



# Основи теорії процесів консолідації порошкових ма- теріалів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Освітня програма	Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів
Статус дисципліни	Нормативний
Форма навчання	Очна (денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, 6 (весняний) семестр
Обсяг дисципліни	4,5 кредити ECTS /135 годин: 36 год – лекції, 18 год – лабораторні заняття, 81 год – СРС
Семестровий контроль / контро- льні заходи	Екзамен/МКР
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., професор, Степанчук Анатолій Миколайович mail:astepanchuk@iff.kpi.ua Лабораторні заняття: ст. викл., Руденький Сергій Олексійович
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

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

Тепер для отримання матеріалів і виробів з них з властивостями не притаманними для ма-  
теріалів отримуваних традиційними методами литва та подальшої механічної обробки, в  
тому числі і композиційних, є методи, які базуються на технологічних засадах методів порош-  
кової металургії. Вихідними матеріалами для отримання таких виробів є порошки у різному  
дисперсному стані, які у подальшому компактуються шляхом їх пресування (формування) для  
надання виробам необхідної форми і розмірів і у подальшому для надання їм необхідних власти-  
востей спікаються (термооброблюються). Застосовуючи різні технологічні варіанти і умови  
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 пре-  
сування та спікання. Це, перш за все, процеси деформації матеріалів під дією зовнішніх наван-  
тажень, сил зумовлених наявністю викривлених поверхонь, самодовільних термодинамічних  
процесів, які сприяють зменшенню зовнішньої та внутрішньої енергії систем і, тим самим, ру-  
ху їх до рівноваги.

Тому предметом вивчення в дисципліні “Основи теорії процесів консолідації порошкових  
матеріалів” є явища, що лежать в основі процесів компактування порошкових матеріалів

різними методами і, виходячи з цього, параметри процесів, які забезпечують отримання їх з наперед заданими властивостями та структурою.

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

У зв'язку з цим основними завданнями дисципліни "**Основи теорії процесів консолідації порошкових 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, що лежать в основі створення матеріалів з застосуванням методів порошкової металургії.

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

135 годин обсягу дисципліни "**Основи теорії процесів консолідації порошкових матеріалів**" включають 36 годин лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 81 годин СРС.

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

КС.02 – Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів;

КС.05 – Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем;

КС.06 – Здатність використовувати практичні інженерні навички для вирішення професійних завдань;

КС.07– Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства;

КС.16 – Здатність застосовувати фізико-хімічні принципи для формування заданої структури матеріалів при консолідації із дисперсного стану;

КС.17 – Здатність обирати технологічний процес та його оптимальні умови для отримання виробів з композиційних, наноструктурованих та порошкових матеріалів;

КС.18 – Здатність визначати вид та необхідну кількість технологічного обладнання та його конструктивних елементів для одержання порошків та виробів з них

а також:

– Здатність застосовувати професійні знання й уміння на практиці під час отримання порошкових виробів з використанням порошків металів, сплавів та сполук;

– Здатність вирішувати проблеми в професійній діяльності на основі аналізу та синтезу літературних та довідкових даних відносно розробки процесів компактування порошкових виробів;

– Здатність вибирати оптимальні методи та технологічні режими формування та спікання порошкових виробів з метою отримання їх з заданими властивостями;

– Здатність за відомими методиками з використанням сучасного аналітичного опису проводити розрахунки з метою оптимізації умов формування та спікання порошкових виробів.

– Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку рівня властивостей порошкових виробів після їх пресування і спікання;

– Здатність забезпечувати технологічність виробів і процесів їхнього виготовлення та оброблення, контролювати дотримання технологічної дисципліни під час компактування порошкових виробів;

– Здатність застосовувати методи стандартних випробувань щодо визначення фізичних, хімічних, структурних та технологічних властивостей готових порошкових виробів;

– Здатність обирати з економічної та технологічної точки зору оптимальну технологію для компактування порошкових виробів;

Відповідно до освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програми результати навчання (ПРН)**:

ПРН 09 – Уміти експериментувати та аналізувати дані;

ПРН 10 – Уміти поєднувати теорію і практику для розв'язування завдань матеріалознавства;

ПРН 15 – Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів;

ПРН 17 – Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них;

ПРН 26 – Знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та умов їх застосування;

ПРН 30 – Знання фізико-хімічних основ формування заданої структури консолідованих матеріалів;

ПРН 31 – Вміння обирати послідовність та параметри технологічних процесів для одержання виробів з дисперсних матеріалів для заданих умов експлуатації.

#### **а також знання :**

– основ організації виробничої і наукової діяльності у галузі отримання порошкових виробів компактування вихідних порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук;

– методик пошуку інформації у традиційному та електронному виді у галузі отримання порошкових виробів компактуванням вихідних порошків металів, сплавів і сполук;

– стандартних методів випробувань та статистичних методів оцінки якості виробів на різних етапах їх отримання компактування порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук;

– характеристик основних і допоміжних матеріалів, що використовуються для компактування порошкових і композиційних матеріалів;

– фізико-хімічних процесів, які відбуваються під час технологічних операцій компактування порошкових і композиційних матеріалів;

– факторів, що впливають на фізико-хімічні процеси, які відбуваються під час компактування порошкових і композиційних матеріалів;

– методів впливу на структуру і властивості отримуваних виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів;

– загальних принципів контролю та регулювання технологічних параметрів отримання виробів компактування порошкових і композиційних матеріалів;

– стандартних методів вимірювання параметрів продукції, обладнання і технологічних процесів по отриманню виробів компактування порошкових і композиційних матеріалів;

– стандартних методів контролю якості отримуваних виробів;

#### **уміння:**

– застосовувати базові та сучасні знання інженерних дисциплін, що лежать в основі спеціальності для досягнення інших результатів освітньої програми;

– кваліфіковано обрати матеріали для виробів різного призначення на підставі знань впливу на структуру і властивості матеріалів методів модифікації;

– обирати та обґрунтовувати методи вирішення поставлених задач стосовно вибору технології та забезпечення умов отримання порошкових виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів з заданими властивостями;

– використовувати базові знання з природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук для вирішення практичних задач професійної діяльності під час отримання порошкових виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів;

– використовувати знання із технологій виготовлення порошкових виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів;

– використовувати стандартні методи та методика розрахунку при виборі методу компактування порошкових і композиційних матеріалів;

– виконувати інженерні розрахунки, оцінювати кількісні параметри технологічних процесів отримання порошкових виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів;

– готувати матеріали та приймати участь у проведенні стандартних випробування щодо визначення фізичних, хімічних та механічних властивостей вихідних матеріалів та отриманих порошків, проводити їх оцінку;

– аналізувати основні технології отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук;

– визначати послідовність технологічних операцій для отримання виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів заданої якості;

– використовувати стандартні методи і засоби вимірювання параметрів продукції, обладнання та технологічних процесів під час отримання виробів компактуванням порошкових і композиційних матеріалів.

