

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

А. І. Івлієв, Ю. О. Казимиренко, О. М. Сизоненко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсових робіт з дисциплін:

**"Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей
порошкових і композиційних матеріалів" і**

**"Особливості виробництва порошкових матеріалів та виробів"
та курсового проекту з дисципліни**

"Обладнання підприємств порошкової металургії"

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2009

УДК 621.762 (076)

Івлів А.І., Казимиренко Ю.О., Сизоненко О.М. Методичні вказівки до виконання курсових робіт з дисциплін: "Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей порошкових і композиційних матеріалів" і "Особливості виробництва порошкових матеріалів та виробів" та курсового проекту з дисципліни "Обладнання підприємств порошкової металургії". – Миколаїв: НУК, 2009. – 48 с.

Кафедра матеріалознавства і технології металів

Подано загальні вимоги, теоретичні передумови та рекомендації щодо тематики, змісту, порядку виконання та структури курсових робіт з дисциплін: "Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей порошкових і композиційних матеріалів" і "Особливості виробництва порошкових матеріалів та виробів" та курсового проекту з дисципліни "Обладнання підприємств порошкової металургії".

Призначено для студентів спеціальності 8.090103 "Композиційні та порошкові матеріали, покриття"

Рецензент канд. техн. наук, доцент Г.В. Волков

Згідно з наказом ректора НУК №8 від 09.01.2008 методичні вказівки публікуються в авторській редакції і відповідальність за їх редагування несе автор.

ВСТУП

Сучасна техніка, транспортні і технічні засоби, медицина, побутові прилади не можуть сьогодні існувати без порошкових і композиційних матеріалів та виробів. Це викликано як підвищеними вимогами до деталей та конструкцій, так і потребами створення нового перспективного обладнання. Крім того, сучасна техніка потребує впровадження нових енергозберігаючих технологій.

Зростає потреба у нових матеріалах, що пов'язано з необхідністю зменшення маси, підвищенням зносостійкості та наданням виробам комплексу експлуатаційних властивостей, що не можливо зробити без застосування сучасних технологій порошкової металургії. Такі зростаючі темпи науково-технічного прогресу у значному ступені визначаються кваліфікацією наукових і та інженерних кадрів, рівнем їх творчої культури, здібностями засвоювати та розвивати нові методи і технології виготовлення матеріалів і виробів, вмінням давати їм експертну оцінку.

В умовах сучасного виробництва кожен спеціаліст повинен мати навички з виконання проектної та дослідницької роботи на конкретному об'єкті. З цього приводу у Навчальному плані кафедри матеріалознавства і технології металів для підготовки бакалаврів з напрямку "Інженерне матеріалознавство" та спеціалістів за спеціальністю "Композиційні та порошкові матеріали, покриття" передбачено виконання курсових робіт з дисциплін: "Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей порошкових і композиційних матеріалів" (на III-му курсі); "Особливості виробництва порошкових матеріалів та виробів" (на IV-му курсі) та курсового проекту з дисципліни "Обладнання підприємств порошкової металургії" (на V-му курсі).

Засвоєння відповідного теоретичного матеріалу відбувається після вивчення дисциплін "Теоретичні основи матеріалознавства", "Неметалеві матеріали", "Полімерні композиційні матеріали", "Теорія тепло- та масопереносу", "Теорія термічної обробки". Опанування цих дисциплін припускає, що студенти достатньо глибоко вивчили такі питання як технологія одержання конструкційних матеріалів, теорія тепло- та масопереносу в матеріалах та пористих середовищах, структура та властивості спеціальних сталей та сплавів, теорія та практика термічної обробки та багато інших.

У методичних вказівках автори не прагнули надати розгорнутий довідниковий матеріал про різні види вживаних технологій, властивості матеріалів, враховуючи, що дана інформація міститься у довідниковій літературі та інших джерелах інформації. Методичні вказівки також містять список джерел літератури, які автори рекомендують для виконання аналізу процесів формування структури та властивостей порошкових і композиційних матеріалів, відповідних технологічних і міцнісних розрахунків, вибору обладнання, рішення завдань щодо його модернізації.

