

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни

«ПОРОШКОВІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ»

для студентів денної та заочної форм навчання

спеціальності G10 «Металургія»

Затверджено редакційно–
видавничою радою університету, протокол
№ 2 від 26.06.2025 р.

Харків
НТУ «ХП»

2025

Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Порошкові композиційні матеріали» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю G10 «Металургія» /уклад. Т.В. Берлізева –Х.:НТУ «ХП», 2025 – 24 с.

Укладач: Т. В. Берлізева

Рецензент: Акімов О. В.

Кафедра «Ливарне виробництво»

ВСТУП

Самостійна робота студента – це навчальна діяльність студента, яка планується, виконується за завданням під методичним керівництвом і контролем викладача, але без його прямої участі. Самостійна робота здобувача вищої освіти, яка є суттєвим елементом освітнього процесу, формує навички безперервної освіти та самостійної роботи в цілому, що є необхідним в будь – якій професійній діяльності, виробляє здатність самостійно приймати рішення

Програмою курсу «Порошкові композиційні матеріали» передбачено виконання самостійної поза аудиторної роботи здобувачів освіти. Під час вивчення запропонованих питань здобувачі освіти вчаться працювати з інформаційними джерелами, узагальнювати та стисло викладати вивчений матеріал. Запропоновані форми виконання самостійної роботи сприяють формуванню творчого відношення до навчальної діяльності.

Процес виконання самостійної роботи можна умовно поділити на такі етапи:

- 1) пошук та опрацювання рекомендованих інформаційних джерел;
- 2) узагальнення отриманої інформації у вигляді схем, конспектів, тез, таблиць;
- 3) самоперевірка отриманих знань;
- 4) виконання контрольних робіт

1 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Тема 1. Класифікація та загальні властивості порошкових матеріалів

Мета. Систематизувати знання про основні види порошків, їхні характеристики та роль у формуванні властивостей кінцевого матеріалу.

Завдання:

1. Скласти розширену класифікацію порошкових матеріалів за:
 - Хімічним складом (металеві, керамічні, полімерні, гібридні).
 - Розміром частинок (макро-, мікро-, нанопорошки).
 - Формою частинок (сферичні, дендритні, пластинчасті, неправильні).
 - Призначенням (конструкційні, функціональні, інструментальні).
2. Описати вплив розміру та форми частинок на насипну густину, текучість, пресованість та спікливість порошку. Наведіть конкретні приклади.
3. Наведіть порівняльну таблицю властивостей порошків, отриманих різними методами (наприклад, розпиленням, відновленням, електролізом, механічним подрібненням).

Контрольні запитання:

- Чому порошкова металургія дозволяє отримувати матеріали, які неможливо створити традиційними методами?
- Які основні переваги порошкових матеріалів порівняно з литими або деформованими?
- Охарактеризуйте поняття "активність порошку" і її вплив на спікання.

Тема 2. Методи отримання металевих та керамічних порошків (4-6 годин)

Мета: Детально вивчити принципи та технологічні особливості основних методів отримання порошків.

Завдання:

1. Охарактеризувати основні методи отримання **металевих порошків:**

- **Розпилення розплаву** (газом, водою). Описати переваги та недоліки, вплив на форму частинок.
- **Відновлення оксидів** (наприклад, воднем, CO). Принцип, особливості структури порошків.
- **Електроліз**. Принцип, особливості форми та розміру частинок.
- **Механічне подрібнення** (диспергування, помел). Для яких матеріалів застосовується, обмеження.

2. Охарактеризувати основні методи отримання **керамічних порошків**:

- **Методи хімічного синтезу** (соль-гель процес, осадження).
- **Механоактивація** (для отримання нанопорошків).

3. Вибрати 2-3 методи отримання порошків для конкретного матеріалу (наприклад, для міді, нержавіючої сталі, карбіду вольфраму) та обґрунтувати вибір.

Контрольні запитання:

- Як метод отримання порошку впливає на його гранулометричний склад та чистоту?
- Які фактори визначають вибір методу отримання порошку для конкретного матеріалу?
- Опишіть особливості отримання нанопорошків.