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

Дисципліна викладається у шостому семестрі підготовки за освітньо-професійною програмою першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Вивчення дисципліни базується на знаннях з таких дисциплін як **“Вища математика”, “Фізика”, “Фізика конденсованого стану матеріалів”, “Механічні властивості матеріалів”, “Фізико-хімічні основи отримання металів, сплавів та сполук у дисперсному стані”**.

Дисципліна **“Основи теорії процесів консолідації порошкових 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 і композиційних матеріалів.

У свою чергу дисципліна є основою для вивчення інших дисциплін під час навчання на етапі підготовки бакалаврів, а також магістрів і докторів філософії. До таких навчальних дисциплін як **“Технологія виробництва порошкових та композиційних матеріалів”, “Корозія і захист матеріалів”, “Проектування виробництва”, “Курсовий проєкт з Проектування виробництва”, “Основи комп'ютерного дизайну матеріалів” та вибіркового дисциплін.**

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1– Формування порошкових тіл**

Тема 1.1. Загальні закономірності ущільнення порошкових тіл.

Тема 1.2. Варіанти формування. Практика формування.

Тема 1.3. Ізостатичне формування.

Тема 1.4. Формування довгомірних виробів.

Тема 1.5. Швидкісне (імпульсне) формування.

Тема 1.6. Бездеформаційні методи формування.

### **Розділ 2 – Спікання**

Тема 2.1. Характеристика процесів, які лежать в основі спікання.

Тема 2.2. Спінання в реальних умовах. Вплив різних факторів на процес спінання.

Тема 2.3. Методи інтенсифікації процесів спінання.

Тема 2.4. Спінання під тиском.

Тема 2.5. Спінання багатокомпонентних матеріалів.

Тема 2.6. Властивості спечених порошкових та композиційних виробів.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### **4.1. Базова література**

1. Степанчук А. М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів : навч. посібник / А. М. Степанчук. – Київ : Центр учбової літератури, 2016. – 336 с.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Основи отримання порошкових і композиційних матеріалів” для студентів усіх форм навчання матеріалознавчих і металургійних спеціальностей / А. М. Степанчук, С. О. Руденький. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2013. – 64 с.
3. Теорія і технологія пресування та спінання порошкових та композиційних матеріалів : метод. вказівки до виконання лабор. робіт для студентів спец. «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» : 2 частини / А. М. Степанчук. – Київ : НТУУ «КПІ», 2009. – Ч. I. – 76 с.
4. Теорія і технологія пресування та спінання порошкових та композиційних матеріалів: метод. вказівки до виконання лабор. робіт для студентів спец. «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» / А. М. Степанчук, П. І. Лобода, С. О. Руденький. – Київ : НТУУ «КПІ», 2009. – Ч. II. – 76 с.

##### **4.2. Додаткова**

5. Жданович Г. М. Теория прессования порошковых материалов / Г. М. Жданович. – Москва : Металлургия, 1969. – 264 с.
6. Феномонологические теории прессования / М. Б. Штерн, Г. Г. Сердюк, Л. А. Максименко [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1982. – 14 с.
7. Процессы изостатического прессования / под ред. П. Дж. Джеймса. – Москва : Металлургия, 1990. – 192 с.
8. Кипарисов С. С. Порошковая металлургия / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – Москва : Металлургия, 1980. – 495 с.
9. Высокоскоростные способы прессования деталей из порошковых материалов / К. Н. Богоявленский, П. А. Кузнецов, К. К. Мартенс [и др.]. – Ленинград : Машиностроение, 1984. – 168 с.
10. Виноградов Г. А. Теория листовой прокатки металлических порошков и гранул / Г. А. Виноградов, В. П. Каташинский. – Москва : Металлургия, 1979. – 224 с.
11. Добровольский А. Г. Шликерное литье / А. Г. Добровольский. – Москва : Металлургия, 1977. – 240 с.
12. Физико-химические основы вибрационного уплотнения порошковых металлов. – Москва : Наука, 1969. – 162 с.
13. Гегузин Я. Е. Физика спекания / Я. Е. Гегузин. – Москва : Наука, 1967. – 360 с.
14. Скороход В. В. Реологические основы теории спекания / В. В. Скороход. – Киев : Наук. думка, 1972. – 149 с.
15. Ковальченко М. С. Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давлением / М. С. Ковальченко. – Киев : Наук. Думка, 1980. – 240 с.
16. Самсонов Г. В. Высокотемпературные неметаллические термодары и наконечники / Г. В. Самсонов, П. С. Кислый. – Киев : Наук. думка, 1969. – 181 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. Olevsky E. A Field-Assist end Sintering. Sciencec and Applications / E. A. Olevsky, D. V. Dudina. – Cham Switzerland, 2018. – 432 p.

Перераховані базві та додаткові джерела є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і можуть бути використані для отримання базових знань та поглибленого вивчення дисципліни.

### 3. Інформаційні ресурси

1. Кампус НТУУ «КПІ»
2. compnano.kpi.ua
3. iff.kpi.ua
4. tempus.kpi.ua

## Навчальний контент

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

#### 5.1 Лекції

**Вступ** – Місце дисципліни у структурно-логічній схемі підготовки бакалаврів матеріалознавців згідно освітньої програми. Робоча навчальна програма (Силабус) з дисципліни. РСО.

