



Національний технічний університет України  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра високотемпературних  
матеріалів та порошкової  
металургії

## Фундаментальні засади теорії і технології порошкових композиційних матеріалів Наук.

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Lheibq</i> рівень вищої освіти ступеня «магістр»
Галузь знань	<i>13</i> Механічна інженерія
Спеціальність	<i>132</i> Матеріалознавство
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1</i> курс, <i>2</i> (весняний) семестр
Обсяг дисципліни	<i>4,0</i> кредити ECTS / <i>36</i> лекц./ <i>18</i> лаб./ <i>66</i> СРС
Семестровий контроль / контрольні заходи	<i>Залік/ МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., професор, Степанчук Анатолій Миколайович, <a href="mailto:astepanchuk@iff.kpi.ua">astepanchuk@iff.kpi.ua</a>, 067-944-11-60</i> <i>Лабораторні заняття: : к.т.н., професор, Степанчук Анатолій Миколайович, <a href="mailto:astepanchuk@iff.kpi.ua">astepanchuk@iff.kpi.ua</a>, 067-944-11-60</i>
Розміщення курсу	

## 1 Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Тепер для отримання матеріалів і виробів з них з властивостями не притаманними для матеріалів отримуваних традиційними методами литва та подальшої механічної обробки, в тому числі і композиційних, є методи, які базуються на технологічних засадах методів порошкової металургії. Вихідними матеріалами для отримання таких виробів є порошки різної дисперсності, які у подальшому компактуються шляхом їх пресування (формування) для надання виробам необхідної форми і розмірів і у подальшому для надання їм необхідних властивостей спікаються (термооброблюються). Застосовуючи різні технологічні варіанти і умови отримання порошків металів, сплавів та сполук, їх пресування та спікання можна отримувати вироби з різними щільністю та структурою і, як наслідок, різними функціональними властивостями залежно від вимог.

У свою чергу властивості отримуваних виробів залежать від процесів, які лежать в основі методів отримання порошків, їх пресування та спікання. Це, перш за все, фізико-хімічні процеси, які лежать в основі кожного методу отримання порошків, деформації матеріалів під дією зовнішніх навантажень, сил зумовлених наявністю викривлених поверхонь, самодовільних термодинамічних процесів, які сприяють зменшенню зовнішньої та внутрішньої енергії систем і, тим самим, руху їх до рівноваги.

Тому **предметом** вивчення в дисципліні “Фундаментальні засади теорії і технології порошкових і композиційних матеріалів” є явища, що лежать в основі методів отримання порошків, процесів компактування порошкових матеріалів різними методами, їх аналітичний опис і, виходячи з цього, встановлення та оптимізація параметрів процесів, які забезпечують отримання їх з наперед заданими властивостями та структурою.

**Предметом** вивчення є також теоретичні основи вибору методу, встановлення оптимальних технологічних параметрів процесів отримання вихідних порошків, їх пресування (формування) та спікання отриманих з них заготовок з використанням термодинамічних засад та аналітичного опису процесів.

У зв'язку з цим основними **завданнями** дисципліни “Фундаментальні засади теорії і технології порошкових і композиційних матеріалів” є надання студентам фундаментальних знань, які б допомогли їм встановлювати кінетику процесів та проводити їх аналітичний опис з метою отримання порошкових виробів з наперед заданими властивостями та структурою на основі розуміння фізико-хімічних явищ та процесів, що лежать в основі створення матеріалів з застосуванням методів порошкової металургії.

Розуміння засад, які лежать в основі процесів отримання порошків, їх компактування пресуванням з наступним спіканням базується на фундаментальних законах фізики, механіки, фізичної хімії, фізики конденсованого стану, термодинамічних та кінетичних засад створення матеріалів.

120 годин обсягу дисципліни “**Фундаментальні засади теорії і технології порошкових композиційних матеріалів**” включають 18 годин лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 84 годин СРС.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів **фахових компетентностей** таких як:

**СК.8 – Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію з питань матеріалознавства і дотичних проблем до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, що навчаються;**

**СК.13 –Здатність аналізувати та прогнозувати фізико-механічні властивості порошкових композиційних та наноструктурованих матеріалів;**

**СК.16 – Здатність проєктувати та створювати порошкові композиційні та наноструктуровані матеріали на основі фундаментальних засад теорії та технології**

**У тому числі здатність:**

- в результаті аналізу фундаментальних засад вибирати і обгрутовувати оптимальні методи отримання порошків металів та сплавів їх пресування і спікання при виготовленні виробів з порошкових та композиційних матеріалів;
- використовуючи аналітичний опис процесів, які лежать в основі методів визначати оптимальні технологічні режими при отриманні виробів з порошкових і композиційних матеріалів залежно від їх призначення;
- за відомими методиками, з використанням аналітичного опису процесів отримання вихідних порошків, пресування і спікання проводити розрахунки з метою оптимізації умов отримання виробів залежно від вимог до їх властивостей.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання ПРН):**

**РН.6 – Наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно**

**РН.12 –Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів**

**РН.15 – Проєктувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів**

**РН.21 – Використовувати наукові принципи проєктування і створення нових порошкових композиційних та наноструктурованих матеріалів**

**РН.23 – Використовувати наукові принципи проєктування і створення нових порошкових композиційних та наноструктурованих матеріалів**

**у тому числі**

**знання:**

- класифікації, призначення, основних технологічних прийомів для отримання виробів з порошкових композитів, у тому числі наноструктурованих;
- аналітичного опису процесів отримання порошкових та композиційних матеріалів;
- механізмів процесів, що лежать в основі процесів отримання порошкових та композиційних матеріалів;
- методів оптимізації умов отримання виробів з порошкових та композиційних матеріалів з заданими властивостями;
- методів визначення властивостей виробів з порошкових та композиційних матеріалів.

**уміння:**

- вибирати і обгрутовувати з використанням фундаментальних засад метод виготовлення виробу з порошкових композиційних матеріалів, у тому числі наноструктурованих, відповідно до його призначення;

- використовувати аналітичний опис процесів з метою визначення оптимальних умов отримання на всіх етапах виготовлення порошкових та композиційних матеріалів;
- використовувати стандартні та створювати нові методи і засоби визначення оптимальних умов виготовлення виробів.
- визначати властивості та структуру порошкових та композиційних матеріалів, аналізувати вплив різноманітних параметрів на їх формування та запропонувати аналітичний опис цих процесів, який дозволяє визначати ці параметри для отримання виробів з наперед заданими властивостями.

## **2 Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна викладається у першому семестрі підготовки за освітньо-професійною програмою другого (магістерського) рівня вищої освіти ступеня «магістр». Для успішного засвоєння дисципліни, студент повинен володіти набором компетентностей першого рівня вищої освіти ступеня «бакалавр» зі спеціальності 132 Матеріалознавство, які забезпечуються вивченням таких фундаментальних дисциплін як «Вища математика», «Фізика», «Хімія» «Фізична хімія», «Фізика конденсованого стану», «Термодинаміка матеріалів», «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія», «Основи матеріалознавства», а також спеціальних дисциплін – «Основи отримання порошкових та композиційних матеріалів»,

«Теорія процесів консолідації порошкових та композиційних матеріалів». «Технологія та обладнання виробництва порошкових та композиційних матеріалів», «Фізика міцності і руйнування», «Інженерне матеріалознавство», «Вибір і комп'ютерний дизайн матеріалів» та інших.

Дисципліна «Фундаментальні засади теорії і технології порошкових і композиційних матеріалів» дає студенту можливість у подальшому під час отримання порошкових та композиційних матеріалів на базі знань фізико-хімії явищ і процесів створювати їх з заданим комплексом фізико-технічних властивостей, оволодіти спеціальними технологічними прийомами виготовлення виробів компактуванням порошкових композиційних матеріалів, у тому числі наноструктурованих.

У свою чергу дисципліна є основою для вивчення інших дисциплін при навчанні на етапі магістрів і докторів філософії. До таких професійно орієнтованих дисциплін відносяться «Інженерне матеріалознавство», «Фізика міцності і руйнування», «Наукові основи створення наноматеріалів», «Фазові рівноваги та фазові перетворення», «Фізика спікання»

Набуті під час вивчення дисципліни «Фундаментальні засади теорії і технології порошкових і композиційних матеріалів» здатності, знання, уміння також необхідні під час виконання курсових науково-дослідних робіт, під час проходження науково-дослідної практики, виконання магістерських дисертацій а також під час навчання в аспірантурі.

## **3 Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1 - Одержання порошоків механічними методами**

**Тема 1.1.** – Закономірності одержання металів та сплавів у дисперсному стані механічними методами. Закони подрібнення.

### **Розділ II - Одержання порошоків розпиленням розплавів**

**Тема 2.1.** – Фундаментальні засади отримання порошків металів та сплавів диспергуванням розплавів. Одержання металів і сплавів у дисперсному стані механічним диспергуванням розплавів.

### **Розділ III - Закономірності формування порошкових матеріалів**

**Тема 3.1.** – Загальні положення.

**Тема 3.2.** – Деформація частинок і ущільнення порошків.

**Тема 3.3.** – Аналітичний опис процесів формування.

**Тема 3.4.** – Сучасні технології формування порошкових матеріалів

### **Розділ IV. Закономірності спікання порошкових матеріалів**

**Тема 4.1.** – Реологічні основи теорій спікання.

**Тема 4.2.** – Спікання під тиском.

**Тема 4.3.** – Структура та властивості спечених матеріалів.

## **4 Навчальні матеріали та ресурси**

### **4.1 Базова література**

1. Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук. /А.М. Степанчук. – Київ : НТУУ"КПІ", 2007. – 353 с.
2. Нечипоренко О.С. Распыленные металлические порошки. /О.С.Нечипоренко, Ю.И. Найда, А.Б. Медведевский.– Киев : Наук. думка, 1980. – 238 с.
3. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів: Навчальний посібник. /А.М. Степанчук. – Київ : ЗАО "ВПОЛ", 2016. – 320 с.
4. Olevsky E.A Field-Assist end Sintering. Sciencec and Applications / E.A.Olevsky, D.V.Dudina // Cham Switzerland. – 2018. – 432 s.
5. Ковальченко М.С. Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давления. / М.С. Ковальченко. – Киев : Наук. Думка, 1980. – 240 с.
6. Степанчук А.М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Основи отримання порошкових і композиційних матеріалів". /А.М. Степанчук, С.О. Руденький. Для студентів усіх форм навчання матеріалознавчих і металургійних спеціальностей. Київ : – НТУУ"КПІ, 2013. – 64 с.

### **4.2 Додаткова література**

7. Ходаков Г.С. Физика измельчения. /Г.С. Ходаков. – Москва : Металлургия, 1972.–307 с.
8. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: учебник для вузов /В.Н.Анциферов, Г.В. Бобров, Л.К. Дружинин и др. – Москва : Металлургия, 1987. – 792 с.
9. Жданович Г.М. Теория прессования порошковых материалов. /Г.М. Жданович. – Москва : Металлургия, 1969. – 264 с.
10. Феномонологические теории прессования /М.Б. Штерн, Г.Г. Сердюк, Л.А. Максименко и др. – Киев : Наукова думка, 1982. – 14 с.
11. Процессы изостатического прессования /Под ред. П.Дж.Джеймса. – Москва : Металлургия, 1990. – 192 с.

12. Сердюк Г. Г. Технология порошковой металлургии. Часть 3. Спекание и дополнительная обработка: Учебное пособие. / Г.Г. Сердюк, Л.И. Свистун. – Краснодар : Изд. ГО УВПО «КубГТУ», 2005. – 244 с.
13. Сердюк Г. Г. Технология порошковой металлургии. Часть 1. Порошки: Учебное пособие. / Г.Г Сердюк, Л.И. Свистун. – Краснодар : Изд. ГОУВПО КубГТУ, 2005. – 240 с.
14. Нечипоренко О.С. Порошки меди и ее сплавов. / О.С. Нечипоренко, А.В. Помосов, С.С. Набойченко. – Москва : Металлургия, 1988. – 205 с.
15. Гегузин Я.Е. Физика спекания. /Я.Е. Гегузин. – Москва : Наука, 1967.– 360 с.
16. Скороход В.В. Реологические основы теории спекания. /В.В. Скороход. – Киев : Наук.думка, 1972. – 149 с.
17. Скороход В.В. Физико-металлургические основы спекания порошков. / В.В. Скороход, С.М. Солонин. – Москва ; Металлургия, 1984. – 159 с.
18. Кислый П.С. Спекание тугоплавких соединений. /П.С. Кислый., М.А. Кузенкова. – Киев : Наук.думка.1980. – 167 с.
19. Райченко А.И. Основы процесса спекания порошков пропусканием электрического тока. /А.И. Райченко. – Москва : Металлургия. 1987. – 184 с.
20. Высокоскоростные способы прессования деталей из порошковых материалов /К.Н.Богоявленский, П.А.Кузнецов, К.К.Мартенс и др. – Ленинград : Машиностроение, 1984. – 168 с.

Перераховані джерела є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і можуть бути використані для отримання базових знань.

## Навчальний контент

### 5 Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### 5.1 Лекційні заняття

**Заняття 1, 2 – Вступ** – Місце дисципліни у структурно-логічній схемі підготовки магістрів матеріалознавців згідно освітньої програми. Робоча навчальна програма (Силабус) з дисципліни.

**Розділ 1 – Одержання порошків механічними методами.**

**Тема 1.1 – Закономірності одержання порошків металів та сплавів механічними методами.** Вибір оптимального параметру розмелу та визначення його закономірностей. Аналітичний опис процесів розмелювання. Закони подрібнення матеріалів та їх використання. Закони подрібнення по Ріттенгеру, Кічпічову-Кікку, Ходакову та Сіренко. Їх аналіз.

Вплив параметрів процесу подрібнення на процес розмелу. Кінетика подрібнення. Вплив середовища розмелювання на міцність та пластичність твердих тіл. Вплив рідини та ПАР на процес розмелу.

Агрегація та дезагрегація високодисперсних твердих частинок при їх подрібненні.

**Заняття 3,4 – Розділ II - Одержання порошків розпилюванням розплавів.**

**Тема 2.1 – Одержання порошків металів і сплавів механічним диспергуванням розплавів.** Фундаментальні засади отримання порошків металів та сплавів диспергуванням розплавів. Критеріальне рівняння диспергування (розпилювання)

струменя рідини (розплаву). Визначення критеріальних параметрів відносно визначення оптимальних умов розпилювання розплавів для отримання порошків з заданими властивостями.

Вплив теплофізичних властивостей розплавів на формування властивостей порошків при аналітичному описі процесів розпилювання.