Тема 3: Формування порошкових заготовок (пресування та інші методи)

Мета: Вивчити принципи та технологічні аспекти формування "сирих" заготовок, їхні властивості.

Завдання:

1. Детально описати процес одноосного пресування порошків:
 - Механізми ущільнення при пресуванні.
 - Схеми пресування (одностороннє, двостороннє, з плаваючою матрицею).
 - Вплив тиску пресування на густину та міцність пресовки. Побудувати уявний графік.
2. Охарактеризувати ізостатичне пресування (холодне та гаряче):
 - Принцип, переваги порівняно з одноосним.

- Де застосовується.
- 3. Описати інші методи формування:
 - Екструзія порошків.
 - Литво порошків (суспензійне, шлікерне).
 - Інжекційне лиття порошків (РІМ) – сучасний та високоточний метод.
- 4. Проаналізувати роль мастильних добавок та пластифікаторів при пресуванні.

Контрольні запитання:

- Чому пресовка має "сиру" міцність?
- Які дефекти можуть виникнути при пресуванні порошків і як їх уникнути?
- У чому полягає основна перевага ізостатичного пресування для складних деталей?

Тема 4: Теоретичні основи та кінетика спікання

Мета: Глибоко зрозуміти фізичні основи та механізми процесу спікання, що є ключовим етапом у порошковій металургії.

Завдання:

1. Детально описати рушійні сили спікання (надлишкова поверхнева енергія).
2. Проаналізувати основні механізми масопереносу при спіканні (поверхнева, об'ємна дифузія, дифузія по межах зерен, в'язка течія, випаровування-конденсація). Охарактеризувати їхній внесок в ущільнення та ріст зерен.
3. Охарактеризувати стадії спікання (початкова, проміжна, кінцева) з точки зору морфології пор та усадки.
4. Проаналізувати вплив основних факторів на процес спікання:
 - Температура та час.
 - Спікувальне середовище (вакуум, водень, інертні гази).
 - Властивості порошку (розмір частинок, активність, чистота).
 - Наявність добавок (активатори, інгібітори).
5. Описати особливості рідкофазного спікання та його переваги.

Контрольні запитання:

- Який механізм масопереносу є домінуючим на кожній стадії спікання?
- Як пористість впливає на кінетику спікання?
- Які переваги та недоліки різних спікувальних середовищ?
- Що таке "активоване спікання"?

Тема 5: Металеві композиційні матеріали

Мета: Вивчити класифікацію, методи отримання та властивості металевих композитів.

Завдання:

1. Скласти класифікацію металевих композиційних матеріалів (МКМ) за типом армування (дисперсно-зміцнені, волокнисті, шаруваті, часткові).
2. Детально описати методи отримання МКМ порошкової металургії:
 - Механічне легування (механосплавлення): Принцип, переваги для отримання наноструктурних та дисперсно-зміцнених матеріалів.
 - Спікання сумішей порошків: Особливості, проблеми сегрегації.
 - Гаряче ізостатичне пресування (ГІП) для МКМ.
3. Розглянути конкретні приклади МКМ:
 - Дисперсно-зміцнені сплави (наприклад, ODS-сплави на основі нікелю/алюмінію): склад, властивості, застосування.
 - Композити на основі легких металів (Al, Mg) з керамічними частинками/волокнами (SiC, Al₂O₃): технології отримання, властивості, застосування.
 - Композити на основі міді (наприклад, з графітом, зносостійкі матеріали): властивості, застосування.

Контрольні запитання:

- У чому полягає головна перевага МКМ над традиційними сплавами?
- Які виклики виникають при отриманні МКМ порошковими методами (наприклад, неоднорідність, взаємодія фаз)?
- Опишіть особливості отримання функціонально-градієнтних МКМ.

Тема 6: Керамічні композиційні матеріали (кермети) (4-6 годин)

Мета: Вивчити особливості металокерамічних матеріалів, їхні властивості та застосування.

