виявлення рівня теоретичних знань, практичних умінь та навичок вступників у відповідній галузі, а саме, знань про будову і властивості речовин, що застосовуються у різних галузях, зокрема машинобудуванні, та визначення напряму подальшого спрямування їх теоретичної підготовки та наукових досліджень.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІСТУ ПРОГРАМИ**

Програма визначає обсяг, складові та технологію оцінювання знань вступників під час вступу на навчання третього (освітньо-наукового) рівня освіти за спеціальністю 132 Матеріалознавство. Програма містить теоретичні питання з чотирьох розділів, які відображають окремі аспекти напряму підготовки та інтегрують знання з декількох дисциплін, передбачених програмою підготовки магістрів зі спеціальності 132 «Матеріалознавство» та споріднених спеціальностей, та є фундаментом для засвоєння навчальної програми підготовки здобувачів ступеня доктора філософії й проведення власних наукових досліджень.

## ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

При оцінці знань за основу слід брати повноту і правильність виконання завдань. Загальна оцінка визначається як середня виважена з оцінок відповідей на усі запитання. Оцінювання рівня підготовки, тобто знань і умінь вступника, відбувається на підставі наступних критеріїв:

1. Правильність відповіді;
2. Ступінь усвідомлення програмного матеріалу;
3. Вміння користуватись засвоєним матеріалом.

Результати фахового вступного випробування оцінюються за 100 бальною шкалою з урахування вищезазначених критеріїв за наступною шкалою:

Рівень підготовки	Вимоги рівня підготовки згідно критеріям оцінювання	Бал за 100 бальною шкалою
1	2	3
A	Повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації). Наведені без помилок всі необхідні визначення, формули, розмірності, закони, закономірності, залежності, діаграми, графіки, схеми, тощо. Відповідь має логічну та структурну завершеність, раціональний підхід до викладення відповіді (розв'язання питання), коректно вживані терміни, розкрито основні поняття, наведено всі розмірності фізичних величин, приведено правильний узагальнюючий висновок.	90-100
B	Достатньо повна відповідь. Відповідь може містити 1-2 неточності. Наведено всі необхідні визначення, формули, розмірності, закони, закономірності, залежності, діаграми, графіки, схеми, тощо. Відповідь має логічну структуру, обрано правильний підхід до викладення відповіді (розв'язання питання), коректно вживані терміни, розкрито основні поняття, наведено всі розмірності фізичних величин, приведено правильний узагальнюючий висновок.	82-89
C	Вступник володіє теоретичним навчальним матеріалом для відповіді на поставлені питання; здатний застосовувати вивчений матеріал на рівні стандартних ситуацій; наводити окремі власні приклади на підтвердження певних тверджень; грамотно викладає відповідь, але зміст і форма відповіді мають окремі неточності, припускає 2-3 неprincipові помилки, які вмiє виправити,	74-81

	добираючи при цьому аргументи для підтвердження певних дій.	
D	Не повна відповідь з незначними неточностями та помилками у формулюванні. Відповідь не має логічної завершеності, обрано нераціональний підхід до викладення відповіді (розв'язання питання), відсутні приклади, коректно вживані терміни, але не всі поняття розкрито, наведено всі розмірності фізичних величин, не приведено правильний узагальнюючий висновок	64-73
E	Вступник частково володіє навчальним матеріалом (але не менш 60 % потрібної інформації), здатний логічно відтворити у його частину; виявляє знання і розуміння основних положень навчального матеріалу, але викладає його неповно, непослідовно, припускається неточностей у визначеннях понять, у застосуванні знань для вирішення практичних задач, не вміє доказово обґрунтувати свої думки; завдання виконує, але припускає методологічні помилки.	60-63
FX*	Незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації). Основні визначення, формули, розмірності, закони, закономірності, залежності, діаграми, графіки, схеми не наведені, або наведені, або наведені з помилками. Відповідь не має логічної завершеності, обрано нераціональний підхід до викладення відповіді (розв'язання питання), відсутні приклади, некоректно вживані терміни, не всі поняття розкрито, не наведено всі розмірності фізичних величин, не приведено правильний узагальнюючий висновок.	Менше 60

**\*Рівень підготовки FX є недостатніми для участі у рейтинговому конкурсі на зарахування.**

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

Вступне випробування до аспірантури проводиться у формі усного іспиту відповідно до «Положення про приймальну комісію ДБТУ». Для проведення вступного іспиту формуються окремі групи вступників в порядку надходження (реєстрації) документів. Список допущених до вступного іспиту ухвалюється рішенням приймальної комісії, про що складається відповідний протокол.