Визначення основних параметрів процесів та методи інтенсифікації розпилення. Отримання порошків механічним диспергуванням розплавів.

Одержання волокон та порошків за допомогою швидкісного затвердіння розплавів (метод ВЗР). Одержання порошків металів та сплавів відцентровим розпиленням. Розпилення за допомогою обертового електроду.

### **Розділ III - Закономірності формування порошкових матеріалів**

#### **Заняття 5,6 – Тема 3.1 – Загальні положення. Тема 3.2 – Деформація частинок і ущільнення порошків**

Елементи прикладної механіки пористих матеріалів. Поняття тензору напружень та тензору деформацій. Пружність і пластичність матеріалів. Поняття поверхні навантаження. Механічні властивості пористого тіла. Реологічні моделі деформівних тіл і їх застосування для опису ущільнення пористих матеріалів.

Стадії компактування порошку. Співвідношення щільність-тиск. Зміни форми і розміру часток. Вплив матеріалу і характеристик частинок. Руйнування частинок крихких матеріалів. Передача навантаження в пакованих частинках.

Модульна контрольна робота.

#### **Заняття 7,8 – Тема 3.3 – Аналітичний опис процесів формування**

Аналіз рівнянь пресування з точки зору їх прийнятності для використання при оптимізації процесів формування. Ранні уявлення та теорії ущільнення порошку при пресуванні. Рівняння пресування по Бальшину, Куніну та Юрченку, Ждановичу, Щербаню, Штерну.

**Заняття 9, 10 – Сучасні технології формування порошкових матеріалів**  
Сучасні уявлення про процеси ущільнення порошкових матеріалів. Вивід рівнянь та їх аналіз. Визначення сталих рівнянь. Приклади використання рівнянь для опису різних методів пресування. Імпульсне пресування, інжекційне формування та литво з тріпластичних мас..

### **Розділ IV – Закономірності спікання порошкових матеріалів**

#### **Заняття 11,12 – Тема 4.1 – Реологічні основи теорій спікання.**

Реологічні основи теорії в'язкої течії пористих тіл. Фізичні основи теорії. Пластична течія. Механізм пластичної течії. Повзучість.

Характеристика основних механізмів спікання. Спікання як в'язка течія, об'ємна самодифузія, пластична течія. Спікання за рахунок поверхневого переносу та переносу через газову фазу.

Зональне уособлення при спіканні. Неізотермічне спікання з регульованою швидкістю ущільнення.

**Заняття 13,14 – Континуальний опис кінетики ущільнення пористого тіла при спіканні.** Вплив мезоструктури.

**Феномонологічний опис процесів спікання.** Аналітичний опис процесу спікання за В.В. Скороходом .

**Заняття 15,16 – Тема 4.2 – Спінання під тиском.** Закономірності спінання пористих матеріалів під тиском. Сучасний стан теорії та практики виготовлення порошкових виробів гарячим пресуванням. Кінетика гарячого пресування в статичному наближенні. Аналітичний опис процесу гарячого пресування.

Динамічні методи гарячого пресування. Елементи динаміки механічних дій на пористе тіло. Реологічна модель механічної машини з деформівним тілом. Система зі стиснівним в'язкопружним деформівно-зміцнівним тілом. Динаміка навантаження до границі пружності та за границею пружності. Застосування моделі динамічної системи до опису імпульсного (під дією удару) гарячого пресування.

**Заняття 17,18 – Тема 4.3. Структура та властивості спечених та гарячепресованих матеріалів.** Міцність, втома, руйнування та тріщиностійкість спечених матеріалів. Застосування моделей відмов для характеристики експлуатаційної надійності спечених матеріалів. Нормальний (гауссів) статистичний розподіл та розподіл Вейбулла механічних властивостей матеріалів.

Модуль Вейбулла для спечених та гарячепресованих керамічних матеріалів та керметів.

## 5.2 Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять наступні:

- уміння застосовувати теоретичні знання при вирішенні практичних задач.
- застосовуючи аналітичний опис процесів пресування та спінання порошкових виробів, встановлювати механізми, які лежать в основі цих процесів і управляти ними;
- набуття навичок обговорювати експериментальні дані з використанням сучасних уявлень теорії і технології про процеси, що вивчались та робити висновки.

Лабораторна робота №1 – Вивчення рівнянь, які використовуються під час опису процесів отримання порошоків матеріалів у різному дисперсному стані механічним подрібненням.

Вивчення факторів, які впливають на ступінь подрібнення матеріалів, їх аналітичний опис і методи визначення. Проведення розрахунків по визначенню умов подрібнення для отримання необхідного ступеня подрібнення. ( 4 год.)

Лабораторна робота №2 – Теоретичне дослідження процесів диспергування розплавів.

( 4 год.)

З використанням відомих залежностей визначення оптимальних технологічних параметрів отримання порошоків диспергуванням розплавів різними методами з напередзаданими властивостями (розмір, форма).

Лабораторна робота №3 – Вивчення рівнянь аналітичного опису процесів формування. Визначення сталих рівнянь та областей їх придатності.

( 5 год.)

У наслідок аналізу запропонованих властивостей вихідних порошоків та результатів їх ущільнення проведення вибіру рівняння для опису їх процесу пресування та провести визначення сталих. Проведення порівняльного аналізу практичних і розрахункових залежностей щільність – тиск. Визначення меж придатності отриманого рівняння.



Лабораторна робота №4 – Вивчення рівнянь аналітичного опису процесів спікання.  
( 5 год.)

У наслідок аналізу заданих властивостей вихідних порошків і пресовок з них вибрати метод їх спікання і його аналітичний опис та визначити умови спікання для отримання випобів з них з заданими властивостями.

### **5.3 Самостійна робота студентів**

Самостійна робота студентів полягає у вивченні окремих розділів дисципліни, виконанні домашніх завдань по набуттю навичок з вибору та розрахунків оптимальних технологічних параметрів процесів отримання порошків, їх формування та спікання, підготовці до виконання лабораторних робіт та обробці (обговорення) експериментальних даних, отриманих під час їх виконання.

Самостійна робота студентів (загальним об'ємом 84 годин) полягає в:

- самостійному і більш глибокому вивченні окремих розділів дисципліни (22 год.) (Додаток А);
- підготовці до виконання лабораторних робіт, обробці та обговоренні отриманих результатів під час їх виконання, написання висновків ( 22 год.);
- підготовці до виконання модульної контрольної роботи ( 10 год.) ;
- підготовці до семестрової атестації – екзамену (30 год.).

Планування самостійної роботи при вивченні дисципліни передбачається згідно таблиці 1 . (Додаток А)

## **Політика та контроль**

### **6 Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Тему пропущеного лекційного заняття аспірант повинен опрацювати самостійно шляхом написання конспекту;
- Пропущену лабораторну роботу студент повинен відпрацювати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі. Дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. Під час виконання лабораторних робіт дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних ресурсів, тощо.
- Результати виконаних лабораторних робіт оформлюються у вигляді звітів у відповідності до вимог.
- Студенту можуть бути нараховані заохочувальні бали за особливі успіхи у навчанні – порівнянні отриманих під час в роботі результатів з результатами теоретичних розрахунків проведених студентом.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Конспект пропущеної лекції має бути виконаний і поданий на перевірку не пізніше 2-х

тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з лабораторних робіт виконуються і захищаються не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.

– У випадку **дистанційного навчання** значна увага приділяється самостійному освоєнню матеріалу дисципліни. Контроль знань передбачається шляхом виконання тестових завдань (Додаток Г,Д,Е ) після вивчення кожної теми згідно програми. Контроль якості виконання тестових завдань враховується шляхом тестового оцінювання відповідно до рейтингового оцінювання.

– Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

## **7 Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

### **7.1 Види контролю**

Поточний контроль:

- Захист звітів з лабораторних робіт;
- Модульна контрольна робота, яка проводиться на 6 тижні.
- Виконання тестових завдань (у випадку **дистанційного навчання**).

Календарний контроль:

проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №1, №2, та МКР (та **позитивних відповідей на тестові запитання більше 75% у випадку дистанційного навчання**).

Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №3, №4 (та **позитивних відповідей на тестові запитання більше 75% у випадку дистанційного навчання**).

Семестровий контроль: залік

### **7.2 Критерії нарахування балів**

Захист звітів з лабораторних робіт максимально складає 45 балів, відповідно:

- Виконання і захист однієї роботи з глибоким розкриттям фізико-хімічної сутності і аналітичним описом процесів, що вивчались – 9–10 балів;
- Активне виконання роботи, опанування матеріалу – 7–8 балів;
- Виконання завдання лабораторної роботи – 3–6 балів;

Модульна контрольна робота оцінюється максимально у 15 балів, відповідно:

- Повна відповідь – 13–15 балів;
- Не повна відповідь – 9-12 балів;

– Незадовільна відповідь – 0 балів.

Заохочувальні бали надаються додатково за такі види діяльності, як участь у конференціях з тематики дисципліни, модернізація методики проведення лабораторних занять – 4–6 балів.

Штрафні бали нараховуються за несвочасне виконання та захист звітів з лабораторних робіт – 4 бали.

Умовою допуску до семестрового контролю є семестровий рейтинг більше 50 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт та МКР за кількості балів за видами:

– Захист звітів з лабораторних робіт не менше 32 бали;

– Модульна контрольна робота не менше 8 балів.

Семестровий контроль проводиться у вигляді письмового екзамену (прикладі запитань див. дод. 3) і можливого додаткового опитування.

. Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою:

– «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);

– «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);

– «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);

– «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

Загальна кількість балів визначається як:

$$РБ_{Сем} = 60 + 0,4 \times РБ_{екз}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни менше 40 балів зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з дисципліни і мають академічну заборгованість (якщо кафедра прийняла ці додаткові умови допуску).

За умови отримання незадовільної оцінки студент рахується як такий, що має заборгованість і може її передати на додатковій екзаменаційній сесії.

## **8 Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

1. Під час вивчення дисципліни бажано використовувати інформаційні ресурси. Так за наведеними нижче посиланнями можна знайти журнали, що відносяться до галузі матеріалознавства.

- Journal of Materials Research and Technology //www.journals.elsevier.com/journal-of-materials-research-and-technology/editorial-board
- Journal of Solid State Chemistry //www.journals.elsevier.com/journal-of-solid-state-chemistry
- Ceramics International видавництво Pergamon Press Ltd. (United Kingdom)
- Journal of Alloys and Compounds, издательство Elsevier BV (Netherlands)Ніделанди
- Materials Today: Proceedings <http://www.materialstoday.com/proceedings>
- Surface and Coatings Technology //www.journals.elsevier.com/surface-and-coatings-technology
- Materials Characterization //www.journals.elsevier.com/materials-characterization
- Applied Surface Science //www.journals.elsevier.com/applied-surface-science
- International Journal of Refractory Metals and Hard Materials  
//www.journals.elsevier.com/international-journal-of-refractory-metals-and-hard-materials

2. Приклади планування самостійної роботи, запитань модульної контрольної роботи, екзаменаційних білетів, тестових запитань за дистанційного навчання наведено у додатках 1 – 4.

## **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

### **Складено:**

проф. каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії,  
к. т. н., проф., Степанчук Анатолій Миколайович

### **Ухвалено:**

кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії  
(протокол № 17 від 26.06.2024 р.)

### **Погоджено:**

Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є. О.  
Патона (протокол № 12/24 від 28.06.2024 р.)

## ДОДАТКИ

### Додаток А

Таблиця – Перелік тем самостійної роботи студентів та її обсяг в годинах

№	Назва теми	К-ть годин	Літертура
1	2	3	4
1.	<b>Розділ 1 – Одержання порошків механічними методами</b>  1. Методи контролю структури та властивостей спечених виробів. Методики визначення властивостей;  2. Агрегація та дезагрегація високодисперсних твердих частинок при їх подрібненні.  <b>Розділ II - Одержання порошків розпиленням розплавів</b>  1. Одержання волокон та порошків за допомогою швидкісного затвердіння розплавів (метод ВЗР). Одержання порошків металів та сплавів відцентровим розпилюванням. Розпилення за допомогою обертового електроду.  <b>Розділ III - Закономірності формування порошкових матеріалів</b>  1. Пакування монорозмірних сферичних частинок в	  2  2  2	  [ 1],[3],[6],[7]  [ 1] , [ 7]  [1], [11]

2	<p>тривимірному просторі. Випадкове пакування і утворення мезоструктури. Модель оптимального пакування. Координаційні числа. Змішування порошків двох фракцій.</p> <p>Стадії компактування порошку. Співвідношення щільність-тиск. Зміни форми і розміру часток. Вплив матеріалу і характеристик частинок. Руйнування частинок крихких матеріалів. Передача навантаження в пакованих частинках.</p> <p>2. Методи опису процесів формування за допомогою рівнянь.</p> <p><b>Розділ IV. Закономірності спікання порошкових матеріалів</b></p> <p>1. Зональне уособлення при спіканні. Неізотермічне спікання з регульованою швидкістю ушільнення</p> <p>2. Динамічні методи гарячого пресування. Елементи динаміки механічних дій на пористе тіло. Реологічна модель механічної машини з деформівним тілом.</p> <p>3. Модуль Вейбулла для спечених та гарячепресованих керамічних матеріалів та керметів.</p>	2  2  2  2  2	[3], [7]– [11]  [3], [7], [10]  [4], [6], [15]– [19]  [5], [15]-[ 19]  [5], [ 14]
3	<b>Підготовка до виконання лабораторних робіт та обговорення отриманих результатів</b>	12	
4	<b>Підготовка до виконання модульної контрольної роботи</b>	8	
5	<b>Підготовка до семестрового контролю (екзамену)</b>	30	
	<b>Всього:</b>	<b>66</b>	

**Приклади завдань до виконання  
модульних контрольних робіт**

1. Використовуючи аналітичний опис процесів охолодження та сфероїдизації продуктів розпилювання розплавів визначити умови отримання порошків алюмінію діаметром 100 мкм сферичної форми розпилюванням його розплаву за допомогою газових форсунок аргоном. Початкова температура розплаву 800 °С.
2. Визначити за яких умов можна отримувати порошок з бронзи ОФ-10-01 з розміром частинок 160 мкм. Розпилюванням розплавів повітрям і його швидкості 290 м/с.
3. Визначити за яких умов частинки продукту диспергування з розплаву заліза з 4,5%С будуть мати температуру 800°С . Початкова температура розплаву 1500°С. Швидкість газового енергоносія ( повітря) 310 м/с.
4. Визначити висоту камери розпилювання для отримання порошку міді неправильної форми. Початкова температура розплаву 1280 °С. Швидкість газового енергоносія (аргону) 285 м/с.
5. Визначити умови отримання порошків сплаву Fe+4.5%С сферичної форми розпилюванням його розплаву з початковою температурою 1500 °С повітрям.
6. Визначити за яких умов можна отримувати порошок з бронзи ОФ-10-01 з розміром частинок 120 мкм. Розпилюванням розплавів повітрям і його швидкості 260 м/с.
7. Визначити за яких умов можна отримувати порошок з бронзи ОФ-10-01 з розміром частинок 160 мкм. Розпилюванням розплавів повітрям і його швидкості 290 м/с.
8. Визначити висоту камери розпилювання для отримання порошку міді з розміром 80 мкм сферичної форми. Початкова температура розплаву 1280 °С.
9. Визначити витрати енергії для отримання порошків карбіду титану з розміром частинок 120 мкм за вихідного розміру частинок 500 мкм.
10. Визначити витрати енергії для отримання порошків чавуну з середнім розміром частинок 120 мкм за вихідного середнього розміру частинок 500 мкм.