Виконання курсових робіт і проекту з дисциплін "Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей порошкових і композиційних матеріалів", "Особливості виробництва порошкових матеріалів та виробів", "Обладнання підприємств порошкової металургії" є необхідним підготовчим етапом до вирішення більш складної задачі – дипломної роботи або проекту.

1. ЗАВДАННЯ, ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ "ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВИХ І КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ"

1.1. Завдання до курсової роботи. Загальні вимоги щодо виконання

Курсова робота з дисципліни "Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей порошкових і композиційних матеріалів" є першою самостійною роботою студентів, виконання якої спрямовано на придбання ними навичок аналізування фізико-хімічних процесів, які супроводжують формування певної структури та властивостей порошкових і композиційних матеріалів, дослідження їх мікроструктури за допомогою сучасних методів, виконання необхідних розрахунків з використанням програмних пакетів чисельних методів, які дозволять прогнозувати експлуатаційні властивості у визначених умовах. Виконання курсової роботи підкріплюється спеціалізованим циклом лабораторних робіт [7].

На початку 6 семестру кожному студенту у відповідності до номеру варіанту видається особисте завдання до курсової роботи (бланк завдання наведено у додатку А). Завдання містить тему курсової роботи, яка полягає у дослідженні впливу вихідних компонентів на структуру та властивості певного виду порошкового або композиційного матеріалу (ПКМ), який студент обирає самостійно. Як вихідні дані студенту надаються різновиди порошкових, волокнистих компонентів, які застосовуються для одержання саме обраного ПКМ. В якості вихідних компонентів також можуть бути використані відходи виробництва або наповнювачі природного походження. За необхідністю студенти можуть використати електронну базу даних мікроструктур порошкових або композиційних матеріалів, а також вихідних компонентів. Курсова робота містить теоретичні та експериментальні дослідження, які студенти виконують самостійно та під керівництвом викладача. При виконанні студенти використовують лабораторне обладнання, а також сучасні методи мікроаналізу та комп'ютерної металографії.

Приблизна тематика курсових робіт наведена у табл. 1.1. Студент також може запропонувати власну тему курсової роботи, однак потрібно при цьому обґрунтувати доцільність виконання дослідження саме з цієї проблеми.

Таблиця 1.1. Тематика курсових робіт

№ варіанту	Тема роботи	Вихідні дані
1	Дослідження впливу порошків міді на структуру та властивості мідних пористих ПКМ	Порошок міді
2	Дослідження впливу порошків міді на структуру та властивості мідно-алюмінієвих ПКМ	Порошок міді
3	Дослідження впливу порошків бронзи на структуру та властивості бронзових пористих ПКМ	Порошок бронзи
4	Дослідження впливу порошків нікелю на структуру та властивості ПКМ	Порошок нікелю
5	Дослідження впливу порошків SiC на структуру та властивості КМ	Порошок SiC
6	Дослідження впливу нитковидних кристалів SiO ₂ на структуру та властивості КМ	Волокно SiO ₂
7	Дослідження впливу базальтових волокон на структуру та властивості КМ	Мікроструктура базальтового волокна
8	Дослідження впливу кристалітів гідроксилапатиту на структуру та властивості ПКМ	Мікроструктура ГАП
9	Дослідження особливостей формування структури та властивостей ПКМ системи Cu–Ni	Порошок міді Порошок нікелю
10	Дослідження особливостей формування структури та властивостей ПКМ системи Ni–Fe	Порошок нікелю Порошок заліза
11	Дослідження особливостей формування структури та властивостей ПКМ на основі порошку заліза	Порошок заліза
12	Дослідження особливостей формування структури та властивостей бронзових ПКМ, легованих добавками Mn, Fe, Si	Порошок бронзи Порошок заліза
13	Дослідження особливостей формування структури та властивостей ПМ, одержаних на основі порошку X18H15	Порошок X18H15
14	Дослідження особливостей формування структури та властивостей керамічних КМ на основі порошку ZrO ₂	Порошок ZrO ₂
15	Дослідження впливу порошків графіту на структуру та властивості КМ	Порошок графіту
16	Дослідження впливу порошків графіту на структуру та властивості міднографітових КМ	Порошок графіту Порошок міді