#### **Тема 1.1 Загальні закономірності ущільнення порошкових тіл.**

**Заняття 1** – Механізм ущільнення порошкових тіл. Процеси, які лежать в основі ущільнення. Етапи ущільнення. Різниця в ущільненні пластичних та крихких матеріалів. Вплив властивостей порошків та параметрів ущільнення на процес ущільнення.

Розподіл щільності у пресовках при формуванні. Процеси при ущільненні.

Внутрішнє та зовнішнє тертя. Боковий тиск. Сила виштовхування, пружна післядія. Роль мастил при формуванні.

Механізми ущільнення порошкових матеріалів. Методи визначення бокового тиску та зовнішнього тертя при пресуванні;

#### **Заняття 2,3** – Аналітичний опис процесу пресування.

Рівняння пресування по Бальшину, Куніну та Юрченко, Ждановичу, їх аналіз та практичне використання. Визначення сталих рівнянь.

Аналітичний опис процесів пресування по Штерну, Щербаню, Перельману;

**Заняття 4** – Практика формування. Підготовка порошків для пресування. Відпал, класифікація, розсів, змішування, грануляція. Визначення наважки, дозування.

Варіанти формування. Пресування на механічних та гідравлічних пресах.

Методи визначення якості змішування вихідної шихти для пресування. Методики визначення якості змішування. Обладнання для формування порошкових виробів.

**Заняття 5** – Ізостатичне формування. Різновидності ізостатичного формування. Гідростатичне, квазістатичне та газостатичне формування. Закономірності ізостатичного формування. Аналітичний опис ізостатичного формування.

Практика ізостатичного формування.

**Заняття 6** – Швидкісне (імпульсне) формування. Методи імпульсного формування. Формування на установках типу “копра”, гідродинамічне, електроімпульсне формування, формування вибухом.

Механізм ущільнення при імпульсному формуванні. Вплив різних факторів на процес ущільнення.

Аналітичний опис імпульсного формування.

*Швидкісне формування. Пресування з використанням високовольтного розряду в рідині. Електроімпульсне формування.*

**Заняття 7** – Формування довгомірних виробів. Формування скошеним пуансоном, прокаткою, мундштучним пресуванням. Закономірності процесів. Вплив параметрів формування та властивостей порошків на властивості виробів. Аналітичний опис процесів.

*Практика формування довгомірних виробів прокаткою, екструзією. Інжекційне формування.*

**Заняття 8** – Бездеформаційне формування.

*Шлікерне литво, інжекційне формування. Підготовка вихідних матеріалів. Стійкість шлікерів. Механізм формування.*

**Заняття 9** – Вібраційне формування. Вплив властивостей порошків та параметрів процесу на розподіл щільності при вібраційному формуванні.

*Брак при формуванні, його причини та можливість виправлення. Методи контролю якості формовок.*

**Заняття 10** – Модульна контрольна робота.

## **Розділ II Спікання**

**Заняття 11** – Терміни спікання. Зовнішні ознаки спікання. Усадка при спіканні та її визначення. Рушійні сили спікання. Загальні відомості про стан матеріалів при кімнатній температурі та нагріві з точки зору наявності дефектів, дифузійних процесів деформації. Поверхневий натяг як рушійна сила спікання. Капілярний тиск. Основні механізми спікання.

**Заняття 12** – Характеристика основних механізмів спікання.

*Спікання як в'язка (дифузійно-в'язка) течія, об'ємна самодифузія, пластична течія, поверхнева дифузія, перенесення через газову фазу. Спікання по Френкелю, Пінесу, Гегузину. Основні стадії спікання при дії цих механізмів, фізико-хімічні закономірності та кінетика процесів.*

**Заняття 13** – Феномонологічний опис процесу спікання. Вплив геометричного та структурного факторів на процес спікання. Спікання по В.В.Скороходу.

**Заняття 13** – Вплив різних факторів на процес спікання.

*Вплив температури, часу, властивостей порошків та формовок, умов спікання на усадку та властивості виробів.*

**Заняття 15** – Спікання під тиском. Гаряче пресування, гаряче ізостатичне пресування, штамповка, гаряче кування. Механізм ущільнення та закономірності формування структури та властивостей виробів при спіканні під тиском. Аналітичний опис процесів спікання під тиском.

*Спікання з використанням високоенергетичних джерел.*

*Спікання гарячим пресуванням, методи та обладнання. Динамічне гаряче формування.*

**Заняття 16** – Закономірності спікання багатокомпонентних систем. Вплив складу матеріалів та процесів гетеродифузії на кінетику спікання. Ефекти Френкеля та Кінендала.

*Особливості усадки та процесів формування структури і властивостей виробів при спіканні систем з необмеженою та обмеженою розчинністю компонентів, систем, які складаються з нерозчинних компонентів.*

**Заняття 17** – Спікання багатокомпонентних систем у присутності рідкої фази. Роль змочуємості рідкої фази твердої фази у процесах спікання. Дія основних механізмів при спіканні у присутності рідкої фази. В'язка течія, розчинення-осадження або перекристалізація через рідку фазу, спікання у твердій фазі.

*Варіанти спікання у присутності рідкої фази. Спікання у присутності рідкої фази, що зберігається до кінця спікання. Спікання у присутності рідкої фази, що зникає у процесі спікання.*

Спікання просочуванням. Варіанти спікання просочуванням при наявності та відсутності змочуваності, наявності та відсутності розчинності. Закономірності спікання просочуванням.

Заняття 18 – Властивості спечених виробів. Залежність властивостей спечених виробів від характеристик вихідних порошків, пористих заготовок та умов, режимів їх виготовлення. Методи контролю структури та властивостей спечених виробів. Розрахункові формули. Методики визначення властивостей.

## 5.2 Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять наступні:

- Вивчення закономірностей пресування порошкових матеріалів.
- Вивчення аналітичного опису процесів пресування.
- Вивчення закономірностей спікання порошкових матеріалів.
- Вивчення теоретичних та технологічних основ методів пресування і спікання порошкових матеріалів. Набуття практичних навичок.