Завдання:

1. Охарактеризувати поняття "кермет" та його основні компоненти (керамічна фаза, металева зв'язка).
2. Детально описати технологію отримання **твердих сплавів** (наприклад, WC-Co, TiC-Ni):
 - Приготування порошків.
 - Пресування.
 - Рідкофазне спікання (особливості та процеси).
3. Проаналізувати вплив вмісту зв'язувальної фази на властивості твердих сплавів.
4. Розглянути інші види керметів:
 - Оксидні кермети (наприклад, Al_2O_3 -Ti).
 - Кермети на основі нітридів та боридів.
5. Описати сфери застосування керметів, пояснивши, чому вони є оптимальним вибором для даних умов.

Контрольні запитання:

- Чому тверді сплави мають таку високу твердість та зносостійкість, поєднуючи їх з певною в'язкістю?
- Які проблеми можуть виникнути при спіканні твердих сплавів?
- Які відмінності між твердими сплавами та дисперсно-зміцненими металами?

Тема 7: Композити з полімерною та вуглецевою матрицею (оглядово)

Мета: Ознайомитися з основами отримання та застосування композитів, де порошкові методи можуть бути використані для виготовлення металевих або керамічних наповнювачів чи створення гібридних структур.

Завдання:

1. Описати основні види полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) та їхню класифікацію за типом матриці та наповнювача.
2. Розглянути роль металевих або керамічних порошків як наповнювачів у полімерних композитах:
 - Для покращення механічних властивостей (жорсткості, міцності).
 - Для надання функціональних властивостей (електропровідності, теплопровідності, магнітних властивостей, поглинання випромінювання).
3. Коротко охарактеризувати вуглецеві композиційні матеріали (наприклад, вуглець-вуглецеві композити) та їхні особливості.
4. Наведіть приклади застосування ПКМ та ВКМ.

Контрольні запитання:

- Як впливає форма та розмір порошкових наповнювачів на властивості полімерного композиту?
- Які особливості зв'язування порошкових наповнювачів з полімерною матрицею?
- Які переваги вуглець-вуглецевих композитів для високотемпературних застосувань?

Тема 8: Адитивні технології (3D-друк) в порошковій металургії

Мета: Детально вивчити сучасні адитивні технології, їхні можливості та вимоги до порошкових матеріалів.

Завдання:

1. Проаналізувати принципи роботи та технологічні особливості методів 3D-друку металевих деталей:
 - Селективне лазерне спікання (SLS) / плавлення (SLM).
 - Електронно-променеве плавлення (EBM).
 - Струменеве склеювання (Binder Jetting) з подальшим спіканням/просоченням.
2. Виділити особливі вимоги до порошків для 3D-друку (форма, гранулометричний склад, текучість, хімічна чистота, абсорбційна здатність до лазера). Пояснити, чому ці вимоги є критичними.
3. Розглянути переваги та обмеження адитивних технологій порівняно з традиційною порошковою металургією та литтям.

4. Наведіть приклади застосування деталей, виготовлених 3D-друком з порошків, у різних галузях промисловості.

Контрольні запитання:

- Чому сферична форма порошку є бажаною для SLM/EBM?
- Як 3D-друк дозволяє створювати складні геометрії, недосяжні іншими методами?
- Які етапи обробки "зелених" деталей після Binder Jetting?
- Які матеріали найчастіше використовуються для 3D-друку металевих виробів?

Тема 9: Контроль якості та сфери застосування порошкових та композиційних матеріалів

Мета: Ознайомитися з методами контролю якості та різноманітними сферами застосування ПКМ.

Завдання:

1. Систематизувати методи контролю якості порошкових матеріалів (вхідний контроль).
2. Систематизувати методи контролю якості готових виробів з ПКМ (мікроструктурний аналіз, визначення густини, механічні випробування, неруйнівний контроль).
3. Охарактеризувати основні дефекти, що можуть виникнути у ПКМ на різних стадіях виробництва, та методи їх виявлення.
4. Підготувати презентацію або реферат на тему: "Застосування порошкових та композиційних матеріалів у _____ промисловості" (вибрати одну з галузей: автомобільна, аерокосмічна, медична, електроніка, інструментальна). Включити конкретні приклади деталей, матеріалів та їхніх переваг.

Контрольні запитання:

- Які методи дозволяють визначити пористість готового виробу?
- Чому неруйнівний контроль є важливим для критично відповідальних деталей з ПКМ?
- Наведіть приклади, коли використання ПКМ є економічно вигіднішим, ніж традиційні матеріали.