Для проведення вступного іспиту утворюється предметна екзаменаційна комісія, яка є підрозділом Приймальної комісії ДБТУ. До складу предметних комісій включаються доктори філософії та доктори наук, які здійснюють наукові дослідження за спеціальністю 132 Матеріалознавство та відповідають за виконання відповідної освітньо-наукової програми. До складу предметних комісій можуть входити також представники інших ЗВО (наукових установ). Головами предметних атестаційних комісій попередньо готуються екзаменаційні білети відповідно до «Програми вступного іспиту зі спеціальності» для вступників на навчання в аспірантурі.

Програма фахових вступних випробувань оприлюднюється засобами наочної інформації на Web-сайті Університету.

Іспит проводиться у строки передбачені Правилами прийому до аспірантури.

На іспит вступник з'являється з паспортом, при пред'явленні якого він отримує екзаменаційний лист, завдання (екзаменаційний білет). Екзаменаційний білет містить завдання, з тем, вказаних у програмі фахових вступних випробувань. Вступник відповідає на них з попередньою підготовкою 2 години в цілому. Користуватися при підготовці друкованими або електронними інформаційними засобами забороняється.

При підготовці відповіді використовуються листи відповіді, які зберігаються після випробування в приймальній комісії.

Результати випробування оцінюються за 100-бальною шкалою за правилами вказаними в розділі «Критерії оцінювання вступних випробувань» і відмічаються у «Листі усної відповіді». Рівень знань вступника за результатами іспиту записується також до екзаменаційної відомості і підтверджується підписами членів комісії. Відомість оформлюється одночасно з «екзаменаційним листом» вступника і передається до приймальної комісії.

### **Програма розроблена авторським колективом у складі:**

Автухов А. К. - доктор технічних наук, доцент завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О.І. Сідашенка;

Тришевський О.І. - доктор технічних наук, професор, професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О.І. Сідашенка;

Ключко О.Ю. - доктор технічних наук, професор, професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О.І. Сідашенка.

# **Розділ 1. МЕТАЛОЗНАВСТВО ТА ПРОЦЕСИ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ**

## **1. ТЕОРІЯ СПЛАВІВ**

### **1.1. Атомна кристалічна будова металів**

Атом. Електронна будова атома. Будова атома і періодична система елементів. Метали. Зв'язок між атомами в твердому тілі. Основні типи кристалічних ґраток металів, їх характеристики. Реальна будова металевих кристалів. Кристалографічні площини і анізотропія властивостей.

Дефекти кристалічної будови металів. Характеристика лінійних та точкових дефектів. Вакансії. Між вузлові атоми. Лінійні, гвинтові та змішані дислокації. Контур та вектор Бюргесра. Густина дислокацій. Атмосфери Котрелла. Об'ємні дефекти кристалічної будови. Поверхневі недосконалості. Границі зерен та субзерен.

Дифузія в металах та сплавах. Закони дифузії. Типи коефіцієнтів дифузії, їх залежність від різних факторів. Самодифузія. Механізм дифузії. Дифузія по границях зерен.

### **1.2. Кристалізація**

Три стани речовини. Енергетичні умови процесу кристалізації. Механізм процесу кристалізації. Вплив переохолодження. Критичний розмір зародка. Несамодовільне утворення центрів кристалізації. Вплив домішок та недосконалостей на процес кристалізації. Форма кристалічних утворень. Будова зливка. Перетворення в твердому стані. Поліморфні перетворення. Магнітне перетворення.

### **1.3. Будова металевих сплавів**

Типи взаємодії компонентів в металевих сплавах. Механічні суміші. Хімічні сполуки. Тверді розчини на базі одного з компонентів сплаву, їх типи та загальні властивості. Тверді розчини на базі хімічних сполук. Впорядковані тверді розчини. Фази Лавеса та інтерметалідні сполуки. Фази впровадження. Електронні сполуки.

Аморфні сплави. Методи отримання, структура, властивості, особливості застосування.

Нанокристалічні сплави. Методи отримання, структура, властивості, особливості застосування.

### **1.4. Діаграми стану**

Загальна характеристика діаграм стану. Методи побудови і зображення подвійних діаграм фазової рівноваги. Правило фаз Гііббса. Правило Мазінга. Правило відрізків. Експериментальна побудова діаграм.

Діаграма з евтектичним перетворенням та обмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані. Діаграма з перитектичним перетворенням. Подвійні діаграми з проміжними фазами. Діаграми стану із стійкими хімічними сполуками. Діаграми стану із нестійкими хімічними сполуками, що утворюються в твердому стані. Діаграми стану з неповною розчинністю або обмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані. Діаграми з поліморфним перетворенням. Деякі

особливості процесів кристалізації сплавів. Система з трьома компонентами. Зв'язок між властивостями сплавів і діаграмою стану.