11. Визначити витрати енергії для отримання порошкукварцю з питомою поверхнею  $20 \text{ м}^2/\text{см}^2$  за початкової питомої поверхні  $0,8 \text{ м}^2/\text{см}^2$  і питомій поверхні гранично розмеленого матеріалу  $28 \text{ м}^2/\text{см}^2$ .
12. Визначити за якої швидкості газового енергоносія (повітря) можна отримати порошок міді з середнім розміром частинок  $96 \text{ мкм}$ .
13. **Провести аналітичний опис процесу формування порошкового матеріалу (див. Таблицю 1) згідно заданого варіанту.**

Для цього:

- Вибрати одне з відомих рівнянь за допомогою якого можливо провести аналітичний опис формування матеріалу. Записати вибране рівняння у загальному вигляді та обґрунтувати його вибір.
- Використовуючи експериментальні дані (див. Таблицю) визначити постійні вибраного рівняння.
- Записати рівняння з визначеними коефіцієнтами. Побудувати графічні залежності у координатах Відносна щільність – тиск пресування за експериментальними даними (див. Таблицю) та розрахунковими даними згідно отриманого рівняння з визначеними коефіцієнтами.

Провести аналіз залежностей щодо можливості використання отриманого рівняння з визначеними коефіцієнтами для аналітичного опису процесу пресування заданих матеріалів.

(При порівнянні практичних та теоретичних залежностей необхідно визначити довірчий інтервал для експериментальних точок).

Таблиця 1 – Дані для встановлення аналітичного опису процесу пресування

Тиск пресування, МПа	Відносна щільність, %	Матеріал. Вміст, %	Розміри деталі, мм	Варіант	Примітка
30	47	Fe – 80 TiC – 15	D = 60 H = 40	1	
40	55				
50	62				
60	68				
70	71				
80	74				
30	49	Fe – 85 C – 3 Si – 12	D = 62 H = 36	2	
40	59				
50	67				
60	75				
70	78				
80	81				
30	49	Fe – 94 Cr – 4 C – 2	D = 90 H = 20	3	
40	60				
50	66				
60	72				
70	88				
80	81				
30	50	Fe – 94 Cu – 3 C – 3	D = 86 H = 40	4	
40	61				
50	69				
60	78				
70	82				
80	85				
30	61				



40	75	Sn – 60 Cu – 36 C – 4	D = 120 H = 60	5	
50	82				
60	88				
70	90				
80	92				
30	60	Cu – 80 Sn – 20	D = 116 H = 90	6	
40	73				
50	80				
60	84				
70	87				
80	88				
30	54	Sn – 60 Cu – 20 Fe – 20	D = 96 H = 40	7	
40	72				
50	78				
60	81				
70	84				
80	86				
30	55	Cu – 84 Fe – 12 SiO <sub>2</sub> – 4	D = 102 H = 50	8	
40	67				
50	74				
60	78				
70	82				

Таблиця 2 – Дані для розрахунку часу спікання при вільному спіканні та при спіканні гарячим пресуванням

Матеріал	Пористість до спікання, %	Відносна щільність після спікання, %	Розмір частинок Вихідного порошку, мкм	Поверхневий натяг, Н/м	В'язкість, Па.с	Тиск гарячого пресування, кг/см <sup>2</sup>
Ni	18	95	120	1500	1,5x10 <sup>10</sup>	30
Cu	16	98	80	1620	1,2x10 <sup>10</sup>	25
Fe	24	92	160	1340	1,9x10 <sup>10</sup>	30
Co	22	89	50	1450	1,8x10 <sup>10</sup>	35
W	28	88	10	1240	9,5x10 <sup>10</sup>	60
Mo	27	86	6	1286	8,1x10 <sup>10</sup>	52
Ti	24	91	20	1305	7,5x10 <sup>10</sup>	50
Nb	25	90	24	1140	8,8x10 <sup>10</sup>	56

**Приклади запитань до залікових білетів**

1. Визначення характеристик міцності спечених матеріалів.
1. Способи подрібнення матеріалів при отриманні порошків з них механічними методами.
2. Аналітичний опис процесу подрібнення за Ходаковим Г.С.
3. Дати характеристику бездеформаційним методам формування порошкових виробів.
4. Аналітичний опис процесу подрібнення за Ріттингером Р.Г.
5. Дати характеристику ізостатичним методам формування порошкових виробів. Обґрунтувати аналітичний опис цих методів.
6. Аналітичний опис процесу подрібнення за Сиденко П.М.
7. Аналітичний опис процесу подрібнення за Чарльзом.
8. Дати характеристику методів формування порошкових виробів, які сприяють отриманню порошкових виробів з високою щільністю та рівномірним її розподілом по його об'єму. Аналітичний опис процесу пресування цими методами.
9. Дати характеристику методів формування порошкових виробів, які сприяють отриманню їх з високою щільністю та рівномірним її розподілом по об'єму. Аналітичний опис пресування цими методами.
10. Знеміцнення матеріалів при подрібненні за Ребіндером П.А.
11. Характеристика критеріального рівняння при подрібненні струменю рідини (розплаву).
12. Аналітичний опис імпульсних методів пресування.
13. Рівняння теплового балансу для випадку диспергування розплавів при отриманні порошків з них..
14. Дати характеристику рівнянь, які можуть бути використані для аналітичного опису порошкових матеріалів крихких матеріалів.
15. Вплив теплофізичних характеристик розплавів на формування порошків при отриманні їх диспергуванням розплавів. Аналітичний опис.
16. Вплив теплофізичних характеристик розплавів на розмірчастинок порошків при отриманні їх диспергуванням розплавів. Аналітичний опис.
17. Дати характеристику процесів, які супроводжують процес ущільнення при імпульсному пресуванні. Умова контактного плавлення. Аналітичний опис.

18. Умова отримання порошків сферичної форми при диспергуванні розплавів. Аналітичний опис.
19. Умова отримання порошків неправильної форми при диспергуванні розплавів. Аналітичний опис.
20. Дати характеристику методів формування порошкових виробів, які сприяють отриманню порошкових виробів з високою щільністю та рівномірним її розподілом по його об'єму. Аналітичний опис процесу пресування цими методами.
21. Знеміцнення матеріалів при подрібненні за Ребіндером П.А.
22. Дати характеристику рівнянь, які можуть бути використані для аналітичного опису порошкових матеріалів середньої пластичності.
23. Дати характеристику методам отримання порошкових виробів великої довжини.
24. Спінання просоченням. Особливості спінання просоченням при наявності обмеженої розчинності між компонентами.
25. Розкрити сутність методів отримання порошкових виробів з рівномірним розподілом щільності по об'єму.
26. Спінання просоченням. Особливості спінання просоченням при відсутності змочування розплавом легкоплавкої складової твердої фази.
27. Дати характеристику бездеформаційним методам формування порошкових виробів.
28. Спінання у присутності рідкої фази. Вплив різних факторів на спінання у присутності рідкої фази.
29. Дати характеристику ізостатичним методам формування порошкових виробів. Обґрунтувати аналітичний опис цих методів.
30. Спінання у присутності рідкої фази. Вплив вихідної пористості виробів на процес спінання у присутності рідкої фази.
31. Дати характеристику рівнянь, які можуть бути використані для аналітичного опису порошкових матеріалів середньої пластичності.
32. Закономірності спінання у присутності рідкої фази. Причини від'ємної усадки при спінанні у присутності рідкої фази.
33. Дати характеристику методів формування порошкових виробів, які сприяють отриманню порошкових виробів з високою щільністю та рівномірним її розподілом по його об'єму. Аналітичний опис процесу пресування цими методами.
34. Роль поверхневої та об'ємної дифузії при активуванні процесів спінання. Критерії Гегузіна.
35. Закономірності спінання багатокомпонентних виробів з необмеженою розчинністю у твердій фазі.
36. Закономірності спінання багатокомпонентних виробів з обмеженою розчинністю у твердій фазі.
37. Розкрити роль пластифікаторів при пресуванні виробів різними методами. Визначення властивостей пластифікованих сумішей при пресуванні порошкових виробів м'яким та інжекційним формуванням.
38. Спінання багатокомпонентних виробів. Закономірності спінання багатокомпонентних виробів, які складаються з компонентів нерозчинних один в одному у твердій фазі.
39. Дати характеристику імпульсним методам формування порошкових виробів. Аналітичний опис імпульсних методів пресування.
40. Причини від'ємної усадки при спінанні.
41. Розкрити причини можливого нерівномірного розподілу щільності по об'єму пресовки. Дати характеристику умовам та методам отримання пресовок з рівномірним розподілом щільності по їх об'єму.
42. Дія механізмів спінання, які не супроводжуються усадкою виробів.

43. Дати характеристику рівнянь, які можуть бути використані для аналітичного опису порошкових матеріалів крихких матеріалів.
44. Характеристика механізмів спікання, які супроводжуються усадкою виробів.
45. Розкрити сутність ізостатичних методів формування.
46. Розкрити сутність методів спікання, які сприяють отриманню порошкових виробів з практично стовідсотковою щільністю.
47. Методи активації процесів спікання. Їх сутність.
48. Дати характеристику бездеформаційним методам формування порошкових виробів без прикладення тиску.
49. Реалізація механізму пластичної течії при спіканні. Аналітичний опис.
50. Дати характеристику процесів, які супроводжують процес ущільнення при імпульсному пресуванні. Методи отримання пресовок з рівномірним розподілом щільності по їх об'єму.
51. Характеристика основних механізмів спікання у твердій фазі.
52. Характеристика імпульсних методів пресування порошкових виробів.
53. Механізми спікання виробів у присутності рідкої фази.
54. Пресування прокаткою. Вплив різних чинників.
55. Спікання гарячим пресуванням. Аналітичний опис.
56. Роль змочування під час консолідації порошкових виробів спіканням у присутності рідкої фази та просочуванням спікання порошкових виробів
57. Імпульсні методи пресування порошкових виробів. Умова плавлення.
58. Аналітичний опис імпульсних методів пресування.
59. Феномонологічний опис процесу спікання за Скороходом.

### Приклади білетів до заліку

№

1. Дати характеристику рівнянь, які можуть бути використані для аналітичного опису порошкових матеріалів крихких матеріалів.
2. Вплив теплофізичних характеристик розплавів на формоутворення порошків при отриманні їх диспергуванням розплавів. Аналітичний опис.
3. Механізми спікання виробів у присутності рідкої фази.

№

1. Розкрити сутність ізостатичних методів формування. Аналітичний опис .
2. Вплив теплофізичних характеристик розплавів на розмірчастинок порошків при отриманні їх диспергуванням розплавів. Аналітичний опис.
3. Роль змочування під час консолідації порошкових виробів спіканням у присутності рідкої фази та просочуванням спікання порошкових виробів

№

1. Дати характеристику процесів, які супроводжують процес ущільнення при імпульсному пресуванні. Умова контактного плавлення. Аналітичний опис.
2. Умова отримання порошків сферичної форми при диспергуванні розплавів. Аналітичний опис.

3. Феномонологічний опис процесу спікання за Скороходом.

№

1. Характеристика імпульсних методів пресування порошкових виробів.  
Аналітичний опис.

2. Умова отримання порошків неправильної форми при диспергуванні розплавів.  
Аналітичний опис.

3. Методи активації процесів спікання. Їх сутність

Додаток Г

## **Приклади тестових запитань**

з дисципліни

**“ Фундаментальні засади теорії і технології порошкових  
і композиційних матеріалів “**

**для контролю самостійного вивчення лекційного матеріалу студентами**

**гр. \_\_\_\_\_**

**на період дистанційного навчання у \_\_\_\_\_ 202\_\_ року**

Викладач : проф. Степанчук Анатолій Миколайович,

Контактний телефон: 067-944-11-60

Email: [anstepanchuk6@gmail.com](mailto:anstepanchuk6@gmail.com)

**Розділ 1 - Одержання порошків механічними методами**

**Розділ II - Одержання порошків розпиленням розплавів**

### Тест №1

**Чим зумовлена підвищена твердість порошків?**

- А. Застосування механічних методів для їх отримання, методом отримання порошків, вмістом домішок вуглецю у вигляді твердих розчинів та карбідів.
- Б. Складом матеріалу порошку, режимами їх отримання, методом переробки отриманого продукту.
- В. Використання для отримання порошків методу відновлення оксидів металів воднем, режимами отримання їх карбонільним методом, тиском газу відновника в робочому просторі печі.

**Відповідь: Правильною може бути одна, дві або всі відповіді. Наприклад: Відповідь: А ; Відповідь: А.В; Відповідь А, Б, В.**

### Тест №2

**За якою формулою можна визначити енергетичні витрати на отримання порошків механічним розмелюванням з заданими властивостями ?**

$$1. \varepsilon = \frac{2be}{a_2} \left( \ln \frac{S}{S_0} + \ln \frac{S_m - S_0}{S_m - S} \right) + \frac{S_m}{a_2} (3b\beta l_1 + a_2\sigma + \gamma) \ln \frac{S_m - S_0}{S_m - S} + \frac{b\beta l_1^2 S_m^2}{4a_2} \left( \frac{S - S_0}{S_m} - \ln \frac{S_m - S_0}{S_m - S} \right)$$

$$2. A = A_0 F = 6A_0 D^2 (i - 1),$$

$$3. E_0 = \frac{\sigma_0}{2E} V = eV,$$

Відповідь:

### Тест №3

**Як прискорити процес отримання порошків металів та сплавів розмелюванням в кульових млинах?**

- А. Ромелювання проводити в середовищі спирту, ацетону, дисцильованої води, у присутності ПАР або за низьких температур.
- Б. Розмелювання проводити у присутності рідин.
- В. Розмелювання проводити присутності кислот, лугів або за високих температур.