### Перелік лабораторних робіт:

Лабораторна робота №1 – Дослідження процесу пресування порошкових матеріалів. (Дослідження пресованості порошків, визначення зусилля виштовхування та пружної післядії. (2 год.)

Лабораторна робота №2 – Дослідження рівнянь пресування (2 год.).

Лабораторна робота №3 – Дослідження впливу бокового тиску на розподіл зусиль при пресування. Дослідження процесу ізостатичного пресування. (2 год.)

Лабораторна робота №4 – Дослідження процесу формування структури та властивостей виробів з однокомпонентних та багатокомпонентних матеріалів під час спіканні у твердій фазі (4 год.)

Лабораторна робота №5 – Дослідження процесу спікання порошкових матеріалів у присутності рідкої фази. (4 год.).

Лабораторна робота №6 – Дослідження процесу одержання порошкових та композиційних матеріалів просочуванням (4 год.).

## 6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів полягає у вивченні окремих розділів курсу, виконанні домашніх завдань по набуттю навичок з вибору та розрахунків оптимальних технологічних параметрів процесів формування та спікання порошкових виробів, підготовці до виконання лабораторних робіт та обробці експериментальних даних, одержаних при їх виконанні.

Самостійна робота студентів (загальним об'ємом 81 годин) полягає в:

– самостійному і більш глибокому вивченні окремих розділів дисципліни. (виконання тестових завдань у випадку дистанційного навчання) (21 год.). (Додатки 4,5).

– підготовці до виконання лабораторних робіт, обробці та обговоренні отриманих результатів під час їх виконання, написання висновків ( 21 год.);

– підготовці до виконання модульної контрольної роботи ( 9 год.);

– підготовці до семестрової атестації – екзамену (30 год.).

Планування самостійної роботи під час вивчення дисципліни передбачається згідно таблиці 1. (Додаток 1)



## Політика та контроль

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

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Тему пропущеного лекційного заняття студент повинен опрацювати самостійно шляхом написання конспекту;
- Пропущену лабораторну роботу студент повинен виконати 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 [4].
- 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.
- У випадку **дистанційного навчання** значна увага приділяється самостійному освоєнню матеріалу дисципліни. Контроль знань передбачається шляхом виконання тестових завдань (див. додаток № 4 ) 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 7-10 тижні.

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

Календарний контроль (КК) проводиться на 7-8 та 14-15 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання першого КК студенту необхідно оформити і захистити ЛР №1, №2, №3 щонайменше на 3 бали кожен і отримати не менш ніж 10 балів за МКР. **(та позитивних відповідей на не менш ніж 75% тестових запитань у випадку дистанційного навчання).**

Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №4, №5, №6 щонайменше на 4 бали кожен. **(та позитивних відповідей на не менш ніж 75% тестових запитань у випадку дистанційного навчання).**

**Семестровий контроль:** екзамен.

#### 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 процесів, що вивчались – 3–5 балів;

– активне виконання роботи, опанування матеріалу – 2–3 балів;

– виконання завдання лабораторної роботи – 1 бал;

**Модульна контрольна робота** (див. додаток 2) оцінюється максимально у 15 балів, відповідно:

перше запитання – 6–10 балів;

друге запитання – 3–5 балів.

Умовою допуску до семестрового контролю є семестровий рейтинг не менше 50 балів за умови виконання і захисту всіх лабораторних робіт, МКР та кількості балів за видами:

– Захист звітів з лабораторних робіт не менше 40 балів;

– Модульна контрольна робота не менше 10 балів.

**Семестровий контроль** проводиться у вигляді письмового екзамену (**Додаток 3**).

Відповідь на запитання білетів оцінюється за 100-бальною шкалою таким чином:

перше запитання – 25 – 40 балів;

друге запитання – 25 – 40 балів;

третє запитання – 10 – 20 балів;

Ваговий коефіцієнт семестрового контролю складає 0,5

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».

Загальна кількість балів визначається як:

$$РБ_{Сем} = 50 + 0,5 \times РБ_{екз}$$

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 50 балів зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з дисципліни і мають академічну заборгованість.

За умови отримання незадовільної оцінки студент вважається як такий, що має заборгованість і може її перездавати 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.

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

2. Приклади планування самостійної роботи, питань модульної контрольної роботи, рейтингової оцінки результатів навчання наведену у додатках А, Б, В.

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

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

**Ухвалено** кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 16 від 22 червня 2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)

## Перелік тем самостійної роботи студентів та її обсяг в годинах

№	Назва теми	К-ть годин	Література
<b>Розділ 1. Пресування порошкових тіл</b>			
1	Механізми ущільнення порошкових матеріалів	2	[1],[2],[3],[8]
2	Аналітичний опис процесу пресування за Штерну	2	[ 1],[6]
3	Методи визначення якості змішування вихідної шихти для пресування	2	[1], [8]
4	Обладнання для формування порошкових виробів	2	[1], [8]
5	Ізостатичне формування. Практика ізостатичного формування	2	[1],[2],[7]
6	Швидкісне формування. Пресування з використанням високовольтного розряду в рідині. Електроімпульсне формування	2	[1],[9]
7	Швидкісне формування. Пресування з використанням високовольтного розряду в рідині. Електроімпульсне формування	2	[1],[10],[17]
<b>Розділ 2. Спінання</b>			
8	Спінання в реальних умовах. Активоване спінання. Методи активованого спінання. Практика активованого спінання	2	[2],[4],[8]
9	Спінання з використанням високоенергетичних джерел. Спінання гарячим пресуванням, методи та обладнання. Динамічне гаряче формування	2	[14], [8]
10	Спінання з використанням високоенергетичних джерел. Спінання гарячим пресуванням, методи та обладнання. Динамічне гаряче формування	2	[1],[19],[2],[7]
<b>Підготовка до виконання лабораторних робіт та обговорення отриманих результатів</b>		21	
<b>Підготовка до виконання модульної контрольної роботи</b>		9	
<b>Підготовка до семестрового контролю (екзамену)</b>		30	
<b>Всього:</b>		<b>81</b>	