## **2. МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ І МЕТОДИ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ. БУДОВА ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМОВАНИХ МЕТАЛІВ**

### **2.1. Основи вчення про міцність**

Напруження і деформація. Пружні властивості металів. Види деформації. Пружна і пластична деформація. Робота деформації. Механізм пластичної деформації. Ковзання і двійнікування. Площини і напрями ковзання і двійнікування. Пластичність металу. Опір пластичної деформації. Напружений стан. Руйнування. Види і механізми руйнування. Зароджування тріщин. В'язкість руйнування. Конструкційна міцність. Критерії конструкційної міцності.

### **2.2. Механічні властивості матеріалів**

Класифікація методів механічних випробувань. Значення механічних характеристик в матеріалознавстві. Властивості, що визначаються статичним розтягуванням і властивості, які визначаються при інших статичних методах випробувань. Діаграми розтягування. Деформаційне зміцнення.

Надійність і довговічність. Чистота сталі і її вплив на конструкційну міцність. Повзучість, тривала міцність, релаксація напружень. Витривалість (втомна міцність) металів при циклічних механічних впливах. Термічна втомленість, термічний удар, термостійкість.

### **2.3. Рекристалізація**

Вплив пластичної деформації на властивості металу. Вплив нагрівання на будову та властивості деформованого металу. Рекристалізаційні процеси (Явища повернення та полігонізації. Первинна, збірна та вторинна рекристалізація). Текстура рекристалізації. Зміна структури і властивостей в результаті рекристалізації. Холодна та гаряча обробка тиском.

## **3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ**

### **3.1. Методи дослідження структури і фазового складу**

Металографічні і фрактографічні методи дослідження, оптична і електронна, у тому числі дифракційна мікроскопія (просвічувальний і скануючий електронні мікроскопи). Оптико-математичний аналіз структури. Рентгенівські методи дослідження: структурний та спектральний методи аналізу.

### **3.2. Методи дослідження фізичних властивостей та фазових перетворень у металах і сплавах**

Магнітний і електричний методи аналізу фазових і структурних перетворень. Метод термо ЕРС. Метод ядерного магнітного резонансу. Метод ядерного гамма-резонансу.

### **3.3. Фізичні методи неруйнівного контролю дефектів матеріалів**

Ультразвукова дефектоскопія. Рентгенівська і гамма-дефектоскопія. Метод вихрових струмів. Магнітна і теплова дефектоскопія.

## **4. ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ**

### **4.1. Діаграми стану залізо-вуглець**

Стабільна та метастабільна діаграми стану залізо-вуглецевих сплавів. Компоненти та фази в сплавах заліза з вуглецем. Загальний опис діаграми стану системи залізо – цементит. Формування структури сплавів. Загальний опис діаграми стану системи залізо – графіт.

### **4.2. Вуглецеві сталі**

Вплив вуглецю і постійних домішок. Вуглецева сталь спеціального призначення. Нагартowana сталь. Оброблюваність різанням.

### **4.3. Чавуни**

Процес графітизації. Класифікація чавуну за структурою. Вплив домішок. Структура і властивості чавуну. Білі чавуни. Ковкі та високоміцні чавуни. Термодинаміка та кінетика процесу графітизації. Схеми утворення високовуглецевих сплавів. Графітизуючий відпал. Вплив хімічного складу та режимів термообробки на формування металевої основи чавунів та їх властивості. Модифікування та отримання чавунів з кульковим графітом. Маркування чавунів.

### **4.4. Термічна обробка. Загальні положення**

Значення термічної обробки. Графік температура-час. Основні визначення і класифікація. Термічна обробка і діаграма станів. Основні види термічної обробки сталі. Основні види термічної обробки чавуну.

### **4.5. Теорія термічної обробки**

Фазові перетворення при нагріві. Ріст зерна аустеніту при нагріві. Основна характеристика перетворення переохолодженого аустеніту. Перлітне перетворення. Діаграма ізотермічного розпаду аустеніту для доевтектоїдної, евтектоїдної та заевтектоїдної сталі. Структура та властивості продуктів перетворення. Мартенситне перетворення в сталях. Проміжне перетворення (бейнітне перетворення). Перетворення мартенситу та залишкового аустеніту при нагріві (відпуск сталі). Термічне та деформаційне старіння вуглецевої сталі. Вплив термічної обробки на властивості чавуну.