Тема 10: Сучасні та перспективні порошкові та композиційні матеріали

Мета: Ознайомитися з новітніми розробками та майбутніми напрямками розвитку ПКМ.

Завдання:

1. Наноструктурні порошкові матеріали:

- Особливості отримання нанопорошків.
- Вплив нанорозміру на властивості матеріалів (ефект Холла-Петча, підвищення міцності).

- Приклади застосування (нанокомпозити, функціональні покриття).

2. Функціонально-градієнтні матеріали (ФГМ):

- Принцип створення та ціль.
- Методи отримання ФГМ порошковими методами.
- Приклади та застосування (матеріали з змінюваною твердістю, термобар'єрні покриття).

3. Високоентропійні сплави (ВЕС):

- Що таке ВЕС, їхні особливості.
- Роль порошкової металургії в отриманні ВЕС.
- Потенційні переваги та застосування.

4. Композити з вуглецевими нанотрубками (ВНТ) та графеном:

- Як ВНТ/графен можуть покращити властивості ПКМ.
- Виклики при їхньому введенні та розподілі.
- Перспективи застосування.

5. Підготувати короткий реферат або презентацію (5-7 слайдів) на одну з цих підтем, вибравши її на власний розсуд.

Контрольні запитання:

- Чому використання нанопорошків створює нові виклики для технології спікання?
- Які переваги ФГМ перед традиційними двошаровими покриттями?
- У чому полягає унікальність властивостей високоентропійних сплавів?

- Які проблеми потрібно вирішити для широкого впровадження ВНТ/графену в промислові ПКМ?

4. Вимоги до оформлення результатів самостійної роботи

Залежно від завдання, результати самостійної роботи можуть бути представлені у вигляді:

- **Письмового конспекту:** Чітко структурований виклад опрацьованого матеріалу, з виділенням ключових понять, схем та таблиць.
- **Таблиць порівнянь:** Для систематизації інформації.
- **Розрахунків та графіків:** Для розв'язання задач або ілюстрації залежностей.
- **Реферату:** З розширеним викладом обраної теми (обсяг 5-10 сторінок друкованого тексту, включаючи список літератури). Має бути вступ, основна частина, висновки, список джерел.
- **Презентації:** (5-10 слайдів) з ключовими тезами, ілюстраціями та діаграмами.

Загальні вимоги:

- **Чіткість та логічність:** Виклад матеріалу має бути послідовним та логічним.
- **Грамотність:** Відсутність орфографічних, пунктуаційних та стилістичних помилок.
- **Посилання на джерела:** Обов'язкове зазначення використаної літератури та інформаційних ресурсів.
- **Використання ілюстрацій:** Схеми, рисунки, графіки, фотографії (з підписами) для кращого сприйняття.

2 ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Однією з форм самостійної роботи здобувача вищої освіти є виконання домашніх контрольних робіт, передбачених навчальним планом. Ці рекомендації допоможуть студентам заочної форми навчання організувати їх самостійну роботу.

Номер варіанту контрольної роботи відповідає порядковому номеру за списком студентів. Домашня контрольна робота повинна бути зареєстрована та здана на перевірку в установленний термін.

До екзамену допускаються студенти, що мають зараховані та виправлені контрольні роботи, що надаються викладачу на екзамені. Контрольна робота, виконана не за своїм варіантом, не допускається до перевірки.

Якщо робота зарахована, але виконана з помилками, студент повинен розглянути всі зауваження рецензента, усвідомити їх сутність та внести відповідні виправлення, доповнення в текст самої роботи.

Якщо робота не зарахована, студент повинен заново виконати контрольне завдання з врахуванням зауважень і представити роботу на повторну перевірку разом з незарахованою роботою.

Перш ніж розпочати виконання домашньої контрольної роботи необхідно:

- 1) ознайомитись з програмою курсу;
- 2) вивчити навчальний матеріал з відповідних тем, використовують конспект лекцій, рекомендовані джерела інформації, інтернет - ресурси;
- 3) скласти конспект матеріалу, винесеного на самостійне вивчення, словник основних понять;
- 4) дати відповіді на питання для самоперевірки;
- 5) вивчити методичні рекомендації щодо виконання контрольної роботи, звернувши увагу на оформлення контрольної роботи.