## Приклади запитань та завдань до модульної контрольної роботи

### Перелік запитань

1. Надати характеристику методам отримання порошкових виробів великої довжини.
2. Розкрити сутність методів отримання порошкових виробів з рівномірним розподілом щільності по об'єму.
3. Дати характеристику бездеформаційним методам формування порошкових виробів.
4. Дати характеристику ізостатичним методам формування порошкових виробів. Обґрунтувати аналітичний опис цих методів.
5. Дати характеристику рівнянь, які можуть бути використані для аналітичного опису порошкових матеріалів середньої пластичності.
6. 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.
7. 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.
8. Розкрити вплив розміру та форми вихідних порошків на процеси формування виробів з них при пресуванні різними методами.
9. Розкрити роль пластифікаторів при пресуванні виробів різними методами. Визначення властивостей пластифікованих сумішей при пресуванні порошкових виробів м'якшувальним та інжекційним формуванням.
10. Дати характеристику імпульсним методам формування порошкових виробів. Аналітичний опис імпульсних методів пресування.
11. 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.
12. Дати характеристику рівнянь, які можуть бути використані для аналітичного опису порошкових матеріалів крихких матеріалів.
13. Розкрити сутність ізостатичних методів формування.
14. Розкрити роль пластифікаторів при пресуванні виробів різними методами. Визначення властивостей пластифікованих сумішей при пресуванні порошкових виробів м'якшувальним та інжекційним формуванням.
15. Дати характеристику бездеформаційним методам формування порошкових виробів без прикладення тиску.
16. Дати характеристику процесів, які супроводжують процес ущільнення при імпульсному пресуванні. Методи отримання пресовок з рівномірним розподілом щільності по їх об'єму.
17. Характеристика імпульсних методів пресування порошкових виробів.
18. Пресування прокаткою. Вплив різних чинників. Аналітичний опис.
19. Розкрити сутність ізостатичних методів формування. Вплив різних факторів на формування щільності. Аналітичний опис.
20. Дати характеристику процесів, які супроводжують процес ущільнення під час імпульсного пресування. Методи отримання пресовок з рівномірним розподілом щільності по їх об'єму.
21. Визначити наважку та об'єм пресовки діаметром 20 мм, висотою 24 мм з пористістю 26%, яка складається з 76% нікелю, 20% міді та 4% вуглецю.

22. Розкрити роль пластифікаторів при пресуванні виробів різними методами. Визначення властивостей пластифікованих сумішей при пресуванні порошкових виробів мудштучним та інжекційним формуванням.

23. Розкрити вплив розміру та форми вихідних порошків на процеси формування виробів з них при пресуванні різними методами.

24. Розкрити роль пластифікаторів при пресуванні виробів різними методами. Визначення властивостей пластифікованих сумішей при пресуванні порошкових виробів мудштучним та інжекційним формуванням.

25. . Визначити щільність та відносну щільність пресовки вагою 100 г, яка складається з 90% вольфраму, 6% кобальту та 4% нікелю і має пористість 6 %. Визначити об'єм пор у пресовці.

26. Визначити відносний об'єм пресовки вагою 104 г., яка складається з 90% заліза, 3% міді та 7% нікелю і має пористість 18 %. Визначити об'єм пор у пресовці.

27. Визначити наважку та об'єм пресовки діаметром 20 мм , висотою 24 мм з пористістю 26% , яка складається з 76% нікелю, 20% міді та 4% вуглецю.

## Приклади завдань до МКР

### №1

1. Дати характеристику імпульсним методам формування порошкових виробів. Аналітичний опис імпульсних методів пресування.

2. Визначити об'єм пор, відносний об'єм ( $D=38,5$  мм;  $H=46$  мм) пресовки з пористістю 19% , яка складається з 71% карбиду титану, 20% цирконію та 9% бору.

### №2

1. 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.

2. Визначити щільність, відносну щільність та відносний об'єм пресовки у вигляді кубу  $10 \times 10 \times 10$  мм з пористістю 21% , яка складається з 71% молібдену, 20% ванадію та 9% кремнію.

### №3

1. Дати характеристику методам отримання порошкових виробів великої довжини.

2. Визначити щільність пресовки вагою 24 г., яка складається з 85% заліза, 12% міді та 3% вуглецю і має пористість 10%.

### №4

1. Розкрити сутність методів отримання порошкових виробів з рівномірним розподілом щільності по об'єму.

2. Визначити відносний об'єм пресовки вагою 104 г., яка складається з 90% заліза, 3% міді та 7% нікелю і має пористість 18 %. 1. Дати характеристику бездеформаційним методам формування порошкових виробів.

**Приклади запитань до екзаменаційних білетів  
та білетів**

1. Дати характеристику методам отримання порошкових виробів великої довжини.
2. Спінання просоченням. Особливості спінання просоченням при наявності обмеженої розчинності між компонентами.
3. Визначити щільність пресовки вагою 24 г., яка складається з 85% заліза, 12% міді та 3% вуглецю і має пористість 10%.
4. Розкрити сутність методів отримання порошкових виробів з рівномірним розподілом щільності по об'єму.
5. Спінання просоченням. Особливості спінання просоченням при відсутності змочування розплавом легкоплавкої складової твердої фази.
6. Визначити відносний об'єм пресовки вагою 104 г., яка складається з 90% заліза, 3% міді та 7% нікелю і має пористість 18 %.
7. Дати характеристику бездеформаційним методам формування порошкових виробів.
8. Визначити щільність та відносну щільність пресовки вагою 100 г, яка складається з 90% вольфраму, 6% кобальту та 4% нікелю і має пористість 6 %. Визначити об'єм пор у пресовці.
9. Спінання у присутності рідкої фази. Вплив різних факторів на спінання у присутності рідкої фази.
10. Дати характеристику ізостатичним методам формування порошкових виробів. Обґрунтувати аналітичний опис цих методів.
11. Визначити щільність, відносну щільність, відносний об'єм пресовки 96 г., яка складається з 84% вольфраму, 12% кобальту та 4% нікелю і має пористість 11 %. Визначити об'єм пор у пресовці.
12. Спінання у присутності рідкої фази. Вплив вихідної пористості виробів на процес спінання у присутності рідкої фази.
13. Дати характеристику рівнянь, які можуть бути використані для аналітичного опису порошкових матеріалів середньої пластичності.
14. Закономірності спінання у присутності рідкої фази. Причини від'ємної усадки при спінанні у присутності рідкої фази.
15. Визначити щільність, пористість, відносний об'єм пресовки, яка складається з 88% вольфраму, 10% кобальту та 2% нікелю і має відносну щільність 82 %. Визначити об'єм пор у пресовці.
16. 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.
17. Роль поверхневої та об'ємної дифузії при активуванні процесів спінання. Критерії Гегузіна.
18. 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.
19. Закономірності спінання багатокомпонентних виробів з необмеженою розчинністю у твердій фазі.
20. Розкрити вплив розміру та форми вихідних порошоків на процеси формування виробів з них при пресуванні різними методами.