### **4.6. Практика термічної обробки**

Технологія термічної обробки сталі. Визначення основних процесів термічної обробки сталі. Відпал сталі його різновиди: повний, неповний, дифузійний, ізотермічний, відпал на зернистий перліт. Нормалізація сталі. Гартування сталі. Різновиди режимів гартування: при неперервному охолодженні, переривчастому охолодженні ступінчасте та ізотермічне. Прогартовуваність і загартовуваність сталі. Відпуск сталі. Види відпуску. Перетворення при відпуску. Обробка сталі холодом.

#### **4.7. Поверхнєве гартування сталі**

Поверхнєве гартування при індукційному чи газополум'яному нагріваннях.

#### **4.8. Хіміко-термічна обробка сталі**

Види та призначення. Цементация у твердому карбюризаторі, рідкому і газовому середовищах. Азотування. Ціанування, нітроцементация сталі. Дифузійна металізація. Алітування. Хромування. Силіціювання.

### **5. ЛЕГОВАНІ СТАЛІ ТА СПЛАВИ**

#### **5.1. Вплив легуючих елементів**

Класифікація домішок. Вплив елементів на поліморфізм заліза. Розподіл легуючих елементів в сталі. Розподіл легуючих елементів в чавуні. Вплив легуючих елементів на ферит. Карбідна фаза в легованих сталях. Карбідна фаза в легованих чавунах. Вплив легуючих елементів на ізотермічний розпад аустеніту. Вплив легуючих елементів на мартенситне перетворення і кількість залишкового аустеніту. Вплив легуючих елементів на перетворення при відпусканні.

#### **5.2. Класифікація й маркування легованих сталей та чавунів**

Класифікація за структурою у відпаленому та нормалізованому стані. Класифікація за кількістю легуючих елементів. Класифікація легованих сталей за призначенням. Маркування легованих сталей та чавунів.

#### **5.3. Конструкційні метали і сплави**

Вплив легуючих елементів на механічні властивості. Цементовані конструкційні сталі. Термічна обробка цементованих конструкційних сталей. Покращувані конструкційні сталі. Технологічні режими термічної обробки покращуваної сталі. Відпускна крихкість I та II роду.

#### **5.4. Інструментальні сталі та сплави**

Класифікація інструментальних сталей та сплавів в залежності від використання інструменту. Вуглецеві та леговані сталі: їх призначення та термічна обробка. Швидкоріжучі сталі: їх переваги та особливості термічної обробки. Явище червоностійкості. Штампові сталі. Класифікація за призначенням. Штампові сталі для деформування в холодному стані. Штампові сталі для деформування в гарячому стані. Сталі для вимірного інструменту. Вимоги, що пред'являють до них. Тверді сплави.

#### **5.5. Сталі і сплави з особливими фізичними властивостями**

Жаротривкі сталі і сплави. Нержавіючі сталі. Зносостійкі сталі. Сплави високого опору. Сплави з особливостями теплового розширення. Магнітні сплави.

### **6. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ**

#### **6.1. Алюміній та його сплави**

Алюміній, його властивості та використання в техніці. Класифікація алюмінієвих сплавів. Деформуємі алюмінієві сплави. Сплави, що зміцнюються термічною обробкою. Стандартні позначення режимів термічної обробки. Дуралюміні. Алюмінієві сплави для штампування. Сплави, що не зміцнюються

термічною обробкою. Використання наклепу для їх зміцнення. Вибір сплавів для виробів різного призначення. Ливарні алюмінієві сплави. Класифікація. Стандарти позначення способу лиття.

### **6.2. Магній та його сплави**

Магній, його властивості та використання в техніці. Класифікація магнієвих сплавів та їх маркірування.

### **6.3. Мідь та її сплави**

Властивості та призначення технічної міді. Класифікація мідних сплавів та їх маркірування. Латуні. Склад, будова, властивості та призначення. Бронзи: олов'яні, алюмінієві, кременисті, берилієві. Склад, будова, призначення. Антифрикційні сплави. Вимоги, що пред'являють до них. Антифрикційні бронзи та чавуни. Олов'яні, свинцеві та кальцієві бабіти.

### **6.4. Тугоплавкі метали й сплави**

Структура тугоплавких металів. Фізичні властивості тугоплавких металів та сплавів. Механічні властивості тугоплавких металів. Легування і зміцнення. Основні тугоплавкі метали і сплави на основі ванадію, хрому, ніобію, молібдену, танталу, вольфраму.