Курсова робота повинна включати:

оглядову частину, яка присвячена актуальності застосування певного порошкового або композиційного матеріалу у техніці або у іншій галузі промисловості; вивченню умов експлуатації та вимог, які пред'являються до обраного ПКМ;

самостійне проведення експериментальних та теоретичних досліджень, які пов'язані: з морфологією та станом поверхні вихідних компонентів; зміною морфології компонентів в результаті формування та спікання; особливостями мікроструктури ПКМ та аналізом можливих дефектів. Крім того, теоретичні дослідження повинні містити аналіз фізико-хімічних процесів на всіх стадіях формування ПКМ, починаючи з одержання вихідних компонентів, та включати аналіз впливу цих процесів на формування структури та властивостей ПКМ;

розрахункову частину, яка виконується за допомогою програмного пакету чисельних методів (наприклад MATLAB, MATHCAD)

формування, складання загальних висновків, списку літератури, додатків.

Курсова робота оформлюється відповідно до вимог ЕСКД і ЕСТД обсягом 20...25 аркушів формату А4 та захищається у встановлений керівником термін.

1.2. Структура та обсяг курсової роботи

Курсова робота з дисципліни "Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей порошкових і композиційних матеріалів" складається зі вступу, оглядової частини та дослідницької частини, яка містити: дослідження вихідних компонентів ПКМ, аналіз фізико-хімічних процесів формування структури та властивостей ПКМ, аналіз та дослідження структури перехідної зони та її вплив на формування експлуатаційних властивостей ПКМ, дослідження особливостей мікроструктури ПКМ; загальних висновків; джерел літератури та додатків, об'єм яких не входить на загального обсягу роботи.

Обсяг оглядової частини не повинен перевищувати 5 сторінок; друга та четверта частини повинні носити дослідницький характер та їх об'єм приблизно становить 7 сторінок; третя та п'ята частини роботи являють собою аналітичні та узагальнені дослідження об'ємом по 5–7 сторінок. Кожну нову частину роботи повинно починати з нового аркуша. Для більш стислого та конкретного викладання матеріалу застосовують табличну та графічну форму (наприклад, таблиця з характеристикою або влас-

тивостями матеріалів, графічні залежності властивостей від технологічних параметрів: тиску пресування або температури спікання).

Вступ повинен містити пояснення щодо актуальності застосування обраного порошкового або композиційного матеріалу; стисле обґрунтування та формування мети проекту. Обов'язковими елементами вступу є формування об'єкту та предмету дослідження, виділення теоретичних та експериментальних методів досліджень. При цьому об'єктом дослідження є фізико-хімічні процеси, які супроводжують структуроутворення ПКМ на різних етапах його одержання, починаючи з отримання вихідних компонентів, а предметом – певний вид порошкового або композиційного матеріалу.

Наприкінці вступу доцільно розкрити структуру курсової роботи, навести перелік її структурних елементів та обґрунтувати послідовність їх застосування.

1. Оглядова частина обов'язково повинна мати назву, яка відповідає проведеному аналізу джерел літератури. Саме ця частина курсової роботи повинна показати глибину знайомства студента з фаховою літературою, його вміння систематизувати джерела, виділяти найбільш перспективні досягнення та невирішені питання. Матеріали використаних джерел необхідно логічно систематизувати, при цьому студент повинен вказати відповідні посилання на технічну літературу. На підставі огляду літератури студент виділяє невирішені, але актуальні питання та формулює мету роботи. Оглядова частина підрозділяється на наступні пункти:

1.1 Призначення та аналіз умов експлуатації порошкового або композиційного матеріалу (ПКМ) містить всебічний аналіз особливостей умов роботи, а також визначення вимог, які пред'являються до цього порошкового або композиційного матеріалу.