21. Закономірності спікання багатокомпонентних виробів з обмеженою розчинністю у твердій фазі.
22. Розкрити роль пластифікаторів при пресуванні виробів різними методами. Визначення властивостей пластифікованих сумішей при пресуванні порошкових виробів мудштучним та інжекційним формуванням.
23. Спікання багатокомпонентних виробів. Закономірності спікання багатокомпонентних виробів, які складаються з компонентів нерозчинних один в одному у твердій фазі.
24. Дати характеристику імпульсним методам формування порошкових виробів. Аналітичний опис імпульсних методів пресування.
25. Причини від'ємної усадки при спіканні.
26. 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.
27. Дія механізмів спікання, які не супроводжуються усадкою виробів.
28. Дати характеристику рівнянь, які можуть бути використані для аналітичного опису порошкових матеріалів крихких матеріалів.
29. Характеристика механізмів спікання, які супроводжуються усадкою виробів.
30. Розкрити сутність ізостатичних методів формування.
31. Розкрити сутність методів спікання, які сприяють отриманню порошкових виробів з практично стовідсотковою щільністю.
32. Розкрити роль пластифікаторів при пресуванні виробів різними методами. Визначення властивостей пластифікованих сумішей при пресуванні порошкових виробів мудштучним та інжекційним формуванням.
33. Методи активації процесів спікання. Їх сутність.
34. Дати характеристику бездеформаційним методам формування порошкових виробів без прикладення тиску.
35. Реалізація механізму пластичної течії при спіканні. Аналітичний опис.
36. Дати характеристику процесів, які супроводжують процес ущільнення при імпульсному пресуванні. Методи отримання пресовок з рівномірним розподілом щільності по їх об'єму.
37. Характеристика основних механізмів спікання у твердій фазі.
38. Характеристика імпульсних методів пресування порошкових виробів.
39. Механізми спікання виробів у присутності рідкої фази.
40. Пресування прокаткою. Вплив різних чинників.
41. Спікання гарячим пресуванням. Аналітичний опис.
42. Роль змочування під час консолідації порошкових виробів спіканням у присутності рідкої фази та просочуванням спікання порошкових виробів
43. Імпульсні методи пресування порошкових виробів. Умова плавлення. Аналітичний опис імпульсних методів пресування.

## Приклади білетів до екзамену

№ а

1. Дати характеристику методам отримання порошкових виробів великої довжини.
2. Спікання просоченням. Особливості спікання просоченням при наявності обмеженої розчинності між компонентами.
3. Визначити щільність пресовки вагою 24 г., яка складається з 85% заліза, 12% міді та 3% вуглецю і має пористість 10%.



## № б

1. Розкрити сутність методів отримання порошкових виробів з рівномірним розподілом щільності по об'єму.
2. Спінання просоченням. Особливості спінання просоченням при відсутності змочування розплавом легкоплавкої складової твердої фази.
3. Визначити відносний об'єм пресовки вагою 104 г., яка складається з 90% заліза, 3% міді та 7% нікелю і має пористість 18 %.

## № в

1. Дати характеристику бездеформаційним методам формування порошкових виробів.
2. Визначити щільність та відносну щільність пресовки вагою 100 г., яка складається з 90% вольфраму, 6% кобальту та 4% нікелю і має пористість 6 %. Визначити об'єм пор у пресовці.
3. Спінання у присутності рідкої фази. Вплив різних факторів на спінання у присутності рідкої фази.

## № г

1. Надати характеристику ізостатичним методам формування порошкових виробів. Обґрунтувати аналітичний опис цих методів.
2. Визначити щільність, відносну щільність, відносний об'єм пресовки вагою 96 г., яка складається з 84% вольфраму, 12% кобальту та 4% нікелю і має пористість 11 %. Визначити об'єм пор у пресовці.
3. Спінання у присутності рідкої фази. Вплив вихідної пористості виробів на процес спінання у присутності рідкої фази.

## **Тестові запитання**

**з дисципліни**

### **“ Основи теорії процесів консолідації порошкових матеріалів”**

**для контролю самостійного вивчення лекційного матеріалу  
студентами**

**за умов дистанційного навчання**

**Розділ I – Пресування**

### Запитання 1

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

### Запитання 2

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 3

**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 4

**Яким максимальним координаційним числом можна охарактеризувати процес ущільнення порошкових матеріалів на стадії структурної деформації?**

Варіанти відповіді:

- А. Координаційним числом 12.
- Б. Координаційним числом у межах 5 –12.
- В. Координаційним числом 4.

**Відповідь:**

### Запитання 5

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

/варіанти відповіді/

А.  $P_{бок} = P_{np} \frac{v}{1-v}$

Б.  $P_{бок} = P_{np} \xi$

В.  $P = 4\mu\xi P \frac{h}{D}$

**Відповідь:**

#### Запитання 6

**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 7

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.  $dP = 4\mu\xi P \frac{h}{D}$

В.  $P = \mu\xi P_{бок} \pi D h$

**Відповідь:**

#### Запитання 8

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

/варіанти відповіді/

А.  $N_{тр} = \mu\xi P_{бок} \pi D h$

Б.  $N_{тр} = \mu P_{бок} F_{бок}$

В.  $N_{од} = 4\mu\xi P \frac{h}{D}$

**Відповідь:**

#### Запитання 9

Як впливають інертні мастила на розподіл щільності в пресовці?