Відповідь:

### Тест №4

**Яким є робоче число обертів барабану при отриманні порошків розмелюванням у кульових млинах?**

- А. Робоче число обертів барабану лежить у межах 0,6–0,85 від критичного числа.

$$N_{кр} = \frac{4.21}{\sqrt{D}}, \text{ де } D - \text{діаметр барабану.}$$

- Б. Робоче число обертів барабану повинно бути меншим ніж критичне число.

$$N_{кр} = \frac{4.21}{\sqrt{D}}, \text{ де } D - \text{діаметр барабану.}$$

- В. Робоче число обертів барабану повинно бути більшим ніж критичне число.

$$N_{кр} = \frac{4.21}{\sqrt{D}}, \text{ де } D - \text{діаметр барабану.}$$

Відповідь:

### Тест №5

**За яких значень показника  $m$  у наведеному рівнянні воно буде описувати процес під час тонкого подрібненні ?**

$$d\varepsilon = -c'' dx / x^m = c' d_1 S / S^{2-m},$$

- А. 1.
- Б. 2.
- В. 3.

Відповідь:

### Тест №6

**При отриманні порошків металів та сплавів розмелюванням в яких млинах реалізується подрібнення за рахунок вільного удару?**

- А. Спосіб розмелювання вільним ударом реалізується при розмелюванні в вихрових та струменевих млинах.
- Б. Спосіб розмелювання вільним ударом реалізується при розмелюванні в молоткових дробарках, кульових млинах за режиму вільного падіння, відцентрових подрібнювачах.
- В. Спосіб розмелювання вільним ударом реалізується при розмелюванні в планетарних, вібраційних та атриторних млинах.

Відповідь:

**Тест №7**

**Як попередити намелювання (забруднення матеріалом стінок робочого об'єму млина, матеріалом молольних тіл) порошків металів та сплавів, які отримують розмелюванням?**

- А. Проводити футеровку стінок барабану млина зносостійкими матеріалами, використовувати для виготовлення молольних тіл зносостійкі матеріали, виготовляти робочі елементи подрібнювачів (стілки барабанів, молольні тіла) з матеріалу подібного до того, який розмелюється.
- Б. Використовувати захисне середовище для розмелювання (рідини, газу), регулювати режими розмелювання, використовувати молольні тіла з зносостійких матеріалів.
- В. Змінювати режими розмелювання, проводити розмелювання у присутності поверхнево активних речовин (ПАР).

Відповідь:

**Тест №8**

**Витрати енергії на які процеси виховує наведене нижче рівняння під час отримання порошків розмелюванням ?**

$$\varepsilon = \frac{2be}{a_2} \left( \ln \frac{S}{S_0} + \ln \frac{S_m - S_0}{S_m - S} \right) + \frac{S_m}{a_2} (3b\beta l_1 + a_2\sigma + \gamma) \ln \frac{S_m - S_0}{S_m - S} + \frac{b\beta l_1^2 S_m^2}{4a_2} \left( \frac{S - S_0}{S_m} - \ln \frac{S_m - S_0}{S_m - S} \right)$$

1. На пластичну деформацію.
2. На виконання роботи сил тертя.
3. Випаровування матеріалу.

Відповідь:

**Тест №8**



### **Що впливає на інтенсивність розмелювання в вібраційних млинах?**

- А. На інтенсивність розмелювання в вібраційних млинах впливають: кількість обертів вала з дебалансом, об'єм млина, кількість молольних тіл у  $1 \text{ дм}^3$  барабану млина, величина заповнення млина молольними тілами, кількість імпульсів, що передається кожному з молольних тіл корпусом млина за одне колове коливання, кількість імпульсів, які передаються за один оберт вала кожному молольному тілу від сусіднього, наявність у барабані інертних рідин та ПАР.
- Б. Збільшення кількості обертів вала з дебалансом млина, частота коливань млина, габарити млина, вид матеріалу, що розмелюється, геометрія молольних тіл.
- В. Розмір молольних тіл, вихідний матеріал, відсутність в молольному середовищі інертних рідин та ПАР.

Відповідь:

### **Тест № 10**

**Чим зумовлена розвинена поверхня частинок порошоків, які отримані розмелюванням у вихрових млинах?**

- А. Способом та механізмом подрібнення.
- Б. Властивостями матеріалу, що подрібнюється.
- В. Робочими параметрами розмелювання.

Відповідь:

### **Тест № 11**

**Що необхідно враховувати під час кількісного опису просу отримання порошоків розмелюванням ?**

1. Витрати енергії на тертя між матеріалом, молольними тілами і конструкційними елементами млина.
2. Витрати енергії на руйнування конгломератів.
3. Взаємодію між матеріалом і середовищем розмелювання.

Відповідь:

### **Тест № 12**

**Який спосіб, режим та число обертів барабану необхідно реалізувати при отриманні порошоків з пластичних матеріалів розмелюванням у кульових млинах**

- А. Спосіб розмелювання стиранням, режим ковзання,  $N_{\text{роб}} = 0,6N_{\text{кр}}$ .
- Б. Спосіб розмелювання стиранням, режим перекочуванням,  $N_{\text{роб}} \leq 0,6N_{\text{кр}}$ .
- В. Спосіб розмелювання стисненням ударом,  $N_{\text{роб}} = 0,075N_{\text{кр}}$ .

Відповідь:

### Тест № 13

**Як регулювати розмір частинок порошоків при отриманні їх розмелюванням у атриторних млинах?**

- А. Часом розмелювання, швидкістю подачі проточної рідини в барабан млина.
- Б. Часом розмелювання, проведення розмелювання в рідині, швидкістю обертання вала з мішалками.
- В. Проведення розмелювання в рідині, видом та геометрією молоткових тіл.

Відповідь:

### Тест № 14

**Як регулювати розмір частинок порошоків при отриманні їх розмелюванням у вихрових млинах?**

- А. Швидкістю подачі проточного газового середовища у барабан млина.
- Б. Часом розмелювання, видом газового середовища.
- В. Режимми розмелювання, геометрією пропелерів (біяків).

Відповідь:

### Тест № 15

**Які із рідин у найбільшій мірі сприяють прискоренню процесу подрібнення матеріалів у млинах ?**

1. Вода.
2. Ацетон.
3. Спирт.

Відповідь:

### Тест № 16

**За яким виразом можна оцінити критичну швидкість газового енергоносія при отриманні порошоків диспергуванням (розпилюванням) розплавів.**

$$A. U_{кр} = 2 \sqrt{\frac{2\sigma_p}{\gamma_r d_k}},$$

$$\text{Б. } U_{\text{кр}} = \left( \frac{8\sigma}{\gamma d} \right)^{0,5}$$

$$\text{В. } U_{\text{кр}} = 7,7 \frac{\sqrt[4]{\sigma^3}}{\sqrt[4]{d_{\text{к}}}}$$

Відповідь:

### Тест № 17

Який критерій враховує співвідношення сил поверхневого натягу і сил в'язкості у критеріальному рівнянні диспергування рідин (розплавів)  $\frac{d}{d_{\text{к}}} = f(We, LpM, N), ?$

1. Критерій Вебера –  $We = \frac{U_{\Gamma} \gamma_{\text{р}} d_{\text{к}}}{\sigma}$ ,
2. Критерій Лапласа –  $Lp = \frac{\eta_{\text{М}}^2}{\gamma_{\Gamma} \sigma d_0}$ ,
3. Критерій М –  $M = \frac{\gamma_{\Gamma} U_{\Gamma}^2}{\gamma_{\text{р}} C_{\text{р}}^2}$ ,

Відповідь:

### Тест № 18

Який тиск енергоносія використовують при отриманні порошків металів та сплавів диспергуванням (розпилюванням) розплавів газами?

- А. 0,2 – 2,0 МПа.
- Б. 8,0 – 1,2 МПа
- В. 2,0 – 10,0 МПа

### Тест № 19

**За рахунок яких процесів переважно відбувається тепловіддача тепла від частинок – продуктів диспергування під час отримання порошків розпилюванням розплавів газами?**

1. Конвекцією.
2. Випромінюванням.
3. Теплопровідністю.

Відповідь:

#### **Тест № 20**

**Який тиск енергоносія використовують при отриманні порошків металів та сплавів диспергуванням (розпилюванням) розплавів рідинами?**

- А. 2,0 – 10,0 МПа.
- Б. 4,0 – 6,0 МПа.
- В. 0,2 – 2,0 МПа.

Відповідь:

#### **Тест № 21**

**Як змінюється в'язкість розплавів металів та сплавів зі збільшенням температури ?**

- А. Зменшується.
- Б. Слабо зменшується.
- В. Збільшується.

Відповідь:

#### **Тест № 22**

**Як змінюється поверхневий натяг розплавів металів та сплавів зі збільшенням температури ?**

- А. Слабо зменшується.
- Б. Зменшується.
- В. Збільшується.

Відповідь:

#### **Тест № 23**

За яким рівнянням можна визначити розмір частинок порошків під час отримання їх розпилюванням розплавів ?

$$1. d_{\text{сер}} = \frac{585}{U_{\Gamma}} \sqrt{\frac{\sigma_p}{\gamma_p}} + 597 \left( \frac{\eta_p}{\sqrt{\gamma_p \sigma_p}} \right)^{0,45} \frac{10^3 G_p}{G_{\Gamma}} ;$$

$$2. d_{\text{сер}} = \frac{585}{U_{\Gamma}} \sqrt{\frac{\sigma_p}{\gamma_p}} + 597 \left( \frac{\eta_p}{\sqrt{\gamma_p \sigma_p}} \right)^{0,15} \frac{10^3 \sigma_p}{G_{\Gamma}} ;$$

$$3. d = \frac{A}{\omega} \sqrt{\frac{\sigma_m}{D \gamma_m}}$$

Відповідь:

#### Тест № 24

За яким режимом кипіння має місце найбільший коефіцієнт тепловіддачі під час отримання порошків розпилюванням розплавів водою ?

1. Плівковий.
2. Бульбашковий.
3. Змішаний.

Відповідь:

#### Тест № 25

За яким рівнянням можна визначити час сфероїдизації продуктів розпилювання розплавів газами.

$$1. \tau_{\text{сф}} = \frac{3\pi \eta_p}{\sigma} (R - r) + 1,65 \frac{d}{U_{\Gamma}} \left( \frac{\gamma_m}{\gamma_{\Gamma}} \right)^{0,5} ;$$

$$2. \tau_{\text{сф}} = \frac{3\pi \eta_p}{\sigma} (R - r) ;$$

$$3. \tau_{\text{сф}} = \frac{3}{4} \frac{\pi^2 \eta_m \gamma_e}{V_k \sigma_m \gamma_{\text{пов}}} (R_k^4 - r_{\text{пор}}^4)$$

Відповідь:

### Тест № 26

За якими виразами можна визначити коефіцієнт тепловіддачі під час охолодження продуктів диспергування розплавів розпилюванням газами ?

1.  $\alpha_K = \frac{0,62 \operatorname{Re}^{0,5} \lambda_{\Gamma}}{d}$  ;

2.

$$\alpha_K = \left( 3,4 - 0,2 \frac{t_M}{1000} \right) \sqrt{\frac{U_{\Gamma}}{d}} ;$$

3.  $\alpha_K = \frac{0,62 \operatorname{Re}^{0,5} \lambda_{\Gamma}}{\gamma}$  .

Відповідь:

### Тест № 27

За якою формулою можна оцінити коефіцієнт тепловіддачі під час охолодження продуктів розпилювання розплавів водою ?

1.  $\alpha_{\text{конл}} = \xi^{0,4} p - q_H$

2.  $q_H = 10^3 K \beta_B \sqrt{\sigma_B \gamma_{\Pi}^2 (\gamma_M - \gamma_{\Pi})}$

3.  $\alpha_K = \left( 3,4 - 0,2 \frac{t_M}{1000} \right) \sqrt{\frac{U_{\Gamma}}{d}}$

Відповідь:

### Тест № 28

За якою формулою можна визначити швидкість охолодження розплаву при його диспергуванні з метою отримання порошків металів та сплавів?

А.  $-\frac{dt}{d\tau} = \frac{\alpha S}{Cm} (t_M - t_{\Gamma})$  .

Б.  $t_{M_2} = t_{\Gamma} + (t_{M_1} - t_{\Gamma}) e^{-\frac{6\alpha_K \tau}{c\gamma d}}$

В.  $-\frac{dt}{d\tau} = \frac{\alpha V}{Cm} (t_{nl} - t_{\Gamma})$

Відповідь:

### Тест № 29

За якою формулою можна визначити коефіцієнт тепловіддачі конвекцією при охолодженні продуктів диспергування при отриманні порошків металів та сплавів розпилюванням розплавів газами?

А.  $\alpha_k = \frac{0,62 \text{Re}^{0,5} \lambda_r}{d}$

Б.  $\alpha_k = \left( 3,4 - 0,2 \frac{t_m}{1000} \right) \sqrt{\frac{U_r}{d}}$

В.  $\alpha_k = \xi^{0,4} p - q_H$

Відповідь:

### Тест № 30

За якою формулою можна визначити час охолодження продуктів (частинок) розплаву до затвердіння при його диспергуванні з метою отримання порошків металів та сплавів?

А.  $\tau = \frac{c\gamma d}{\sigma\lambda_k} \ln \frac{t_m - t_r}{t_k - t_r} + \frac{Qm}{qS}$

Б.  $\tau = \frac{c\gamma d}{\sigma\lambda_k} \ln \frac{t_m - t_r}{t_k - t_r}$

В.  $\tau = \frac{3\pi\eta_p}{\sigma} (R - r)$

Відповідь:

### Тест № 31

За якою формулою можна визначити коефіцієнт тепловіддачі при охолодженні продуктів диспергування при отриманні порошків металів та сплавів розпилюванням розплавів рідиною?

А.  $\alpha = \xi^{0,4} p - 10^3 K\beta_B \sqrt{\sigma_B \gamma_{II}^2 (\gamma_M - \gamma_{II})}$

Б.  $\alpha = \xi^{0,4} p - q_H$

В.  $\alpha = \frac{0,62 \text{Re}^{0,5} \lambda_r}{d}$

Відповідь:

### Тест №32

За якою формулою можна визначити час сфероїдизації продуктів (частинок) диспергування розплаву при отриманні порошків металів та сплавів?

$$\text{А. } \tau_{\text{сф}} = \frac{3\pi\eta_p}{\sigma}(R-r) + 1,65 \frac{d}{U_\Gamma} \left( \frac{\gamma_M}{\gamma_\Gamma} \right)^{0,5}$$

$$\text{Б. } \tau_{\text{сф}} = \frac{3\pi\eta_p}{\sigma}(R-r)$$

$$\text{В. } \tau_{\text{сф}} = \frac{3}{4} \frac{\pi^2 \eta_M \gamma_\epsilon}{V_K \sigma_M \gamma_{\text{пов}}} (R_K^4 - r_{\text{пор}})$$

Відповідь:

### Тест № 33

При якому співвідношенні часу охолодження продуктів (частинок) розплаву до часу їх сфероїдизації отримуються частинки сферичної форми при їх отриманні розпилюванням розплавів?