1.2 Визначення основних стадій структуроутворення ПКМ здійснюється у залежності від технологічних етапів його одержання [11, 12, 19].

2. Дослідження вихідних компонентів ПКМ включає мікроструктурні дослідження морфології вихідних компонентів, аналіз їх фізичних та хімічних властивостей та стислу характеристику фізико-хімічних процесів їх одержання. Для виконання цього розділу студенти використовують методи мікроаналізу та сучасні методи комп'ютерної металографії [7]. У розділі наводять фотографії вихідних компонентів; результати мікроструктурних досліджень представляються у вигляді побудованих гістограм розподілу часток за розмірами та фактором форми та містять

аналіз стану поверхні та наявності дефектів. Фізичні та хімічні властивості порошків, волокон та інших наповнювачів наводяться у вигляді таблиць. Характеристика фізико-хімічних процесів одержання вихідних порошкових, волокнистих компонентів та інших видів наповнювачів повинна бути представлена у стислій формі та супроводжуватися відповідними хімічними реакціями.

Студенти використовують вже придбані на лабораторних та практичних заняттях навички, тому вибір методики досліджень та підготовки експериментальних зразків повинні супроводжуватися відповідними посиланнями на літературу.

Рекомендована література: [5, 7, 11 – 13, 20].

3. Аналіз фізико-хімічних процесів формування структури та властивостей ПКМ повинен включати характеристику процесів, які відбуваються у структурі порошкових і композиційних матеріалів під час технологічних етапів формування та спікання, аналіз їх безпосереднього впливу на формування властивостей. Тому у розділ потрібно включити: характеристику обраного методу та параметри формування ПКМ; параметри та середовище спікання; проміжні та кінцеві властивості матеріалів. Наведену інформацію необхідно супроводити графічним матеріалом у вигляді кінетичних кривих ущільнення під час формування та кінетичних кривих усадки протягом спікання. За необхідністю у розділ повинні бути включені відповідні хімічні реакції, які характеризують процеси, що відбуваються протягом спікання у обраному середовищі.

Аналіз фізико-хімічних процесів формування структури та властивостей ПКМ доцільно супроводити аналізом відповідних діаграм стану, а також необхідними розрахунками, наприклад, пористості ПКМ на різних стадіях формування та спікання, ступеня спікаємості ПКМ при різних умовах, а також розрахунками, які пов'язані з прогнозуванням майбутніх властивостей або усадочних процесів.

Рекомендована література: [1, 2, 11, 12, 17, 19, 20].

4. Аналіз та дослідження структури перехідної зони та її вплив на формування експлуатаційних властивостей ПКМ. В основу цього розділу покладений теоретичний матеріал з основ фізичної хімії поверхні поділу фаз в металевих композиційних матеріалах [15]. Розділ повинен містити характеристику перехідної зони у обраному КМ. Для цього студент повинен використовувати мікроструктурні дослідження, відповідні дані з результатами рентгеноструктурних досліджень або відомі літературні дані з рентгенограмами або фрагментами дифрактограм. За цими

даними студент визначає тип та природу зв'язку на поверхні поділу фаз та виконує необхідні розрахунки міцнісних характеристик волокнистих або наповнених, у тому числі дисперсно-зміцнених композитів.

Для порошкових або волокнистих матеріалів студент повинен проаналізувати контактні явища, які протікають у пористих середовищах протягом спікання [12], найбільш важливим з яких є процес формування міжчасткових контактів. Такі теоретичні дослідження повинні включати розрахунки геометричних параметрів приконтактної зони, побудову графічних залежностей від дисперсності часток.

Рекомендована література: [2, 11, 12, 15, 17, 19, 20].