## ***Рекомендована література***

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Металловедение и термическая обработка металлов. - М.: Машиностроение, 1990. - 510 с.
2. Мозберг Р.К. Материаловедение. М. : Высш.шк., 1991
3. Гуляев А.П. Металловедение. - 5-е изд. - М.: Металлургия, 1977. -643 с.
4. Бялік О.М., Кіндрачук М.В., Кондратюк С.Є., Черненко В.С. Структурний аналіз металів. Металографія. Фрактографія. К.: Політехніка. – 2006. - 328 с.
5. Адашкин А. М. Материаловедение(металлообработка) М. : Академия, 2003
6. В.І. Гаврилюк. Основи матеріалознавства і ремонтна справа К., Вища школа, 1990.
7. Жадан В.Г., Полухин П.И. и др. Материаловедение и технология металлов. Металлургия, 1994
8. Хільчевський В.В. Кондратюк С.Є. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. К., Либідь, 2002.
9. Исследование структуры высокохромистых чугунов [Текст] / Т. С. Скобло, О. Ю. Ключко, Е. Л. Белкин, А. И. Сидашенко // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2017. - Т. 83, № 5. - С. 27-38 Рябічева Л.О. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів. Луганськ: СНУ ім. Даля , 2013. – 482 с.
10. Дяченко С.С. Фізичні основи міцності та пластичності металів. Харків: Вид.ХНАДУ, 2003. – 226 с.
11. Тимошенко В. А. Матеріалознавство. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010
12. Лифшиц Б.Г. Металлография. - М.: Металлургия, 1971. - 404 с.
13. Effective Technological Process of Crystallization of Turning Rollers' Massive Castings: Development and Analysis / Tamara Skoblo, O. Yu. Klochko, Efim Belkin, Alexandr Sidashenko // International Journal of Mineral Processing and Extractive Metallurgy. - 2017. - № 2(3). - P. 34-39
14. Напряжения и деградация структуры, формируемые в насосно-компрессорных трубах при эксплуатации: монография / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, И.Н. Рыбалко; под ред. Т.С.Скобло. - Харьков: ООО „ПромАрт”, 2018. - 152 с.
15. Шведков Е.Л. Элементарная математическая статистика в экспериментальных задачах материаловедения. К.: Наукова думка, 1975.

16. Касатонов В.Ф. Термическая обработка и очистка поковок. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982
17. Сидоренко В.Д. Применение индукционного нагрева в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1980
18. Производство поверхностно-закаленных рельсов с нагрева токами высокой частоты. Технологии производства и упрочнения. Оборудование. Теоретические основы процессов нагрева ТВЧ и охлаждения. Конструкционная прочность. Эксплуатационные испытания. Повреждаемость рельсов в пути. Неразрушающий контроль качества.: монография / Т. С. Скобло, В. Е. Сапожков, А. И. Сидашенко. - Харьков : ПромАрт, 2018. - 562 с.
19. Цап І. В. Металознавство і термічна обробка зварних з'єднань. Івано-Франківськ. ІФНТУНГ, 2010
20. Теоретические и экспериментальные основы прогнозирования структурообразования, свойств высокоуглеродных легированных сплавов: монография / Т. С. Скобло, О.Ю. Ключко, А.И. Сидашенко, Е.Л. Белкин. Харьков: Діса плюс, 2019. 278с.
21. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; Под ред. В.Г. Сорокина. - М.: Машиностроение, 1989. - 640 с.
22. Корпусні деталі з чавунів та їх якісні показники: монографія / Т. С. Скобло, О. І. Сідашенко, О. В. Сайчук. - Харків : Діса плюс, 2019. - 282 с.
23. Туфанов Д.Г. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей и чистых металлов. - М.: Металлургия, 1973. - 352 с.
24. Скалли Д. Основы учения о коррозии и защите металлов. - М.: Мир, 1978.-220 с.
25. Савицкий Е.М., Бурханов С.Г. Металловедение сплавов тугоплавких и редких металлов. - М.: Наука, 1971. - 352 с.
26. Глейтер Г., Чалмерс Б. Большеугловые границы зерен / Пер. с англ. -М.: Мир, 1975.-375с.
27. Колачов Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. - М.: Металлургия, 1981.-416 с.
28. Структура и коррозия металлов и сплавов: Справочник / Под ред. Е.Т. Ульянина. - М.: Металлургия, 1989. - 400 с.
29. Рахштадт А.Г. Пружинные стали и сплавы. - М.: Металлургия, 1971. -495 с.
30. Потак Я.М. Высокопрочные стали. - М.: Металлургия, 1972. - 208 с.
31. Материаловедение / Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. -М.: МГТУ им. Баумана, 2002. - 450с.
32. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. - М.: Металлургия, 1978.-860 с.
33. Векслер Ю.Г. Жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы. М.: Металлургия, 1980. 275с.
34. Прецизионные сплавы: Справочник/Под ред. Б.В. Молотилова. М.: Металлургия, 1974. 446 с.
35. Кузін О.А., Яцюк РА. Металознавство та термічна обробка металів. Львів: Афіша, 2002. 304 с.
36. Металознавство і термічна обробка металів і сплавів, Ю.М. Таран, Є.П. Калінушкін та інші – Дніпропетровськ.: Дніпрокнига, 2002. – 360с.
37. Винокур Б.Б., Пилюшенко В.Л., Касаткин О.Г. Структура конструкционной легированной стали. - М.: Металлургия, 1983. - 216 с.
38. Симе Ч., Хагель В. Жаропрочные сплавы / Пер. с англ. - М.: Металлургия, 1976. - 568 с.
39. Бокштейн С.З. Строение и свойства сплавов. - М.: Металлургия, 1971.-496 с.
40. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов и сплавов. - М.: Металлургия, 1986. – 478 с.
41. Уманский Я.С., Скаков А.А. Физика металлов. - М.: Атомиздат, 1978.
42. Захарченко Э.В., Левченко М. и др. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом. – К.: Наук. думка, 1986.
43. Неижко Н.Г. Графитизация и свойства чугуна. – К.: Наук. думка, 1989.
44. Крагельский И.В. Трение и износ. - М.:Машиностроение, 1968.