- А.  $\tau_{\text{охол}}/\tau_{\text{сф}} > 1$
- Б.  $\tau_{\text{охол}}/\tau_{\text{сф}} = 1$
- В.  $\tau_{\text{охол}}/\tau_{\text{сф}} \leq 1$

Відповідь:

### Тест № 34

При якому характері кипіння води при отриманні порошків металів та сплавів диспергуванням розплавів рідинами має місце найбільший коефіцієнт тепловіддачі?

- А. При бульбашковому за температури 300–350<sup>0</sup>С.
- Б. При кипінні за температури 300<sup>0</sup>С.
- В. При плівковому за температури 600<sup>0</sup>С.

Відповідь:

### Тест № 35

При якому співвідношенні часу охолодження продуктів (частинок) розплаву до часу їх сфероїдизації отримуються частинки неправильної форми при їх отриманні розпилюванням розплавів?

- А.  $\tau_{\text{охол}}/\tau_{\text{сф}} \leq 1$
- Б.  $\tau_{\text{охол}}/\tau_{\text{сф}} = 1$
- В.  $\tau_{\text{охол}}/\tau_{\text{сф}} > 1$



Відповідь:

### Тест № 36

**Як змінюється вміст кисню в порошках отриманих розпилюванням розплавів повітрям від їх питомої поверхні?**

- А. Збільшується, за інших рівних умов.
- Б. Незначно збільшується залежно від умов розпилювання.
- В. Зменшується.

Відповідь:

### Тест № 37

**Що впливає на вміст кисню в порошках отриманих розпилюванням розплавів повітрям?**

- А. Ступінь диспергування (розпилювання), склад вихідного розплаву.
- Б. Температура вихідного розплаву, тиск енергоносія, вид енергоносія.
- В. Конструкція установки для розпилювання, поверхневий натяг розплаву.

Відповідь:

### Тест № 38

**За якою формулою можна визначити розмір (діаметр) частинок порошоків з тугоплавких матеріалів отримуваних розпилюванням з допомогою обертових електродів?**

А.  $d = \frac{A}{\omega} \sqrt{\frac{\sigma_m}{D\gamma_m}}$

Б.  $d = \frac{A}{\omega} \sqrt{\frac{\sigma_m}{D\gamma_m}}$

В.  $d = 597 \left( \frac{\eta_p}{\sqrt{\gamma_p \sigma_p}} \right)^{0,15}$  .

Відповідь:

### Тест № 39

**Як змінюється максимально допустимий діаметр струменя металу зі збільшенням його температури плавлення при отриманні порошків металів та сплавів диспергуванням розплавів?**

- А. Збільшується.
- Б. Не змінюється.
- В. Зменшується.

Відповідь:

#### **Тест №40**

**Чим визначається фазовий склад структури матеріалу порошків отриманих диспергуванням розплавів?**

- А. Діаграмою стану.
- Б. Складом матеріалу.
- В. Швидкістю охолодження продуктів диспергування.

Відповідь:

#### **Тест № 41**

**Як впливає збільшення вмісту в розплаві металу карбидоутворюючих елементів на ступінь зменшення в матеріалі вуглецю при отриманні з нього порошків сплавів диспергуванням розплавів?**

- А. Сприяє збільшенню ступеня зменшення вмісту вуглецю.
- Б. Слабо впливає на збільшення ступеня зменшення вмісту вуглецю.
- В. Сприяє зменшенню ступеня зменшення вмісту вуглецю.

Відповідь:

#### **Тест № 42**

**Якими основними факторами можна впливати на ступінь диспергування розплавів при отриманні порошків з них?**

- А. В'язкістю розплаву, температурою розплаву в зоні диспергування, температурою енергоносія, потужністю енергоносія (тиском газу або рідини).
- Б. Температурою вихідного розплаву, витратами енергоносія на 1 кг розплаву.
- В. Поверхневим натягом розплаву, габаритами (висотою) камери розпилювання.

Відповідь:

### Тест № 43

Який тиск енергоносія використовують при отриманні порошків металів та сплавів диспергуванням (розпилюванням) розплавів рідинами?

- А. 2,0 – 10,0 МПа.
- Б. 4,0 – 6,0 МПа.
- В. 0,2 – 2,0 МПа.

Відповідь:

### Тест № 44

Як змінюється в'язкість розплавів металів та сплавів зі збільшенням температури ?

- А. Зменшується.
- Б. Слабо зменшується.
- В. Збільшується.

Відповідь:

### Тест № 45

Як змінюється поверхневий натяг розплавів металів та сплавів зі збільшенням температури ?

- А. Слабо зменшується.
- Б. Зменшується.
- В. Збільшується.

Відповідь:

### Тест № 46

За яким рівнянням можна визначити розмір частинок порошків під час отримання їх розпилюванням розплави ?

$$1. d_{\text{сер}} = \frac{585}{U_{\Gamma}} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{п}}}{\gamma_{\text{п}}}} + 597 \left( \frac{\eta_{\text{п}}}{\sqrt{\gamma_{\text{п}} \sigma_{\text{п}}}} \right)^{0,45} \frac{10^3 G_{\text{п}}}{G_{\Gamma}} ;$$
$$2. d_{\text{сер}} = \frac{585}{U_{\Gamma}} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{п}}}{\gamma_{\text{п}}}} + 597 \left( \frac{\eta_{\text{п}}}{\sqrt{\gamma_{\text{п}} \sigma_{\text{п}}}} \right)^{0,15} \frac{10^3 \sigma_{\text{п}}}{G_{\Gamma}} ;$$

$$3. d = \frac{A}{\omega} \sqrt{\frac{\sigma_M}{D\gamma_M}}$$

Відповідь:

#### Тест № 47

**За яким режимом кипіння має місце найбільший коефіцієнт тепловіддачі під час отримання порошків розпилюванням розплавів водою ?**

1. Плівковий.
2. Бульбашковий.
3. Змішаний.

Відповідь:

#### Тест №48

**З а яким рівнянням можна визначити час сфероїдизації продуктів розпилювання розплавів газами.**

$$1. \tau_{\text{сф}} = \frac{3\pi \eta_p}{\sigma} (R - r) + 1,65 \frac{d}{U_\Gamma} \left( \frac{\gamma_M}{\gamma_\Gamma} \right)^{0,5};$$

$$2. \tau_{\text{сф}} = \frac{3\pi \eta_p}{\sigma} (R - r);$$

$$3. \tau_{\text{сф}} = \frac{3}{4} \frac{\pi^2 \eta_M \gamma_\epsilon}{V_K \sigma_M \gamma_{\text{пов}}} (R_K^4 - r_{\text{пор}}^4)$$

Відповідь:

#### Тест № 49

**За якими виразами можна визначит коефіцієнт тепловіддачі під час охолодження продуктів диспергування розплавів розпилюванням газами ?**

$$1. \alpha_K = \frac{0,62 \text{Re}^{0,5} \lambda_\Gamma}{d};$$

2.

$$\alpha_k = \left( 3,4 - 0,2 \frac{t_M}{1000} \right) \sqrt{\frac{U_\Gamma}{d}} ;$$

$$3. \alpha_k = \frac{0,62 \text{Re}^{0,5} \lambda_\Gamma}{\gamma} .$$

Відповідь:

### Тест № 50

За якою формулою можна оцінити коефіцієнт тепловіддачі під час охолодження продуктів розпилювання розплавів водою ?

1.  $\alpha_{\text{конл}} = \xi^{0,4} p - q_H$
2.  $q_H = 10^3 K \beta_B \sqrt{\sigma_B \gamma_\Pi^2 (\gamma_M - \gamma_\Pi)}$
3.  $\alpha_k = \left( 3,4 - 0,2 \frac{t_M}{1000} \right) \sqrt{\frac{U_\Gamma}{d}}$

Відповідь:

### Тест № 51

За якою формулою можна визначити швидкість охолодження розплаву при його диспергуванні з метою отримання порошків металів та сплавів?

- А.  $-\frac{dt}{d\tau} = \frac{\alpha S}{Cm} (t_M - t_\Gamma)$
- Б.  $t_{M_2} = t_\Gamma + (t_{M_1} - t_\Gamma) e^{-\frac{6\alpha_k \tau}{c\gamma d}}$
- В.  $-\frac{dt}{d\tau} = \frac{\alpha V}{Cm} (t_{nl} - t_\Gamma)$

Відповідь:

**Додаток Д**

Студент: \_\_\_\_\_

Група: \_\_\_\_\_

**Тестові запитання**

**з дисципліни**

**“ Фундаментальні засади теорії і технології порошкових  
і композиційних матеріалів “**

**для контролю самостійного вивчення лекційного матеріалу студентами**

**гр. \_\_\_\_\_**

**на період дистанційного навчання у \_\_\_\_\_ 202\_\_ року**

Викладач : проф. Степанчук Анатолій Миколайович,  
Контактний телефон: 067-944-11-60  
Email: [anstepanchuk6@gmail.com](mailto:anstepanchuk6@gmail.com)

## **Розділ III - Закономірності формування порошкових матеріалів**

### Запитання 1

**За якою формулою можна визначити бічний тиск при пресуванні порошкових матеріалів в пресформах?**

/варіанти відповіді/

А.  $P_{бок} = P_{пр} \frac{\nu}{1 - \nu}$

Б.  $P_{бок} = P_{пр} \xi$

В.  $P = 4\mu \xi P \frac{h}{D}$

**Відповідь:** (Приклад відповіді : А, або Б, або В, або А і Б, або інші варіанти)

### Запитання 2

**За якою формулою можна визначити максимально допустимий діаметр порошку, який використовують для виготовлення порошкового прокату?**

/варіанти відповіді/

А.  $d_{\max} = \frac{h_n + \alpha_p^2 R}{n}$ .

$$\text{Б. } d_{\max} = \frac{2h_x + \alpha_p^2 D}{2n}.$$

$$\text{В. } d_{\max} = \frac{k}{2\eta_z \alpha^2} \left[ \frac{\Delta p}{h} \right]_{\text{кр}}.$$

**Відповідь:**

#### Запитання 3

**Як впливає в'язкість газового середовища на ступінь ущільнення при пресуванні прокаткою порошкових матеріалів?**

/варіанти відповіді/

- А. Зі зменшенням в'язкості газового середовища ступінь ущільнення збільшується.
- Б. Має місце слабка залежність щільності прокату від в'язкості газового середовища при прокатці.
- В. Зі зменшенням в'язкості газового середовища ступінь ущільнення зменшується.

**Відповідь:**

#### Запитання 4

**Які вимоги ставляться до пластифікованих сумішей, які використовуються для отримання порошкових заготівок методом мундштучного пресування (екструзією)?**

/варіанти відповіді/

- А. Ставляться вимоги відносно їх пластичної міцності, пластичної в'язкості, умовної динамічної межі текучості, характеру кривих витікання.
- Б. Ставляться вимоги до властивостей, які характерні до тіл Бінгама-Шведова.
- В. Ставляться вимоги до властивостей, які характерні до Ньютоновських тіл.

**Відповідь:**

#### Запитання 5

**За якою формулою можна визначити пластичну міцність пластифікованої суміші, яка використовується для отримання виробів методом мундштучного пресування (екструзією)?**

/варіанти відповіді/

$$\text{А. } \tau_m = k_\alpha \cdot \frac{10}{\pi} \cdot g \cos \alpha \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{P}{H}.$$

$$\text{Б. } \tau_m = k_\alpha \frac{P}{H}.$$

$$\text{В. } \tau_m = k_\alpha \frac{P}{S}.$$

**Відповідь:**



### Запитання 6

**За якою формулою можна визначити пластичну в'язкість пластифікованої суміші, яка використовується для отримання виробів методом мундштучного пресування (екструзією)?**

/варіанти відповіді/

$$A. \eta_m = \frac{\pi R^4}{8lG} \left[ p - \frac{4}{3} p_0 \right].$$

$$B. \eta_m = \frac{\pi R^4}{8lG} \left[ p - 12 \frac{l}{R} p_g \right].$$

$$B. \eta_m = \eta_0 \left( 1 + \frac{5}{2} \theta \right).$$

**Відповідь:**

### Запитання 7

**Як впливають поверхнево-активні мастила на розподіл щільності в пресовці?**

/варіанти відповіді/

- A. Збільшують щільність пресовки і рівномірність її розподілу по об'єму.
- Б. Збільшують щільність пресовки.
- В. Не впливають на розподіл щільності по об'єму пресовки.

**Відповідь:**

### Запитання 8

**Як впливає збільшення тиску пресування на величину пружної післядії пресовки після її вилучення з прес-форми?**

/варіанти відповіді/

- A. В основному спочатку збільшується а потім зменшується.
- Б. Збільшується або зменшується залежно від матеріалу частинок порошків.
- В. Зменшується.

**Відповідь:**

### Запитання 9

**Як впливає наявність мастила на величину пружної післядії пресовки після її вилучення з прес-форми?**

/варіанти відповіді/

- А. Збільшується пружна післядія..
- Б. Не впливає на пружну післядію.
- В. Зменшується пружна післядія

**Відповідь:**

Запитання 10

**Як впливає зменшення розміру частинок порошків на ступінь їх ущільнення?**

/варіанти відповіді/

- А. Переважно ступінь ущільнення , при інших рівних умовах, зменшується?
- Б. Залежно від стадії ущільнення зменшується або збільшується.
- В. Розмір частинок порошку не впливає на ступінь ущільнення.

**Відповідь:**

Запитання 11

**Як впливає збільшення питомої поверхні порошків на ступінь їх ущільнення?**

/варіанти відповіді/

- А. Ступінь ущільнення зменшується.
- Б. Залежно від стадії ущільнення зменшується або збільшується.
- В. Ступінь ущільнення збільшується.

**Відповідь:**

Запитання 12

**У яких порошків формовність більша – у отриманих електролізом водних розчинів солей металів чи розпилюванням розплавів газом?**

/варіанти відповіді/

- А. У отриманих електролізом.
- Б. Відрізняється слабо і залежить від розміру частинок порошків.
- В. У отриманих розпилюванням розплавів газом.