5. Дослідження особливостей мікроструктури ПКМ включають: вибір методики дослідження мікроструктури та типу пористої структури ПКМ; дослідження пористості ПКМ, які повинні включати визначення типу пористості структури ПКМ та побудову гістограм розподілу за її розмірами та фактором форми, аналіз впливу такого виду пористості на властивості ПКМ.

Крім того, проведені дослідження повинні містити: аналіз дефектів мікроструктури та вплив на них режимів формування та спікання; дослідження зміни морфології компонентів в результаті формування та спікання; характеристику фізико-механічних властивостей обраних ПКМ. Аналіз впливу особливостей мікроструктури на властивості ПКМ.

Одержані результати повинно бути чітко обґрунтованими та містити посилання на літературні джерела.

Рекомендована література: [2, 7, 11, 12, 15, 17, 19, 20].

Загальні висновки, в яких необхідно відобразити особливості мікроструктури обраного ПКМ; вплив на особливості мікроструктури та властивостей фізико-хімічних процесів, які супроводжують одержання матеріалу, та доцільність застосування ПКМ у зазначеній галузі.

Список літератури складається із використаних джерел, до яких відносяться: підручники, наукові статті, патентна література, держстандарти тощо. Загальна кількість використаних публікацій повинна складати не менш, ніж 15–20 літературних джерел.

Додатки можуть містити діаграми стану сплавів та неметалевих композицій, допоміжні розрахункові дані, загальні схеми тощо.

2. ЗАВДАННЯ, ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ "ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ"

2.1. Завдання до курсової роботи, зміст та вимоги до виконання

Дані методичні вказівки написані для студентів 4 курсу, які набувають підготовку за кваліфікаційним рівнем бакалавр за напрямом 6.050403 "Інженерне матеріалознавство". Виконання курсової роботи у сукупності з проведенням лабораторних робіт з дисципліни "Особливості виробництва порошкових матеріалів і виробів" [8, 9] являє собою комплексне засвоєння матеріалу з технологічних питань порошкової металургії. При виконанні курсової роботи основна увага приділяється особливостям розробки технологічних процесів виробництва деталей, які в свою чергу повинні володіти комплексом фізико-механічних властивостей, методикам визначення режимів обробки, розрахункам технологічних параметрів різних процесів обробки, прогнозуванню експлуатаційних властивостей деталей з порошкових матеріалів, методам контролю і випробуванням. Виконання цієї курсової роботи є важливим етапом для подальшої підготовки спеціалістів та магістрів за спеціальністю 8.090103 "Композиційні та порошкові матеріали, покриття".

2.1.1. Задачі курсової роботи.

У ході виконання курсової роботи студенти мають проявити свої здібності:

використовуючи технічне завдання, креслення та результати конструкторських розрахунків, за допомогою відповідних правил та нормативних документів, проаналізувати умови роботи виробу;

виходячи з креслення, заданих властивостей, технологічних можливостей, за допомогою нормативної та довідкової літератури або комп'ютерних баз даних, обрати конкретну марку композиційного або порошкового матеріалу для виготовлення виробу або його склад;

використовуючи відомості щодо складу та структури композиційних, порошкових та інших дисперсних матеріалів, за допомогою прийнятих методик, відомих аналітичних залежностей та довідкової інформації, проводити орієнтовні розрахунки їх властивостей;