/варіанти відповіді/

- А. Сприяють більш рівномірному розподілу щільності.

- Б. Слабо впливають на рівномірний розподіл щільності.
- В. Не впливають на розподіл щільності в пресовці.

**Відповідь:**

Запитання 10

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

/варіанти відповіді/

- А. 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 11

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

/варіанти відповіді/

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

**Відповідь:**

Запитання 12

**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 13

**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 14

**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 15

**/основа питання/**

У яких порошоків 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 порошоків.  
 В. У отриманих розпилюванням розплавів газом.

**Відповідь:**

Запитання 16

**/основа питання/**

Як змінюється щільність і міцність пресовок зі збільшенням тиску пресування?

**/варіанти відповіді/**

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

**Відповідь:**

Запитання 17

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

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

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

Рівняння Ждановича –

$$\gamma = \gamma_{np} - \frac{k_0}{\alpha} e^{-\alpha p}$$

Рівняння Куніна і Юрченка –

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

Рівняння Штерна –

**/варіанти відповіді/**

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

**Відповідь:**

Запитання 18

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

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

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

Рівняння Ждановича –

$$\gamma = \gamma_{np} - \frac{k_0}{\alpha} e^{-\alpha p};$$

Рівняння Куніна і Юрченка –

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

Рівняння Штерна –

/варіанти відповіді/

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

**Відповідь:**

Запитання 19

**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 20

**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 21

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 22

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 23

**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 24

**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 25

**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 26

**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 27

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

/варіанти відповіді/

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

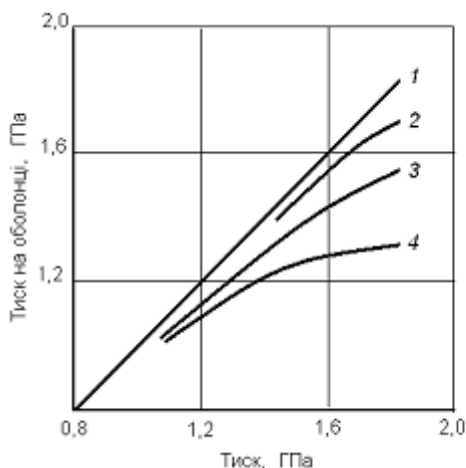


В. Не залежить.

**Відповідь:**

#### Запитання 28

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 29

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 30

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 31

**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 32

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

/варіанти відповіді/

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

А. Рівнянням Ждановича

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

Б. Рівнянням

$$\gamma = \gamma_{np} - \frac{k_0}{\alpha} e^{-\alpha p}$$

В. Рівнянням Куніна і Юрченка

**Відповідь:**

### Запитання 33

**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 34

**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 35

**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 36

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

/варіанти відповіді/

- А. Енергія гідрударної хвилі, теплова 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 37

**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 38

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

/варіанти відповіді/

- А.  $\alpha$  – початковий кут;  $\alpha_p$  – кут плющення;  $\alpha_{cn}$  – кут спресовування;  
 $\alpha_{сж}$  – кут пружного стиснення валів;  $\gamma$  – нейтральний кут.
- Б. Кут, який визначається шириною бункеру для порошку; кут спресовування; кут плющення.
- В. Нейтральний кут, кут пружного стиснення валків.

**Відповідь:**

Запитання 39

За якою формулою можна визначити товщину порошкового прокату?

/варіанти відповіді/

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

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

В. 
$$h_c = h_1 \operatorname{tg} \varphi$$

**Відповідь:**

Запитання 40

Яка формула описує залежність між щільністю прокату та тиском пресування?

/варіанти відповіді/

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

Б. 
$$P_{\text{ср}} = \frac{km}{\frac{1}{\gamma_{\text{л}} - \gamma_{\text{ут}}} - n}$$

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

**Відповідь:**

Запитання 41

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

/варіанти відповіді/

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

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

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

**Відповідь:**

Запитання 42

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 43

**Які вимоги ставляться до пластифікованих сумішей, які використовуються для отримання порошкових заготовок 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 44

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

/варіанти відповіді/

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

Б. 
$$\tau_m = k_\alpha \frac{P}{H}$$

В. 
$$\tau_m = k_\alpha \frac{P}{S}$$

**Відповідь:**

#### Запитання 45

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

/варіанти відповіді/

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

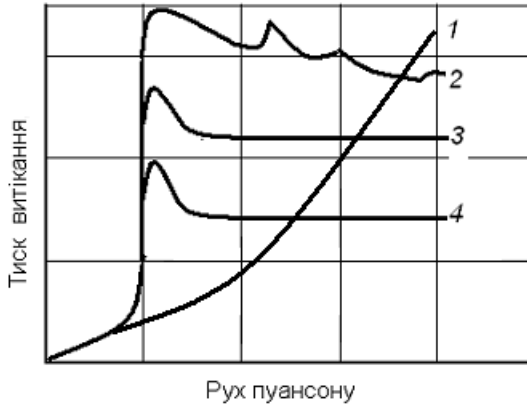
Б. 
$$\eta_m = \frac{\pi R^4}{8lG} \left[ p - 12 \frac{l}{R} p_g \right]$$

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

Відповідь:

Запитання 46

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 47

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 48

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

/варіанти відповіді/

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

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

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

**Відповідь:**

Запитання 49

**Які речовини – дефлокулятори можна використовувати при виготовленні стабільних лікерів для формування порошкових виробів з них методом лікерного литва ?**

/варіанти відповіді/

- А. Кислоти (соляна, оцтова), луги ( $NaOH, KOH, NH_4OH$ ), поверхнево-активні речовини (ПАР).  
Б. Соляна кислота, луг NaOH.  
В. Спирти, розчини солей лужних металів.