Загальні вимоги до змісту та оформлення контрольної роботи

Контрольна робота повинна мати таку структуру:

- титульний лист (зразок оформлення наведено в додатку А);
- зміст;
- безпосередньо текст роботи;
- список джерел інформації;
- додатки (за необхідності).

1 Контрольну роботу виконують на аркушах друкарського паперу формату А4 (297 мм х 210 мм). Під час виконання таблиць, ілюстрацій та додатків дозволено використовувати формат А3 (297 мм х 420 мм). Аркуш формату А3 підшивається по стороні 297 мм та складається до формату А4.

На аркушах мають бути залишені береги: лівий, нижній та верхній – не менше 20 мм, правий – не менше 10 мм.

2 Аркуші документа нумерують арабськими цифрами, проставляючи їх у правому верхньому кутку аркуша без будь-яких знаків. Нумерація аркушів повинна бути наскрізною для всього документа. На титульному аркуші (ТА), що є першим аркушем документа, номер не ставлять, але зараховують його у загальну нумерацію.

3 Текст документа виконують на одному боці аркуша одним зі способів:

а) за допомогою комп'ютерної техніки – через півтора інтервалу кегль шрифту 14 п., для елементів тексту (таблиць, приміток тощо) допускається шрифт 12 п., рекомендований шрифт – Times New Roman;

б) рукописним – чітким, розбірливим почерком або креслярським 4 шрифтом з висотою літер і цифр не менше 2,5 мм. Щільність запису повинна бути однаковою.

4. Помилки, описки та графічні неточності дозволено виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою

Вимоги щодо оформлення списку джерел інформації

Список джерел інформації – це список цитованих, згадуваних та використовуваних джерел інформації.

Джерелами інформації є: книги, статті, нормативно-технічні документи (НТД), звіти про науково-дослідну роботу, дисертації, техніко-економічні нормативи та норми, прейскуранти, реферати і рецензії, опубліковані у вигляді окремих документів.

У списку джерел бібліографічні описи джерел інформації розташовують у тому порядку, в якому джерела вперше згадуються у тексті. Порядкові номери описів у списку є номерами посилань на них.

Приклад виконання бібліографічного опису джерел інформації наведено у додатку В.

Критерії оцінювання контрольної роботи наведено в додатку С.

ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Модульна контрольна робота №1 **«Порошкові композиційні матеріали»**

- 1 Що таке порошкові композиційні матеріали (ПКМ)? Наведіть їх основні відмінності від інших видів композитів та монолітних матеріалів.
- 2 Які переваги та недоліки мають ПКМ порівняно з матеріалами, виготовленими іншими методами?
- 3 Охарактеризуйте основні компоненти ПКМ (матриця, армуючий компонент). Наведіть приклади матеріалів, що використовуються в якості кожного компонента.
- 4 Які основні класифікації ПКМ існують (за типом матриці, за типом армування, за призначенням тощо)?
- 5 Наведіть приклади застосування ПКМ у різних галузях промисловості.
- 6 Які вимоги висуваються до вихідних порошків для ПКМ?
- 7 Опишіть основні методи отримання металевих порошків (розпилення, відновлення, електроліз, карбонільний метод). Вкажіть їх переваги та недоліки.
- 8 Опишіть основні методи отримання керамічних порошків.
- 9 Які характеристики порошків є найбільш важливими для процесів пресування та спікання (розмір частинок, форма частинок, питома поверхня, насипна густина, текучість)? Як вони впливають на кінцеві властивості матеріалу?
- 10 Як визначаються ці характеристики порошків?
- 11 Опишіть сутність процесу пресування порошків. Які види пресування існують (одноосьове, ізостатичне, гаряче пресування)?
- 12 Які фактори впливають на ущільнення порошків під час пресування?
- 13 Що таке "зелена заготовка" і які її властивості?
- 14 Опишіть сутність процесу гарячого ізостатичного пресування (ГІП). Які переваги ГІП над традиційним пресуванням?
- 15 Наведіть інші методи формування ПКМ (прокатка, екструзія, шлікерне лиття, 3D-друк порошками).
- 16 Що таке спікання? Опишіть рушійні сили процесу спікання.
- 17 Назвіть основні стадії спікання (початкова, проміжна, кінцева).
- 18 Опишіть основні механізми масопереносу під час спікання (об'ємна дифузія, поверхнева дифузія, в'язка течія, випаровування-конденсація). Які з них є домінуючими на різних стадіях спікання?