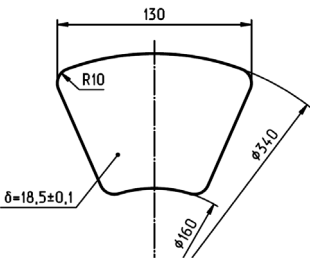
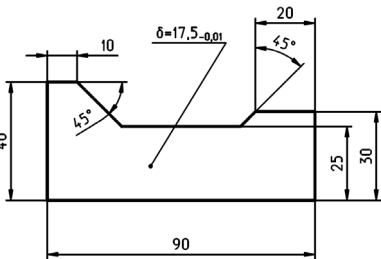
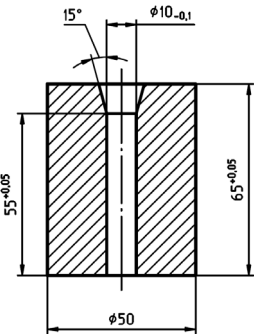
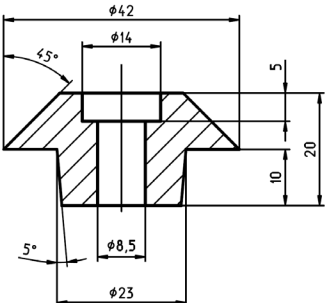
використовуючи результати аналізу умов роботи виробу та приймаючи до уваги обраний матеріал, його фазовий склад та необхідні властивості, за допомогою відомих правил та довідкової інформації, обрати технологічні засоби забезпечення заданих показників якості виробу.

2.1.2. Варіанти завдань курсової роботи

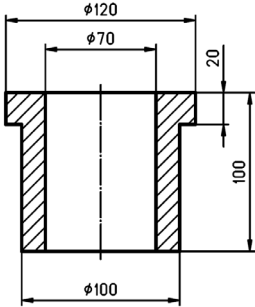
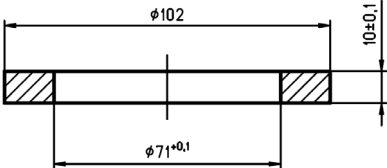
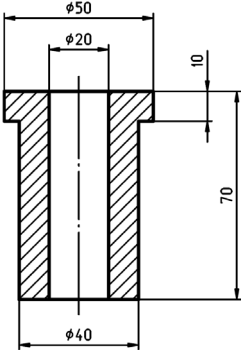
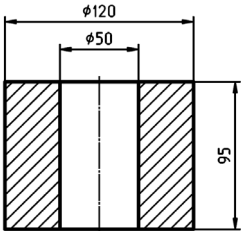
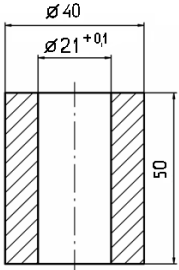
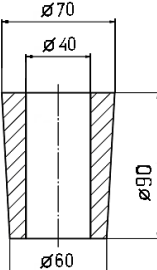
У завданні на курсову роботу відображаються наступні початкові дані відповідно до індивідуального варіанту для кожного студента: тема курсової роботи, номер варіанту завдання, ескіз деталі, необхідний рівень фізико-механічних і експлуатаційних властивостей деталі, дата видачі завдання, дата захисту курсової роботи. Завдання на курсову роботу підписується студентом і керівником курсової роботи.

Вихідні дані завдання по курсовому проектуванню визначаються варіантом, номер якого складається з двох груп цифр, при цьому перша група цифр визначає геометрію деталі (табл. 2.1), а друга група цифр встановлює необхідний рівень властивостей порошкової деталі (табл. 2.2).