**Відповідь:**

Запитання 13

За рахунок яких процесів відбувається ущільнення порошкових матеріалів з пластичних матеріалів?

Варіанти відповіді:

- А. Структурна деформація, крихке руйнування.
- Б. Крихке руйнування з наступним більш щільним укладанням частинок порошку.
- В. Утворення нестабільних структур.

**Відповідь:**

#### Запитання 14

**На які стадії можна поділити процес ущільнення порошкових матеріалів згідно уявлень Щербаня М.І.?**

/варіанти відповіді/

- А. Стадія утворення нестабільних просторових структур; стадія утворення стійких просторових структур; стадія макродеформації об'єму частинок порошку; стадія об'ємної течії матеріалу частинок.
- Б. Стадія утворення нестабільних просторових структур; стадія утворення стійких просторових структур;
- В. Стадія утворення просторових структур; зростання частинок порошку

**Відповідь:**

#### Запитання 15

**За рахунок яких процесів відбувається ущільнення порошків з пластичних матеріалів?**

Варіанти відповіді:

- А. Структурна деформація, пластична деформація, об'ємне стиснення.
- Б. Відносне переміщення частинок, деформація частинок.
- В. В'язка течія, зклеювання.

**Відповідь:**

#### Запитання 16

**До чого приводить збільшення бокового тиску при пресуванні?**

/варіанти відповіді/

- А. До нерівномірного розподілу щільності по висоті пресовки.
- Б. До нерівномірного розподілу щільності по об'єму пресовки
- В. До більш рівномірного розподілу щільності в пресовці.

**Відповідь:**

#### Запитання 17

**За якою формулою можна визначити розподіл тиску в пресовці при статичному пресуванні?**

/варіанти відповіді/

А.  $P_h = P e^{-4\mu\xi \frac{h}{D}}$

Б.  $dP = 4\mu\xi P \frac{h}{D}$

$$B. P = \mu \xi P_{бок} \pi D h$$

**Відповідь:**

Запитання 18

**За якою формулою можна визначити силу тертя пресовки об стінки циліндричної прес-форми при пресуванні порошкових матеріалів?**

/варіанти відповіді/

$$A. N_{тр} = \mu \xi P_{бок} \pi D h$$

$$B. N_{тр} = \mu P_{бок} F_{бок}$$

$$B. N_{\partial\partial} = 4 \mu \xi P \frac{h}{D}$$

**Відповідь:**

Запитання 19

**Як впливають інертні мастила на розподіл щільності в пресовці?**

/варіанти відповіді/

- A. Сприяють більш рівномірному розподілу щільності.
- Б. Слабо впливають на рівномірний розподіл щільності.
- В. Не впливають на розподіл щільності в пресовці.

**Відповідь:**

Запитання 20

/основа питання/

**Як змінюється щільність і міцність пресовок зі збільшенням тиску пресування?**

/варіанти відповіді/

- A. Збільшується з затуханням швидкості зростання цих показників.
- Б. Збільшується.
- В. Зменшується.

**Відповідь:**

Запитання 21

**Які рівняння можна використати для опису процесів пресування порошків з твердих, крихких матеріалів:**

$$\text{Рівняння Бальшина} \quad - \lg p = -L(\beta - 1) + \lg p_{\max} ;$$

$$\text{Рівняння Ждановича} - P_0 = P_k e^{A \frac{h}{h_k} \frac{\left[ \left( \frac{h_0}{h} \right)^n - 1 \right]}{\left[ \left( \frac{\gamma_i}{\gamma_0} \right)^n - 1 \right]};$$

$$\text{Рівняння Куніна і Юрченка} - \gamma = \gamma_{np} - \frac{k_0}{\alpha} e^{-\alpha p};$$

$$\text{Рівняння Штерна} - p_{oc} = \sigma_z = -\frac{2}{3} k \frac{(1-f)^{2/3}}{\sqrt{f}}.$$

/варіанти відповіді/

- А. Рівняння Куніна і Юрченка, Ждановича.
- Б. Всі рівняння.
- В. Рівняння Бальшиа, Штерна.

**Відповідь:**

Запитання 22

**Які рівняння можна використати для опису процесів пресування порошків з пластичних матеріалів:**

$$\text{Рівняння Бальшиа} - \lg p = -L(\beta - 1) + \lg p_{\max};$$

$$\text{Рівняння Ждановича} - P_0 = P_k e^{A \frac{h}{h_k} \frac{\left[ \left( \frac{h_0}{h} \right)^n - 1 \right]}{\left[ \left( \frac{\gamma_i}{\gamma_0} \right)^n - 1 \right]};$$

$$\text{Рівняння Куніна і Юрченка} - \gamma = \gamma_{np} - \frac{k_0}{\alpha} e^{-\alpha p};$$

$$\text{Рівняння Штерна} - p_{oc} = -\frac{2}{3} k \frac{(1-f)^{2/3}}{\sqrt{f}}.$$

/варіанти відповіді/

- А. Всі рівняння.
- Б. За певних умов всі рівняння.
- В. Тільки рівняння Бальшиа

**Відповідь:**

Запитання 23

**На яких пресах можна пресувати великогабаритні порошкові вироби складної форми?**

/варіанти відповіді/

- А. На гідравлічних та механо-гідравлічних пресах.
- Б. На пресах з великим зусиллям пресування.
- В. На механічних пресах.

**Відповідь:**

Запитання 24

**Яке призначення відпалу порошків перед їх пресуванням?**

/варіанти відповіді/

- А. З метою зменшення вмісту кисню та інших домішок, зменшення твердості.
- Б. З метою рафінування вихідних порошків.
- В. З метою збільшення розміру частинок порошків.

**Відповідь:**

Запитання 25

**Які варіанти пресування застосовують для отримання порошкових пресовок з великим співвідношенням висоти до діаметру (ширини)?**

/варіанти відповіді/

- А. Двостороннє пресування, пресування в прес-формах з плаваючою матрицею; в прес-формах з рухомою матрицею.
- Б. Двостороннє пресування, ізостатичне пресування.
- В. Одностороннє пресування.

**Відповідь:**

Запитання 26

**Які методи контролю якості змішування багатокомпонентних порошків при приготуванні відносяться до гравіметричних методів першої групи?**

/варіанти відповіді/

- А. Ситовий аналіз, магнітна сепарація, повітряна сепарація.
- Б. Просіювання на ситах, седиментація, магнітна сепарація.
- В. Хімічний аналіз, магнітний аналіз.

**Відповідь:**

Запитання 27

**Які методи контролю якості змішування багатокомпонентних порошків при приготуванні відносяться до гравіметричних методів другої групи?**

/варіанти відповіді/

- А. Розчинний метод, метод хімічного аналізу.
- Б. Методи хімічного аналізу, метод електронної мікроскопії.
- В. Седиментаційний метод.

**Відповідь:**

Запитання 28

**За якою формулою визначається наважка порошку для пресування порошкових виробів певної ваги?**

/варіанти відповіді/

- А.  $G = \gamma_k V \theta k_1 k_2$
- Б.  $G = \gamma_k V (2 - f)$
- В.  $G = \gamma_k V$

**Відповідь:**

Запитання 29

**Заготівки яких порошкових виробів можна пресувати на механічних пресах?**

/варіанти відповіді/

- А. В основному відносно простої форми з зусиллям пресування до 6000 кН.
- Б. Заготівки з відношенням висоти до діаметру більше 1,5 при пресуванні яких допускається висока швидкість прикладення тиску.
- В. Великогабаритних виробів.

**Відповідь:**

Запитання 30

**Які переваги ізостатичних методів пресування заготовок порошкових виробів?**

/варіанти відповіді/

- А. Пресування великогабаритних методів при відносній простоті і меншій вартості обладнання, рівномірний розподіл щільності в пресовках будь-якої форми.
- Б. Відносна простота обладнання, рівномірний розподіл щільності по висоті пресовки великої довжини.
- В. Висока продуктивність пресування.

**Відповідь:**

Запитання 31

**Чи залежить від тиску робочої рідини щільність пресовок отриманих гідростатичним методом?**

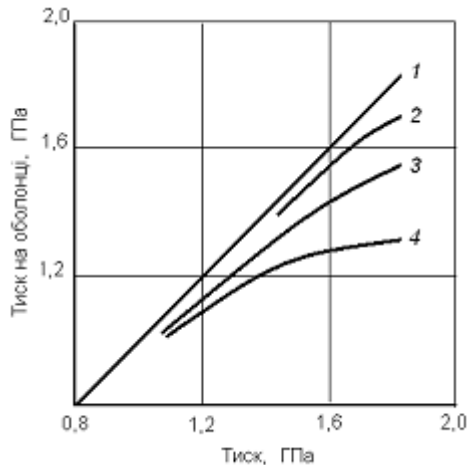
/варіанти відповіді/

- А. Залежить.
- Б. Незначно залежить для виробів простої форми.
- В. Не залежить.

**Відповідь:**

Запитання 32

**Яка з цих рідин, яка використовується як робоча при гідростатичному пресуванні найбільш повно відповідає вимозі рівномірно передавати тиск оболонку з порошком?**



2 – 80% гліцерину + 20% етиленгліколя;

3 – Телус 27;

4 – мастило АЕЗО

/варіанти відповіді/

- А. Рідина 2;
- Б. Рідина 2 і 3;
- В. Рідина .

**Відповідь:**

Запитання 33

**При використанні мокрого чи сухого чохла (еластичної оболонки) має місце більша продуктивність процесу гідростатичного пресування?**

/варіанти відповіді/

- А. При використанні сухого чохла.
- Б. Продуктивність співрозмірна.
- В. При використанні мокрого чохла.

**Відповідь:**

Запитання 34

**При якому методі пресування має найбільший інтервал придатності рівняння Бальшина для опису процесу пресування?**

/варіанти відповіді/



- А. Гідростатичне пресування.
- Б. Квазіізостатичне.
- В. Статичне пресування.

**Відповідь:**

Запитання 35

**При пресуванні імпульсним чи статичним двостороннім пресуванням досягається більш рівномірне розподілення щільності в пресовці?**

/варіанти відповіді/

- А. Практично при всіх методах імпульсного пресування.
- Б. При гідродинамічному імпульсному пресуванні.
- В. При статичному пресуванні.

**Відповідь:**

Запитання 36

**Яким рівнянням можна описати залежність відносної щільності від енергії імпульсного пресування?**

/варіанти відповіді/

А. Рівнянням Ждановича  $\theta = \theta_0 \left[ 1 + \frac{(n-1)(\beta_0^n - 1)\mathcal{E}_k}{k_g \rho_k S_n h_0} \right]^{\frac{1}{n_1}}$ .

Б. Рівнянням  $\theta = \theta_0 \left[ 1 + \frac{(n-1)(\beta_0^n - 1)\mathcal{E}_k}{k_g \rho_k S_n h_0} \right]$ .

В. Рівнянням Куніна і Юрченка  $\gamma = \gamma_{np} - \frac{k_0}{\alpha} e^{-\alpha p}$ .

**Відповідь:**

Запитання 37

**Яка умова контактного плавлення при імпульсному пресуванні?**

/варіанти відповіді/

А.  $\left( \frac{\tau a}{d} \right)^{1/2} = 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{G}{24\pi^2 \gamma_m [C_V (T_{nl} - T_0) + q]}}$

Б.  $\left( \frac{\tau a}{V} \right)^{1/2} = 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{G}{24\pi^2 \gamma_m [C_V (T_{nl} - T_0) - q]}}$

В.  $\left( \frac{\tau a}{d} \right)^{1/2} = 1 - \sqrt[3]{\frac{G}{24\pi^2 \gamma_m [C_V (T_{nl} - T_0) + q]}}$

**Відповідь:**

Запитання 38

**Яке зусилля виштовхування виробу після імпульсного пресування в прес-формах у порівнянні з пресуванням на механічних пресах?**

/варіанти відповіді/

- А. Менше.
- Б. Однакове і залежить від зусилля пресування.
- В. Більше.

**Відповідь:**

Запитання 39

**Який метод імпульсного пресування дозволяє отримувати вироби з великою площею пресування?**

/варіанти відповіді/

- А. Пресування за допомогою вибухових (бризантних) речовин (вибухове пресування)?
- Б. Гідродинамічне пресування, вибухом під водою.
- В. Електроімпульсним пресуванням.

**Відповідь:**

Запитання 40

**Які джерела енергії використовують при високошвидкісному (імпульсному) пресуванні?**

/варіанти відповіді/

- А. Енергія гідроударної хвилі, тепла енергія горючих газів та речовин, хімічна енергія вибухових речовин, енергія електричного розряду.
- Б. Енергія вибуху, кінетична енергія рухомого тіла, енергія стисненого газу.
- В. Енергія води, енергія газу, електрична енергія.

**Відповідь:**

Запитання 41

**Яке передаюче середовище використовують при дистанційному імпульсному пресуванні?**

/варіанти відповіді/

- А. Тверді тіла, гази, рідини, електромагнітне поле, їх комбінації.
- Б. Прошарки рідин та газів, гуму.
- В. Емульсії, пластифікатори, композити

**Відповідь:**

Запитання 42

**Які кутові параметри використовують при описі процесу пресування прокаткою?**

/варіанти відповіді/

А.  $\alpha$  – початковий кут;  $\alpha_p$  – кут площення;  $\alpha_{cn}$  – кут спресовування;

$\alpha_{cm}$  – кут пружного стиснення валів;  $\gamma$  – нейтральний кут.

Б. Кут, який визначається шириною бункеру для порошку; кут спресовування; кут площення.

В. Нейтральний кут, кут пружного стиснення валків.

**Відповідь:**

Запитання 43

За якою формулою можна визначити товщину порошкового прокату?

/варіанти відповіді/

А.  $h_{\text{п}} = \frac{\alpha^2 D}{2(\lambda z - 1)}$ .

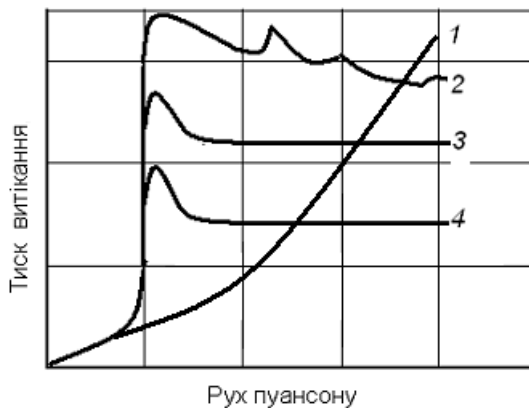
Б.  $h_{\text{п}} = \frac{\alpha^2 R}{\lambda Z - 1}$ .