45. Бернштейн М.Н., Займовский В.А. Механические свойства металлов. – М.: Металлургия, 1979.
46. P. Marcus. Corrosion mechanisms in theory and practice. - Marcel Dekker, 2002.
47. Mechanical behaviour of materials, M.A Meyers and K.K. Chawla, Cambridge University Press (2008).
48. Corrosion Engineering: Principles and Practice, P. Roberge, Mc Graw Hill ( 2008)
49. Surface Engineering for Enhanced Performance against Wear, M. Roy, Springer (2013)
50. Р. Т. Боднар, В. Т. Камінський, І. С. Кісіль [та ін.]. Фізичні основи неруйнівного контролю: навч. посіб. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013.
51. М.О.Карпаш, Є.Р.Доценко та інші. Неруйнівні методи визначення фізико-механічних характеристик металоконструкцій тривалої експлуатації: монографія. Івано-Франківськ, 2010.

## **Розділ 2. НЕМЕТАЛЕВІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, ПОЛІМЕРИ І ПЛАСТИЧНІ МАСИ**

### **1. Полімерні матеріали і пластичні маси**

Класифікація полімерних матеріалів. Структура та методи отримання полімерів. Фазові і фізичні стани полімерів. Особливості механічних властивостей полімерів, обумовлені їх будовою.

Пластичні маси на основі термопластичних полімерів. Пластичні маси на основі термореактивних полімерів.

### **2. Неметалеві композиційні матеріали**

Вуглець та його модифікації. Переробка для отримання композиційних матеріалів. Аморфні сплави. Будова, властивості і види технічного скла та ситалів. Технічна кераміка, вогнетривкі та конструкційні керамічні матеріали. Композити на металевій матриці. Композити на полімерній матриці.

Високоміцні і високомолекулярні волокна (органічні, силікатні, металічні). Армовані і наповнені металополімерні матеріали та вироби з них. Склопластики, деревосклопластики, вуглепластики та боропластики. Властивості, методи виготовлення та галузі застосування. Волокнисті композиційні матеріали. Структура та властивості.

### ***Рекомендована література***

1. Композиционные материалы, в 8-ми томах / под ред. Л. Браутмана и Р. Крока. Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1978.
2. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г., Материаловедение. – М.: Металлургия, 1989. – 455 с.
3. Физическое материаловедение, под ред. Р. Кана. – М. – Металлургия, 1987. – 1-3т.
4. Иванова В.С. Металлы, упрочненные волокнами / В.С.Иванова, И.М.Копьев и др. К.: Наука, 1974
5. Уитон Дж. Волоконные композиционные материалы / Дж.Уитона и Э.Скала. Пер. англ. - М. Металлургия 1978
6. Белый В.А. Металлополимерные материалы и изделия / Под ред. В.А.Белого, - М. Химия, 1979.
7. Гуль В.Е. Структура и прочность полимеров / Гуль В.Е. - М.: Химия, 1978

## Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЇ НАНОМАТЕРІАЛІВ

### 1. Наноструктурні матеріали

Поняття про наддисперсний стан речовини, наноструктурні матеріали та специфіку технології їх виготовлення.

Наноструктурні системи. Загальна характеристика наноструктурних систем: кристалічна будова, фундаментальні властивості.

Класифікація дисперсних систем за середнім характерним розміром елементів структури: грубодисперсні, тонкодисперсні та надтонкодисперсні (ультрадисперсні). Нанодисперсні системи. Основні параметри геометричної структури. Класифікація наноструктурних систем за топологічними ознаками. Розмірний ефект в наноструктурних матеріалах. Розмірний ефект в діелектриках і магнетиках.