Модульна контрольна робота №2

«Порошкові композиційні матеріали»

- 1 Які фактори впливають на процес спікання (температура, час, атмосфера, розмір частинок, добавки)?
- 2 Що таке рідиннофазне спікання? Які його переваги та недоліки?
- 3 Опишіть сутність реакційного спікання та його застосування.
- 4 Що таке SPS (Spark Plasma Sintering) та чим він відрізняється від традиційного спікання?
- 5 Опишіть типову мікроструктуру ПКМ. Які її основні елементи?
- 6 Як впливають об'ємна частка, розподіл та форма армуючих частинок на властивості ПКМ?
- 7 Які види зв'язку можуть утворюватися на міжфазній межі "матриця-армування"? Яке значення має міцність міжфазної взаємодії?
- 8 Охарактеризуйте механічні властивості ПКМ (міцність, твердість, в'язкість руйнування, зносостійкість).
- 9 Опишіть особливості фізичних властивостей ПКМ (теплопровідність, електропровідність, магнітні властивості).
- 10 Які фактори визначають зносостійкість ПКМ?
- 11 Охарактеризуйте корозійну стійкість ПКМ.
- 12 ПКМ з металевою матрицею (ММК). Наведіть приклади та області застосування.
- 13 ПКМ з керамічною матрицею (КМК). Наведіть приклади та області застосування.
- 14 ПКМ з полімерною матрицею (ПМК), виготовлені порошковими методами. Наведіть приклади та області застосування.
- 15 Функціональні ПКМ (магнітні, електроконтактні, фрикційні, пористі матеріали). Опишіть принципи їх дії та застосування.
- 16 Наноматеріали в порошковій металургії.
- 17 ПКМ для адитивних технологій (3D-друк).
18. Опишіть повний технологічний цикл виготовлення ПКМ (від отримання порошків до фінішної обробки).

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальний контент, плани практичних занять, індивідуальні завдання, кейси поточних та підсумкового контролю, завдання для комплексної контрольної роботи розміщені на сайті кафедри: <http://web.kpi.kharkov.ua/lv>

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Рекомендована література та інформаційні ресурси

Основна література:

1. Скороход В.В., Солонін С.М., Воробйов М.К. Порошкова металургія. К. : Либідь, 2005.
2. Гарнець В.М. Матеріалознавство. Підручник. К.: Кондор, 2024.
3. Писаренко В.Г., Савуляк В.В., Боковий Є.Ф., Завадюк С.В. Сучасні технології в машинобудуванні. Інжекційне лиття порошку: навч. посіб. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2019.
4. Пушкарьова К.К. Матеріалознавство. К. : Ліра К, 2015.
5. Рябцев І.І., Кузнецов В.Д. Порошкові матеріали і вироби. К. : Техніка, 1986.

Додаткова література (для глибшого вивчення окремих аспектів):

1. Степанчук А.М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук: Підручник. К. : НТУУ „КПІ”, 2006.
2. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів: Навчальний посібник. К. : НТУУ „КПІ”, 2009.
3. German R.M. Sintering Theory and Practice. John Wiley & Sons, 1996.
4. Gibson I., Rosen D.W., Stucker B.W. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. – Springer, 2015.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

<http://archive.kpi.kharkov.ua/>

<http://repository.kpi.kharkov.ua/>

<http://web.kpi.kharkov.ua/iv/>

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра «ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО»

КОНТРОЛЬНА РОБОТА №
з навчальної дисципліни
«Порошкові композиційні матеріали»

Роботу виконав студент

П.І.Б.

підпис

Група

Варіант

Роботу прийняв викладач

Іванов І.І.

П.І.Б.