**Відповідь:**

Запитання 50

**За якою формулою можна визначити швидкість процесу отримання порошкових заготовок 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 51

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

/варіанти відповіді/

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

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

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

**Відповідь:**

Запитання 52

**Як змінюється щільність пресовок від часу вібраційного ущільнення порошкових матеріалів?**

/варіанти відповіді/

- А. Збільшується з затуханням швидкості ущільнення зі збільшенням часу.

- Б. Збільшується зі збільшенням часу.
- В. Зменшується.

**Відповідь:**

#### Запитання 53

**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 54

**За рахунок чого при пресуванні порошків відбувається перетворення сипучого порошкового тіла у компактне?**

/варіанти відповіді/

- А. За рахунок схоплювання, прилипання, механічного зчеплення або склеювання частинок порошку одна з одною у разі введення зв'язуючого.
- Б. За рахунок зварювання, сил Ван-дер-Ваальса, прилипання.
- В. За рахунок сил тертя між частинками порошку.

**Відповідь:**



## **Тестові запитання**

**з дисципліни**

### **“ Основи теорії процесів консолідації порошкових матеріалів”**

**для контролю самостійного вивчення лекційного матеріалу  
студентами**

**за умов дистанційного навчання**

**Розділ II – Спікання**

### Запитання 1

**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 2

**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 3

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

/варіанти відповіді/

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

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

В.  $V = \frac{V_1}{1 - f}$  .

Відповідь:

### Запитання 4

**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 5

**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 6

**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 7

**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 8

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

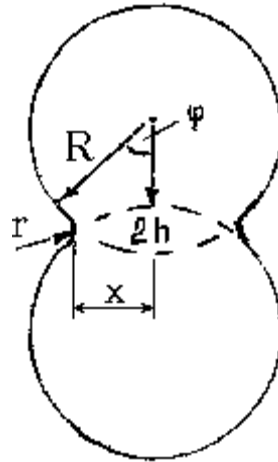
/варіанти відповіді/

- 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 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 10

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

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

Відповідь:

Запитання 11

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 12

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 13

За якою формулою можна визначити швидкість деформації при пластичному плинні?

/варіанти відповіді/

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

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

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

Відповідь:

Запитання 14

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 порошоків, плину частинок, дифузійних процесів по поверхні частинок.
- В. Розчинення-конденсації, перегрупування частинок порошку.

**Відповідь:**

#### Запитання 15

**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 16

**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 17

**Що є причиною дифузійного заростання ізольованої пори при дії механізму об'ємної само-дифузії 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/

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

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

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

Відповідь:

#### Запитання 19

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

/варіанти відповіді/

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

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

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

Відповідь:

#### Запитання 20

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

/варіанти відповіді/

A. В окремих зернах.

Б. В об'ємі всього виробу.

В. Між окремими зернами.

Відповідь:

#### Запитання 21

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

/варіанти відповіді/

$$A. S = \frac{3 \cdot V_1 \cdot f}{r_1}$$

$$\text{Б. } S = \frac{3 \cdot V_1}{\eta}$$

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

Відповідь:

#### Запитання 22

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

/варіанти відповіді/

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

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

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

Відповідь:

#### Запитання 23

**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 24

**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 25



**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 26

**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 27

**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 28

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

/варіанти відповіді/

- А. За рахунок спікання у присутності пару гальгенідів, 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 29

**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 30

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

/варіанти відповіді/

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

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

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

Відповідь:

#### Запитання 31

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

/варіанти відповіді/

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

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 32

**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 33

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

/варіанти відповіді/

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

$$\text{Б. } V_2 = \frac{V}{1-f}$$

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

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/

$$\text{А. } \gamma' = \frac{\delta^3 \cdot P_0 \cdot D_{\Gamma}}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot T \cdot D_0} > 1$$

$$\text{Б. } \gamma' = \frac{\delta^3 D_{\Gamma}}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot T \cdot D_0} = 1$$

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

Відповідь:

#### Запитання 35

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

/варіанти відповіді/

- A. Приводить до інтенсифікації перенесення речовини через газову фазу.
- B. Не має впливу на процеси активування спікання..
- B. 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 І роду (прямого)?**

/варіанти відповіді/

- A. Коли спікаються порошкові багатокомпонентні матеріали, які мають різні коефіцієнти гетеродифузії.
- B. Коли спікаються порошкові багатокомпонентні матеріали, які мають рівні коефіцієнти гетеродифузії.
- B. 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?

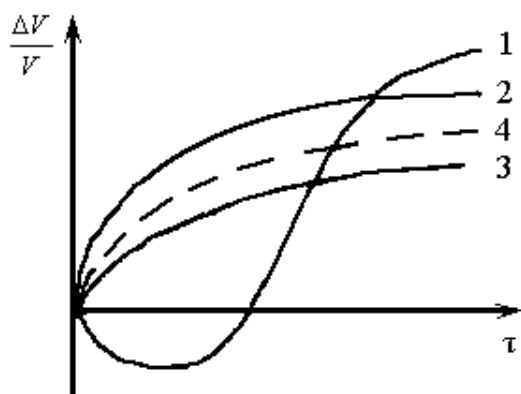
/варіанти відповіді/

- А. 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 багатокомпонентних 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

**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 46

**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 47

**Вироби з яких порошків спікаються краще ?**

/варіанти відповіді/

- А. Отриманих розпилюванням розплавів газовим енергоносієм.  
Б. Отриманих електролізом водних розчинів солей.  
В. Отриманих механічним диспергуванням.

Відповідь:

Запитання 48

**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:**

Запитання 49

**У якому середовищі необхідно спікати вироби з порошків, які мають велику спорідненість до кисню?**

/варіанти відповіді/

А. У інертному газі.

Б. У вакуумі.

В. У середовищі водню з низькою точкою роси.

**Відповідь:**

Запитання 50

**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 51

**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 52

**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 53

**Що таке циклічне спікання ?**

/варіанти відповіді/

- А. Метод активування процесу спікання.
- Б. Зміна температури спікання через певний період часу.
- В. Спікання виробів з порошків, які мають велику спорідненість до кисню.

**Відповідь:**