В.  $h_{\text{п}} = h_1 \text{tg} \varphi$ .

**Відповідь:**

Запитання 44

Для яких кривих витікання властивості пластифікованої суміші для мундштучного пресування відповідають оптимальним?



/варіанти відповіді/

А. Для кривих витікання 3,4.

Б. Для кривої витікання 3.

В. Для кривої витікання 1.

**Відповідь:**

Запитання 45

**Які основні властивості повинен мати шлікер для отримання порошкових заготівок шлікерним литвом?**

/варіанти відповіді/

- А. Шлікер повинен мати текучість, високу агрегативну і седиментаційну стійкість.
- Б. Містити максимально можливу кількість твердої фази і добре заповнювати форму.
- В. Повинен бути тиксотропним та ділатенсним.

**Відповідь:**

Запитання 46

**За якою формулою можна визначити максимально допустимий діаметр частинок порошків для отримання за його участю стійких шлікерів для виготовлення порошкових заготівок з них?**

/варіанти відповіді/

$$А. d_{\max} = \frac{6\rho_{Кі}}{K_{\phi}(\gamma_T - \gamma_u)}.$$

$$Б. d_{\max} = \frac{6\rho_{Кі}}{K_{\phi}(\gamma_T - \gamma_p)}.$$

$$В. d_{\max} = \frac{h_l + \alpha_p^2 R}{n}.$$

**Відповідь:**

Запитання 47

**За якою формулою можна визначити швидкість процесу отримання порошкових заготівок литвом з шлікерів електрофоретичним методом?**

/варіанти відповіді/

$$А. v_s = \frac{\varepsilon I \xi_s}{3,6 \cdot 10^6 \pi \eta R}.$$

$$Б. v_s = \frac{2\varepsilon I \xi_s}{3,6 \cdot 10^6 \pi \eta D}.$$

$$В. v_s = \frac{\varepsilon I \xi_s}{3,6 \cdot 10^2 \pi \eta}.$$

**Відповідь:**

Запитання 48

**За якою формулою можна визначити ефективний коефіцієнт тертя між частинками порошку при їх вібраційному ущільненні?**

/варіанти відповіді/

$$\text{A. } f_1^* = f_1 \left( 1 - \frac{\Phi_0}{N} \right).$$

$$\text{Б. } f = f_0 \left( 1 - \frac{\Phi_a}{N} \right).$$

$$\text{В. } f^* = f_0 \left( 1 + \frac{\Phi_a}{N} \right).$$

**Відповідь:**

Запитання 49

**За яким співвідношенням за розміром частинок порошку при його вібраційному ущільненні досягається максимальна щільність виробу?**

/варіанти відповіді/

- А. Коли максимальний розмір частинок дрібної фракції менший за мінімальний розмір частинок крупної фракції  $d_{\max} \leq 0,256D_{\min}$ .
- Б. Коли максимальний розмір частинок дрібної фракції дорівнює мініальному розміру частинок крупної фракції  $d_{\max} = 0,256D_{\min}$ .
- В. Коли максимальний розмір частинок дрібної фракції більший за мінімальний розмір частинок крупної фракції  $d_{\max} > 0,256D_{\min}$ .

**Відповідь:**

Запитання 50

**Яка формула описує залежність між щільністю прокату та тиском пресування?**

/варіанти відповіді/

$$\text{A. } \gamma_{\text{п}} = \gamma_{\text{ут}} + \frac{P_{\max}}{m + n p_{\max}}.$$

$$\text{Б. } p_{\text{сп}} = \frac{km}{\frac{1}{\gamma_{\text{л}} - \gamma_{\text{ум}}} - n}.$$

$$\text{В. } p_n = v_{\text{л}} h_{\text{л}} \gamma_{\text{л}}.$$

**Відповідь:**

Додаток Е

Студент: \_\_\_\_\_

Група: \_\_\_\_\_

## **Тестові запитання**

з дисципліни

**“ Фундаментальні засади теорії і технології порошкових  
і композиційних матеріалів “**

**для контролю самостійного вивчення лекційного матеріалу студентами**

гр. \_\_\_\_\_

на період дистанційного навчання у \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

Викладач : проф. Степанчук Анатолій Миколайович,

Контактний телефон: 067-944-11-60

Email: [anstepanchuk6@gmail.com](mailto:anstepanchuk6@gmail.com)

## **Розділ IV. Закономірності спікання порошкових матеріалів**

### Запитання 1

**У яких захисних середовищах проводять спікання порошкових виробів?**

/варіанти відповіді/

- А. У відновлювальних та інертних газових середовищах, у вакуумі, інертних засипках.
- Б. У газових середовищах, в порошкових засипках, у вакуумі.
- В. В активних газових середовищах та порошкових засипках.

Відповідь:

### Запитання 2

**Які найбільш поширені захисні газові середовища використовують при спіканні порошкових виробів?**

/варіанти відповіді/

- А. Водень, дисоційований аміак, конвертований природній газ, аргон.

- Б. Відновлювальні газові середовища.
- В. Активні гази.

Відповідь:

### Запитання 3

**Чому у переважній більшості спікання порошкових виробів проводять у захисному середовищі?**

/варіанти відповіді/

- А. Щоб попередити взаємодію з навколишнім середовищем.
- Б. Щоб попередити окиснення порошкового матеріалу.
- В. Щоб прискорити процес спікання.

Відповідь:

### Запитання 4

**Що є рушійною силою процесу спікання з термодинамічної точки зору?**

/варіанти відповіді/

- А. Прагнення системи до мінімуму внутрішньої та зовнішньої енергії.
- Б. Зменшення вільної поверхні.
- В. Збільшення вільної поверхні.

Відповідь:

### Запитання 5

**Як можуть змінюватись розміри порошкових виробів при їх спіканні?**

/варіанти відповіді/

- А. Зменшуватись, збільшуватись, не змінюватись.
- Б. Збільшуватись та зменшуватись.
- В. Залишатись без змін у всіх випадках.

Відповідь:

### Запитання 6

**За якою формулою можна визначити об'єм пор у порошковому тілі?**

/варіанти відповіді/

А. 
$$V_2 = \frac{V_1 \cdot f}{1 - f}$$



$$\text{Б. } V_2 = \frac{V_1 \cdot (1 - \theta)}{\theta} .$$

$$\text{В. } V = \frac{V_1}{1 - f} .$$

Відповідь:

Запитання 7

**При дії яких механізмів відбувається усадка порошкових виробів при спіканні?**

/варіанти відповіді/

- А. При дії механізмів дифузійно – в'язкої течії, об'ємної самодифузії, пластичної течії.
- Б. При зливанні частинок порошоків, дифузійному заростанні пор, пороговій та непороговій повзучості.
- В. При поверхневій дифузії та перенесенні речовини через газову фазу.

Відповідь:

Запитання 8

**Як впливає пористість на в'язкість порошкового матеріалу?**

/варіанти відповіді/

- А. Збільшення пористості приводить до зменшення в'язкості.
- Б. Збільшення пористості приводить до збільшення текучості порошкового матеріалу.
- В. Збільшення пористості приводить до збільшення в'язкості.

Відповідь:

Запитання 9

**За якою формулою можна визначити швидкість деформації при пластичному плинні?**

/варіанти відповіді/

$$\text{А. } \dot{\epsilon} \approx \frac{D \cdot \Omega}{l^2 \cdot k \cdot T} \cdot \sigma .$$

$$\text{Б. } \dot{\epsilon} = K \frac{\sigma}{\eta} .$$

$$\text{В. } \dot{\epsilon} = K \frac{\eta}{\sigma} .$$

Відповідь:

Запитання 10

**За якими механізмами відбувається спікання порошкових пресовок у твердій фазі?**

/варіанти відповіді/

- А. Дифузійно-в'язкої течії, об'ємної самодифузії, поверхневої дифузії, пластичної течії, перенесення через газову фазу.
- Б. Дифузійних процесів в об'ємі матеріалу частинок порошків, плину частинок, дифузійних процесів по поверхні частинок.
- В. Розчинення-конденсації, перегрупування частинок порошку.

**Відповідь:**

Запитання 11

**Як можуть змінюватись розміри порошкових виробів при їх спіканні?**

/варіанти відповіді/

- А. Зменшуватись, збільшуватись, не змінюватись.
- Б. Збільшуватись та зменшуватись.
- В. Залишатись без змін у всіх випадках.

**Відповідь:**

Запитання 12

**В якому напрямі переноситься речовина при спіканні за механізмом перенесення через газову фазу?**

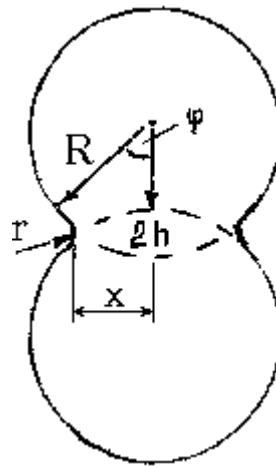
/варіанти відповіді/

- А. Від випуклих поверхонь до ввігнутих..
- Б. В різних напрямках залежно від властивостей матеріалу.
- В. Від ввігнутих до випуклих поверхонь.

**Відповідь:**

Запитання 13

**За яким виразом можна визначити залежність характеристичного параметру  $X$  згідно наведеної схеми при в'язкому зливанні двох частинок за механізмом спікання по Френкелем?**



/варіанти відповіді/

А.  $x^2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sigma \cdot R}{\eta} \cdot \tau$

Б.  $x^2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sigma}{\eta} \cdot \tau$

В.  $x^2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{\eta} \cdot \tau$

Відповідь:

#### Запитання 14

**За яким виразом можна визначити швидкість в'язкого запливання ізольованої пори за механізмом спікання по Френкелем?**

/варіанти відповіді/

А.  $\frac{dR}{d\tau} = -\frac{3}{4} \cdot \frac{\sigma}{\eta}$

Б.  $\frac{dR}{d\tau} = -\frac{3}{4} \cdot \frac{\sigma \delta}{\eta}$

В.  $\frac{dR}{d\tau} = -\frac{3}{4} \cdot \frac{E}{\eta}$

Відповідь:

#### Запитання 15

**За яким виразом можна визначити роботу поверхневих сил при аналітичному описі процесу спікання за механізмом спікання по Френкелем на першому етапі?**

/варіанти відповіді/

А.  $A_S = -\sigma \cdot \frac{d}{d\tau}(\Delta S)$

Б.  $A_S = -\sigma \cdot \frac{S}{d\tau}$

В.  $A_S = -\sigma \cdot E$

Відповідь:

#### Запитання 16

**За яким виразом можна визначити роботу внутрішніх сил (дисипативних сил) при аналітичному описі процесу спікання на першому етапі за механізмом спікання по Френкелем?**

/варіанти відповіді/

А.  $A_V = 2 \cdot \eta \cdot \left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)^2 \cdot V$

Б.  $A_V = 2 \cdot \eta \cdot V$

В.  $A_V = 2 \cdot \eta \cdot \left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)^2$

Відповідь:

#### Запитання 17

**Що є причиною дифузійного заростання ізольованої пори при дії механізму об'ємної самодифузії за Пінесом?**

/варіанти відповіді/

А. Градієнт концентрації вакансій біля поверхні пори та приповерхневих областях (концентрація вакансій біля поверхні більша).

Б. Підвищена рухливість атомів біля поверхні виробу.

В. Більша концентрація атомів біля поверхні пори.

Відповідь:

#### Запитання 18

**За яким виразом можна визначити швидкість дифузійного заростання пори при спіканні за механізмом об'ємної самодифузії по Пінесу?**

/варіанти відповіді/

А.  $\frac{dr}{d\tau} = -\frac{2 \cdot \sigma}{r^2} \cdot \frac{\Omega}{k \cdot T} \cdot D$

$$\text{Б. } \frac{dr}{d\tau} = -\frac{2 \cdot \sigma}{kT r^2} \cdot D$$

$$\text{В. } \frac{dr}{d\tau} = -\frac{2 \cdot \sigma}{r^2} \cdot \frac{\Omega}{k \cdot T}$$

Відповідь:

#### Запитання 19

**Що є умовою з аналітичної точки зору дифузійного заростання пори при спіканні за механізмом об'ємної самодифузії по Пінесу?**

/варіанти відповіді/

$$\text{А. } 2D \cdot \frac{\Omega}{k \cdot T} \cdot \sigma = r^2 \cdot \frac{dr}{d\tau}$$

$$\text{Б. } D \cdot \frac{\Omega}{k \cdot T} \cdot \sigma = r^2 \cdot \frac{dr}{d\tau}$$

$$\text{В. } 2\pi \cdot \frac{\Omega}{k \cdot T} \cdot \sigma = \frac{1}{3} \cdot r^2 \cdot \frac{dr}{d\tau}$$

Відповідь:

#### Запитання 20

**В яких елементах структури матеріалу має місце направлений дифузійний потік атомів при спіканні за механізмом пластичної течії?**

/варіанти відповіді/

А. В окремих зернах.

Б. В об'ємі всього виробу.

В. Між окремими зернами.

Відповідь:

#### Запитання 21

**За яким виразом можна визначити збільшення парціального тиску пару над викривленою поверхнею по відношенню до рівноважного тиску біля плоскої поверхні твердого матеріалу?**

/варіанти відповіді/

$$\text{А. } \pm \Delta P = -\frac{2 \cdot \sigma}{r_1} \cdot \frac{\Omega}{k \cdot T} \cdot P_0$$

$$\text{Б. } \Delta P = -\frac{2 \cdot \sigma}{\eta} \cdot \frac{V_0}{k \cdot T} \cdot P_0$$

$$\text{В. } \Delta P = -\frac{2 \cdot \sigma}{\eta} \cdot \frac{V_0}{k \cdot T}$$

Відповідь:

#### Запитання 22

**За яким виразом можна визначити другий коефіцієнт в'язкості, який визначає поступове згущення матеріалу при зменшенні його пористості (За Скороходом)?**

/варіанти відповіді/

$$\text{А. } \xi = 4 \cdot \eta \cdot \frac{(1-f) \cdot (1-2 \cdot f)}{f \cdot (3-f)}$$

$$\text{Б. } \xi = 4 \cdot \eta \cdot \frac{(1-2 \cdot f)}{f \cdot (3-f)}$$

$$\text{В. } \xi = 8 \cdot \eta \cdot \frac{(1-f)}{f \cdot (3-f)}$$

Відповідь:

#### Запитання 23

**Що є умовою з аналітичної точки зору спікання (збільшенні щільності) порошкових матеріалів як об'ємної в'язкої течії за Скороходом?**

/варіанти відповіді/

$$\text{А. } \frac{\xi}{2} \cdot \left( \frac{dV}{V \cdot d\tau} \right)^2 = -\frac{\sigma}{V} \cdot \frac{dS}{d\tau}$$

$$\text{Б. } \xi \left( \frac{dV}{V \cdot d\tau} \right) = -\frac{\sigma}{V} \cdot \frac{dS}{d\tau}$$

$$\text{В. } \frac{\xi}{2} \cdot \left( \frac{dV}{V \cdot d\tau} \right)^2 = -\sigma \cdot \frac{dS}{d\tau}$$

Відповідь:

#### Запитання 24

**За якою формулою можна визначити об'єм пор в пористому тілі?**

/варіанти відповіді/

А.  $V_2 = \frac{f \cdot V}{1-f}$ .