підпис

Харків 20__

Критерії оцінювання контрольних робіт

Рейтингова Оцінка, бали	Оцінка ECTS та її визначення	Національна оцінка	Критерії оцінювання	
			позитивні	негативні
1	2	3	4	5
90-100	A	Відмінно	- Глибоке знання навчального матеріалу, що містяться в основних і додаткових літературних джерелах; - вміння аналізувати явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку; - вміння проводити теоретичні розрахунки; - відповіді на запитання чіткі, лаконічні, логічно послідовні; - вміння вирішувати складні практичні задачі.	Відповіді на запитання можуть містити незначні неточності
82-89	B	Добре	- Глибокий рівень знань в обсязі обов'язкового матеріалу, - вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; - вміння вирішувати складні практичні задачі.	Відповіді на запитання містять певні неточності;
			- Міцні знання матеріалу, що вивчається, та його практичного застосування;	- невміння використовувати теоретичні знання для вирішення складних практичних задач.

75-81	C	Добре	- вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; - вміння вирішувати практичні задачі.	
64-74	D	Задовільно	- Знання основних фундаментальних положень матеріалу, що вивчається, та їх практичного застосування; - вміння вирішувати прості практичні задачі.	- Невміння давати аргументовані відповіді на запитання; - невміння аналізувати викладений матеріал і виконувати розрахунки; - невміння вирішувати складні практичні задачі.
60-63	E	Задовільно	- Знання основних фундаментальних положень - вміння вирішувати найпростіші практичні задачі.	- Незнання окремих (непринципових) питань з матеріалу модуля; - невміння послідовно і аргументовано висловлювати думку; - невміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач
35-59	FX (потрібне додаткове вивчення)	Незадовільно	Додаткове вивчення матеріалу може бути виконане в терміни, що передбачені навчальним планом .	- Незнання основних фундаментальних положень навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - невміння розв'язувати прості практичні задачі.

1-34	Е (потрібне повторне вивчення)	Незадовільно	-	- Повна відсутність знань значної частини навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; -незнання основних фундаментальних положень; - невміння орієнтуватися під час розв'язання простих практичних задач
------	---	--------------	---	---

Приклади бібліографічного опису джерел інформації

С.1 Бібліографічний опис джерела інформації (ДІ) містить бібліографічні відомості про нього і складається з областей, елементи яких приводяться в визначеній послідовності з використанням визначеної пунктуації (граматичних розділових знаків і розпізнавальних знаків).

С.2 Бібліографічний опис ДІ в загальному випадку можна подавати у вигляді схеми:

Основний заголовок : відомості, що відносяться до заголовка / відомості про відповідальність. – Відомості про видання. – Область специфічних відомостей. – Місце видання : Ім'я (найменування) видавця, рік видання. – Номер випуску (для серіальних видань). – Область фізичної характеристики.

Приклади:

1. Скороход В.В., Солонін С.М., Воробйов М.К. Порошкова металургія. К. : Либідь, 2005.

2. Пономаренко О.І., Євтушенко Н.С., Берлізева Т.В. Екологічні аспекти виробництва ХТС в ливарному виробництві. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : Ч.2 : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф, м. Харків, 01–03 червня 2011 р. Харків, 2011. С. 36.

3. Гурія І.М., Лютий Р.В., Кеуш Д.В., Смольская В.С. Стержневі суміші з новими неорганічними в'язучими на основі ортофосфорної кислоти та солей лужних металів. Ливарне виробництво. 2014. № 5. С. 28–31.

Методичні вказівки до виконання
самостійних робіт
з навчальної дисципліни “Порошкові композиційні матеріали”
для студентів денної та заочної форми навчання
за спеціальністю G10 Металургія
Українською мовою

Укладач
БЕРЛІЗЄВА Тетяна Вікторівна

Відповідальний за випуск
Роботу до видання рекомендувала

проф. *Акімов О. В.*
проф. *Пономаренко О. І.*

В авторській редакції

План 2025 р., поз. 667

Підп. до друку 2024 р. Гарнітура Times New Roman
Видавничий центр НТУ «ХП»,
вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478
від 21.08.2017 р.

Електронна версія