Механічні, термічні, електричні, магнітні, оптичні та акустичні властивості наноматеріалів.

Атомна структура і структурна модель наноматеріалів. Фундаментальні характеристики і властивості наноструктурних матеріалів.

### 2. Нанотехнології

Методи та процеси отримання наноструктурних матеріалів. Процеси, що базуються на топохімічних реакціях.

Методологічні засади досліджень наноматеріалів. Стійкість наноструктур до зовнішньої дії. Еволюція наноструктур при нагріванні. Основні області практичного використання наноматеріалів.

### *Рекомендована література*

1. Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник /Азаренков М.О., Неклюдов І. М. та ін. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 316 с.
2. Введение в нанотехнологии: текст лекций для студентов инженерных специальностей дневной и заочной форм обучения / А.И. Грабченко, Л.И. Пупань, Л.Л. Товажнянский. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – 272 с.
3. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.
4. Скороход В.В., Уварова І.В., Рагуля А.В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах. – Київ: Академперіодика, 2001. – 180 с.
5. Применение нанотехнологий в машиностроении /Т.С. Скобло, А. И. Сидашенко, А. В. Тихонов, А. А. Гончаренко, А. Д. Мартыненко, С. П. Романюк, А. В. Плугатарев, Т. В. Мальцев, Н. Н. Рыбалко // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2019. - № 15. - С. 19-30.
6. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовский В.Л. Кластерные и наноструктурные материалы. Том 1 – Киев: издательский дом «Академперіодика», 2001. – 508 с.
7. Ребиндер П.А. Дисперсные системы. Краткая химическая энциклопедия. – т.1. – Москва: Советская энциклопедия, 1961. – С. 1151 – 1152.
8. Непійко С.А. Физические свойства малых металлических частиц. – Киев: Наукова думка, 1985. – 248 с.
9. Морохов І.Д., Трусов Л.І., Лаковок В.Н. Физические явления в ультрадисперсных средах. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 244 с.
10. Наноматериалы и нанотехнологии / В. М. Анищук, В. Е. Борисенко, С. А. Жданюк и др.; под ред.: В. Е. Борисенко, Н. К. Толочко. – Минск: Изд-во БГУ, 2008. – 372 с.

11. Наноматериали, нанопокриття, нанотехнології: учеб. пособие / Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др. – Харьков: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. –209 с.

12. Nanostructured ZrO<sub>2</sub> ceramic PVD coatings on Nd-Fe-B permanent magnets [Text] / A. Taran, I. Garkusha, V. Taran, A. Timochenko, I. Misiruk, V. Starikov, A. Baturin, T. S. Skoblo, S. Romaniuk, A. Q. Mamalis // Nanotechnology Perceptions. - 2019. - Vol. 15, No. 1 March. - P. 13-20.

13. Спосіб нанесення багат шарових нанопокриттів / Т. С. Скобло, С. П. Романюк, О. І. Сідашенко, І. Є. Гаркуша, В. С. Таран, Ю. М. Незовибатько ; власник: С. П. Романюк. - № u 2015 01556 ; Заявл. 23.02.2015 ; Опубл. 10.07.2015, Бюл. № 13.

14. Complex evaluation of structural state degree of strengthening nanocoatings [Text] / T. S. Skoblo, S. Romaniuk, A. Sidashenko, V. S. Taran, A. V. Taran, I. I. Dorozhko, N. N. Pilgui // Problems of atomic science and technology. Series: Plasma Physics. - 2019. - Vol. 119, Issue 1. - P. 225-228.

## **Розділ 4. ТЕОРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ**

### **1. Значення захисних покриттів для різних областей техніки**

Завдання які вирішуються з використанням напиленних покриттів. Класифікація покриттів. Газотермічні і вакуумно-конденсаційні покриття. Загальна характеристика способів нанесення покриттів. Класифікація газотермічних способів напилення. Електродугова металізація. Загальні закономірності електродугової металізації. Електрична дуга, як джерело нагріву розпиляемого матеріалу. Газополум'яне напилення. Плазмове напилення. Утворення і склад низькотемпературної плазми. Плазмовий струмінь як джерело нагріву напиляємих частинок. Знаходження вихідних характеристик плазмового струменя. Зміна вихідних характеристик плазмового струменя. Загальні закономірності детонаційно-газового напилення. Механізм детонаційно-газового перетворення. Кінетика детонаційно-газового перетворення. Прискорення частинок при детонаційно-газовому напиленні.

### **2. Модифікування структури захисних покриттів**

Мета та завдання які вирішуються модифікуванням структури покриттів. Види модифікуючих домішок: вторинна сировина (детонаційна шихта), шлаки, стружки, спеціальні карбіди, нітриди, оксиди, алмазні фракції. Вплив модифікування на структуру і властивості покриттів. Технологічні процеси.