Б.  $V_2 = \frac{V}{1-f}$ .

В.  $V_2 = \frac{f \cdot V_1}{1-f}$ .

Відповідь:

#### Запитання 25

**За якою формулою можна визначити вільну поверхню в пористому тілі?**

/варіанти відповіді/

А.  $S = \frac{3 \cdot V_1 \cdot f}{\eta}$ .

Б.  $S = \frac{3 \cdot V_1}{\eta}$ .

В.  $S = \frac{3 \cdot d \cdot f}{\eta}$ .

Відповідь:

#### Запитання 26

**Яка має місце залежність пористості порошкового тіла від часу його спікання як об'ємної в'язкої течії по Скороходу?**

/варіанти відповіді/

А.  $-\frac{1}{2 \cdot (1-f)} + \frac{1}{3} \cdot \ln f - \frac{3}{4} \cdot \ln(1-f) + \frac{5}{12} \cdot \ln(3-f) = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sigma}{\eta} \cdot \int_0^{\tau} \frac{d\tau}{\eta}$ .

Б.  $-\frac{1}{2 \cdot (1-f)} - \frac{3}{4} \cdot \ln(1-f) + \frac{5}{12} \cdot \ln(3-f) = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sigma}{\eta} \cdot \int_0^{\tau} \frac{d\tau}{\eta}$ .

В.  $-\frac{1}{2 \cdot (1-f)} + \frac{1}{3} \cdot \ln f - \frac{3}{4} \cdot \ln(1-f) + \ln(3-f) = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sigma}{\eta} \cdot \int_0^{\tau} \frac{d\tau}{\eta}$ .

Відповідь:

#### Запитання 27

**Як впливає на усадку пористих виробів при їх спіканні збільшення розміру частинок та питомої поверхні вихідного порошку?**

/варіанти відповіді/

- А. Збільшення розміру частинок зменшує а збільшення питомої поверхні збільшує усадку при спіканні.
- Б. Збільшення розміру частинок порошку і його питомої поверхні збільшує усадку при спіканні.
- В. Збільшення розміру частинок збільшує а збільшення питомої поверхні зменшує усадку при спіканні.

Відповідь:

Запитання 28

**Коли незначні домішки поверхневих оксидів сприяють інтенсифікації процесу спікання?**

/варіанти відповіді/

- А. Коли вони у процесі спікання відновлюються.
- Б. Коли вони у процесі спікання випаровуються.
- В. Коли вони у процесі спікання розчиняються в частинці порошку.

Відповідь:

Запитання 29

**Як залежить величина усадки від початкової пористості пре совки. Яка аналітична залежність усадки від початкової пористості?**

/варіанти відповіді/

- А. Збільшується зі збільшенням початкової пористості,  $\frac{\Delta V}{V} \cong k \cdot f_0$
- Б. Збільшується зі збільшенням початкової пористості,  $\frac{\Delta V}{V} \cong k \cdot f_0^{0,5}$
- В. Зменшується зі збільшенням початкової пористості,  $\frac{\Delta V}{V} \cong k \cdot \frac{1}{f_0}$

Відповідь:

Запитання 30



**Як впливає швидкість нагрівання порошкової пресовки до температури спікання на швидкість спікання ?**

/варіанти відповіді/

- А. Збільшення швидкості нагрівання прискорює спікання при ізотермічній витримці.
- Б. Збільшення швидкості нагрівання уповільнює спікання при ізотермічній витримці.
- В. Збільшення швидкості нагрівання не впливає на спікання при ізотермічній витримці.

Відповідь:

#### Запитання 31

**Чи впливають фазові перетворення на процес спікання порошкових матеріалів.**

/варіанти відповіді/

- А. Впливають, якщо коефіцієнти самодифузії в різних модифікаціях різні.
- Б. Не впливають.
- В. Впливають залежно від температури спікання.

Відповідь:

#### Запитання 32

**За рахунок чого можна активування процесу спікання за рахунок зовнішнього впливу?**

/варіанти відповіді/

- А. За рахунок спікання у присутності пару гальгенидів, циклічне окиснювання і відновлення матеріалу у процесі спікання, введення порошоків гідридів у засипки, циклічну зміну температури, прикладення тиску при спіканні.
- Б. За рахунок спікання у присутності пару води, швидке проштовхування човників з виробами по довжині печі, зменшення товщини засипки, використання відновлювальної засипки.
- В. За рахунок спікання при малій концентрації пару води, повільне проштовхування човників з виробами по довжині печі, збільшення товщини засипки, використання окиснювальної засипки.

Відповідь:

#### Запитання 33

**За яким виразом можна визначити переважну роль поверхневої дифузії у процесах активування процесів спікання порошкових виробів?**

/варіанти відповіді/

А.  $\gamma = \frac{\delta \cdot D_S}{l \cdot D_O} > 1$

Б.  $\gamma = \frac{\delta \cdot D_S}{l \cdot D_O} = 1$

В.  $\gamma = \frac{\delta \cdot D_S}{l \cdot D_O} \leq 1$

Відповідь:

#### Запитання 34

**За яким виразом можна визначити переважну роль процесів перенесення речовини через газову фазу у процесах активування процесів спікання порошкових виробів**

/варіанти відповіді/

А.  $\gamma' = \frac{\delta^3 \cdot P_o \cdot D_{\Gamma}}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot T \cdot D_O} > 1$

Б.  $\gamma' = \frac{\delta^3 D_{\Gamma}}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot T \cdot D_O} = 1$

В.  $\gamma' = \frac{\delta^3 \cdot P_o \cdot D_{\Gamma}}{k \cdot T \cdot D_O} \leq 1$

Відповідь:

#### Запитання 35

**Яку роль відіграє уведення пару галогеніду у газове середовище при активованому спіканні?**

/варіанти відповіді/

А. Приводить до інтенсифікації перенесення речовини через газову фазу.

Б. Не має впливу на процеси активування спікання..

В. Приводить до інтенсифікації процесів поверхневої дифузії.

Відповідь:

#### Запитання 36

**Яка має місце залежність пористості порошкового тіла від часу його спікання гарячим пресуванням по Ковальченко?**

/варіанти відповіді/

$$A. \frac{1+2 \cdot a}{3+a} \cdot \ln \frac{f_0+a}{f+a} - \frac{5}{3+a} \cdot \ln \frac{3-f}{3-f_0} = \frac{P}{4} \cdot \int_0^{\tau} \frac{d\tau}{\eta}$$

$$B. \frac{2 \cdot a}{3+a} \cdot \ln \frac{f_0}{f+a} - \frac{5}{3+a} \cdot \ln \frac{3-f}{3} = \frac{P}{4} \cdot \int_0^{\tau} \frac{d\tau}{\eta}$$

$$B. \frac{a}{3+a} \cdot \ln \frac{a}{f+a} - \frac{5}{3+a} \cdot \ln \frac{f}{3-f_0} = \frac{P}{4} \cdot \int_0^{\tau} \frac{d\tau}{\eta}$$

Відповідь:

### Запитання 37

**Коли при спіканні багатокомпонентних порошкових матеріалів проявляється ефект Френкеля I роду (прямого)?**

/варіанти відповіді/

- A. Коли спікаються порошкові багатокомпонентні матеріали, які мають різні коефіцієнти гетеродифузії.
- Б. Коли спікаються порошкові багатокомпонентні матеріали, які мають рівні коефіцієнти гетеродифузії.
- В. Коли спікаються порошкові багатокомпонентні матеріали, які мають співрозмірні коефіцієнти гетеродифузії.

Відповідь:

### Запитання 38

**До чого приводить проявлення ефекту френзеля II роду (зворотнього ефекту) при спіканні багатокомпонентних порошкових матеріалів, компоненти в яких мають різні коефіцієнти гетеродифузії?**

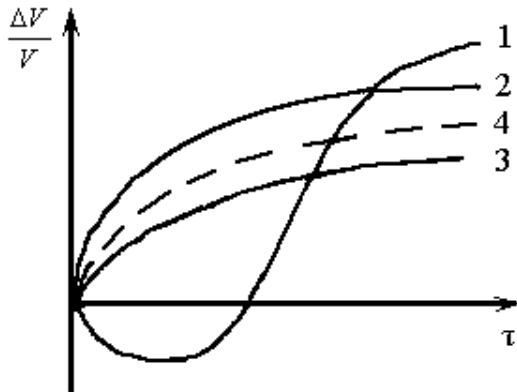
/варіанти відповіді/

- A. Приводить до утворення негомогенних матеріалів і необхідності додаткової ізотермічної витримки для їх гомогенізації.
- Б. Приводить до утворення гомогенних матеріалів.
- В. Приводить до утворення додаткової пористості і необхідності додаткової ізотермічної витримки.

Відповідь:

### Запитання 39

Які залежності наведені на рисунку відносяться до спікання порошкових сумішей, які складаються з двох і більше компонентів?



/варіанти відповіді/

- А. Залежність 1.
- Б. Залежність 4.
- В. Залежності 2, 3, 4.

Відповідь:

Запитання 40

Що може бути однією з можливих причин від'ємної усадки (збільшення розмірів виробу) при спіканні багатоконпонентних матеріалів, які складаються з компонентів обмежено розчинних один у одному?

/варіанти відповіді/

- А. Тиск кристалізації, який виникає за рахунок утворення нових фаз (інтерметалідів) з більшим питомим об'ємом.
- Б. За рахунок різних коефіцієнтів термічного розширення складових матеріалу.
- В. За рахунок великого розміру частинок вихідного порошку.

Відповідь:

Запитання 41

Що є термодинамічною умовою спікання порошкових матеріалів у присутності рідкої фази?

/варіанти відповіді/

- А. Зменшення вільної енергії згідно  $dF = dS_p \cdot \sigma_p + dS_T \cdot \sigma_T + dS_{p-T} \cdot \sigma_{p-T} < 0$ .
- Б. Зміна вільної енергії  $dF = dS_p \cdot \sigma_p + dS_T \cdot \sigma_T + dS_{p-T} \cdot \sigma_{p-T}$ .
- В. Зміна вільної енергії  $dF = dS_p \cdot \sigma_p + dS_T \cdot \sigma_T + dS_{p-T} \cdot \sigma_{p-T} > 0$ .

Відповідь:

#### Запитання 42

**З якого виразу можна визначити кут змочування при змочуванні розплавами металів та сплавів твердих речовин?**

/варіанти відповіді/

А.  $\cos\varphi = \frac{\sigma_T - \sigma_{T-P}}{\sigma_P}$ .

Б.  $\sin\varphi = \frac{\sigma_T - \sigma_{T-P}}{\sigma_P}$ .

В.  $\operatorname{ctg}\varphi = \frac{\sigma_T - \sigma_{T-P}}{\sigma_P}$ .

Відповідь:

#### Запитання 43

**За якими механізмами може відбуватись спікання порошкових матеріалів у присутності рідкої фази?**

/варіанти відповіді/

А. В'язкий плин розплаву – перегрупування часток; розчинення – осадження (перекристалізація через рідку фазу); спікання у твердій фазі з утворенням твердого кістяка.

Б. Пластичний плин, об'ємна дифузія, спікання у твердій фазі.

В. Гетеродифузія, пластична течія, утворення жорсткого каркасу.

Відповідь:

#### Запитання 44

**Що є умовою проникнення розплаву між частинками твердої фази при спіканні порошкових матеріалів у присутності рідкої фази?**

/варіанти відповіді/

А.  $\sigma_{T-P} < \sigma_{T_1-T_2}$ .

Б.  $\sigma_{T-P} = \sigma_{T_1-T_2}$ .

В.  $\sigma_{T-P} > \frac{1}{2} \cdot \sigma_{T_1-T_2}$ .

Відповідь:

Запитання 45

**Що може бути причиною збільшення розміру виробу при спіканні порошкових матеріалів у присутності рідкої фази?**

/варіанти відповіді/

- А. Тиск газу у закритих порах.
- Б. Процеси гомогенізації.
- В. Щільність виробу.

**Відповідь:**

Запитання 46

**Як необхідно спікати вироби з порошкових багатокомпонентних матеріалів, які руйнуються за рахунок тиску кристалізації ?**

/варіанти відповіді/

- А. Прикласти зовнішній тиск.
- Б. Спікати у дві стадії (I – стадія отримання порошку сплаву. II стадія – спікання виробу з порошку сплаву)
- В. Збільшити час спікання.

**Відповідь:**

Запитання 47

**Як отримати вироби просоченням, якщо рідка фаза не змочує тверду ?**

/варіанти відповіді/

- А. Примусовим просоченням за рахунок механічного тиску.
- Б. Примусовим просоченням за рахунок тиску газу.
- В. Використанням порошків з покриттями (плакованих) які змочуються рідкою фазою.

**Відповідь:**

Запитання 48

**Як впливає швидкість нагрівання виробів до температури спікання на усадку при ізотермічній витримці?**

/варіанти відповіді/

- А. При збільшенні швидкості нагрівання усадка зменшується.
- Б. При збільшенні швидкості нагрівання усадка збільшується.
- В. Швидкість нагрівання не впливає на усадку при спіканні.

**Відповідь:**

Запитання 49

**Які процеси лежать в основі активації процесів спікання порошкових виробів залежить ?**

/варіанти відповіді/

- А. Процеси окиснення-відновлення.
- Б. Поверхневої та об'ємної дифузії.
- В. Процеси випаровування – конденсації.

**Відповідь:**

Запитання 50

**За якою формулою можна визначити максимально допустиму висоту виробів при їх спіканні самодовільним просоченням?**

/варіанти відповіді/

А.  $H = a \tau^{0,5}$

Б.  $H = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{пр}} \cdot \cos \varphi \cdot R_{\text{эф}}}{\eta}} \tau$

В.  $H = a \sqrt{\tau}$ .

**Відповідь:**