### **3. Газотермічне напилення**

Основні стадії газотермічного напилення. Нагрів і прискорення частинок матеріалів в газовому струмені. Зміна температури і швидкості газового потоку і частинок, що напилюються.

Взаємодія частинок з напилюваною поверхнею. Процеси які проходять в зоні контакту. Умови формування покриття в різних точках плями напилення. Фігура напилення. Особливості формування структури покриття та її характеристика. Причина утворення і характеристика дефектів структури.

### **5. Вакуумно конденсаційне напилення**

Класифікація способів вакуумно конденсаційного напилення. Фізико-хімічні основи процесу випаровування чистих металів, сплавів і сполук. Катодне розпилення. Формування потоку напиляємих частинок. Атомарний,

молекулярний, іонізований та змішані потоки. Наявність в паровому потоці агрегатів атомів, молекул і капельної фази. Енергія напилених частинок. Способи її збільшення. Характеристика розміру кристалів та вплив на форму температури поверхні і дифузійної активності атомів.

## **6. Композиційні електрохімічні покриття**

Загальна характеристика композиційних електрохімічних покриттів. Стадії утворення. Умови росту металевої матриці та вплив на процес параметрів роботи (струм, концентрація, температура та ін.). Формування структури покриття та його властивості.

### ***Рекомендована література***

1. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин: навчальний посібник. Т. 1 / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т. С. Скобло и др. - Харків : Пром-Арт, 2018. - 416 с.
2. Палеха К.К. Физико-химические основы нанесения покрытий. К.: УМК ВО, 1992, 224 с.
3. Применение шлакообразующих смесей при производстве и реновации изделий: моногр. / Т. С. Скобло и др.; под ред. Т. С. Скобло. - Х. : Полосатая типография, 2016. - 284 с.
4. Дубовий О.М., Степанчук А.М. Технологія наплення покриттів: Підручник. – Миколаїв: НУК, 2007. – 236 с.
5. Повышение стойкости поршневых колец многослойным ионно-плазменным покрытием / Т. С. Скобло, А. И. Сидашенко, Т. В. Мальцев, А. В. Таран, Р. М. Муратов // Технология машиностроения. - 2019. - № 3. - С. 24-31.
6. Assessment of the properties of hardened by nanocoating oil scraper piston rings by an optic-mathematical method [Text] / T. S. Skoblo, A. Sidashenko, T. V. Maltsev, Volodymyr Romanchenko // Problems of Tribology. - 2019. - Vol. 92, № 2. - P. 20-24.
7. Упрочнение режущего инструмента покрытиями [Текст] / Т. С. Скобло, С. П. Романюк, А. И. Сидашенко, Р. М. Муратов // Металознавство та термічна обробка металів. - 2015. - № 3 (70). - С. 44-50.
8. Особенности структурообразования при модифицировании покрытий для деталей из дисперсионно-упрочненных сталей / Т. С. Скобло, А. И. Сидашенко, С. П. Романюк и др. // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2019. - Т. 55, № 6. - С. 96-103.
9. Оцінка властивостей зміцнення нанопокриття маслороз'ємних поршневих кілець оптико-математичним методом / Т. С. Скобло, О. І. Сідашенко, Т. В. Мальцев // Problems of Tribology. - 2019. - Vol. 92, No. 2. - С. 20-24.
10. Specific Features of Wear of Oil-Scraper Piston Rings with Tin Coatings in Bench Tests for Friction and Wear / Tamara Skoblo, Alexandr Sidashenko, E. A. Satanovskii, A. K. Oleinik, T. V. Mal'tsev // Materials Science. - 2018. - Vol. 53, Issue 4. - P. 501-507.
11. Повышение износостойкости упрочненных и восстановленных деталей покрытием с применением модифицирования вторичным сырьем / Т. С. Скобло, Л. В. Омельченко, А. И. Сидашенко, С. П. Романюк, А. К. Олейник // Проблеми трибології. 2017. № 3. С. 51-55.
12. Исследование влияния УДА при восстановлении и упрочнении деталей узлов топливной аппаратуры / Т. С. Скобло, О. Ю. Ключко, А. И. Сидашенко, А. В. Плугатарев, А. К. Олейник // Проблеми трибології. - 2015. - № 1. - С. 106-111.
13. Спосіб одержання зносостійких електролітичних покриттів, зміцнених наночастинками / Т. С. Скобло, О. Ю. Ключко, А. В. Плугатарев та інші. - № у 2014 08166; Заявл. 18.07.2014 ; Опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1.