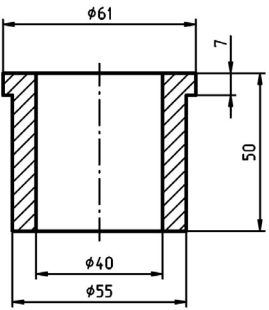
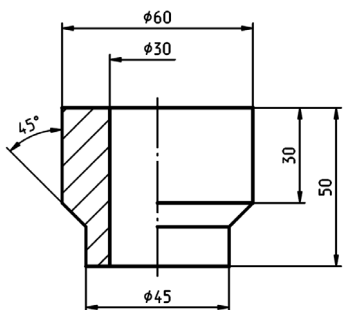
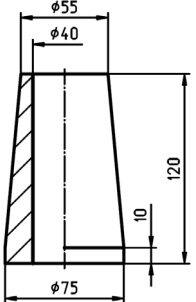
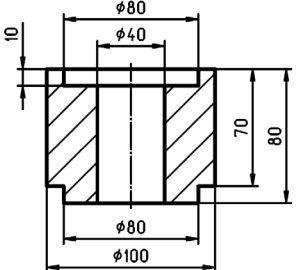
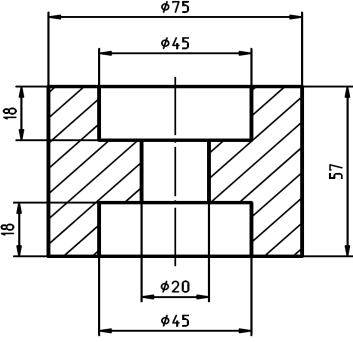
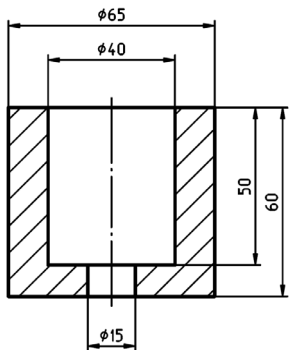
Таблиця 2.1. Геометрія виробів

№ Варіанту	Геометрія деталі	№ Варіанту	Геометрія деталі
1		2	
3		4	

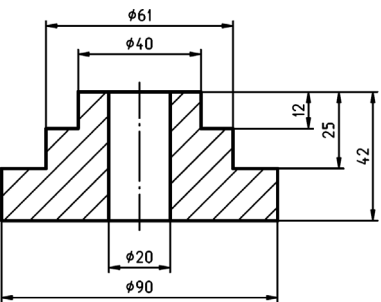
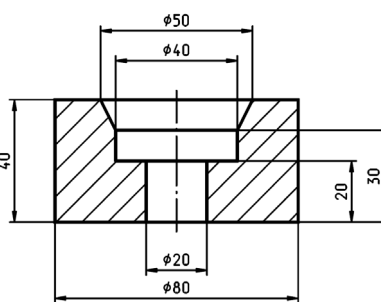
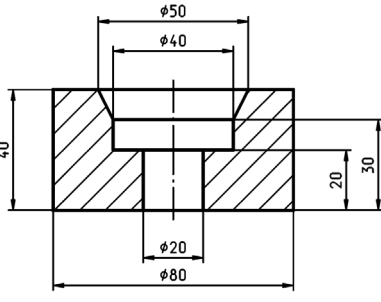
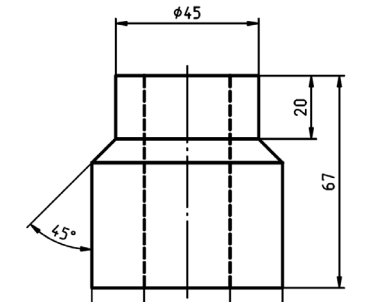
Продовж. табл. 2.1

№ Варіанту	Геометрія деталі	№ Варіанту	Геометрія деталі
5		6	
7		8	
9		10	

Продовж. табл. 2.1

№ Варіанту	Геометрія деталі	№ Варіанту	Геометрія деталі
11		12	
13		14	
15		16	

Продовж. табл. 2.1

№ Варіанту	Геометрія деталі	№ Варіанту	Геометрія деталі
17		18	
19		20	

Таблиця 2.2. Необхідний рівень властивостей деталей з порошкових матеріалів

№ варіанту	σ_b , МПа	$\sigma_{изг}$, МПа	δ , %	НВ, МПа	$a_{п, КДж/м^2}$	Експлуатаційні властивості
1	170	—	12	460	350	—
2	400	—	2,0	1320	220	—
3	260	—	3,0	730	—	—
4	290	—	7,0	880	—	—
5	350	—	1,5	920	—	—
6	530	950	—	2200	80	—

Продовж. табл. 2.2

№ варіанту	σ_b , МПа	$\sigma_{изг}$, МПа	δ , %	НВ, МПа	$a_{п,к}$ Дж/м ²	Експлуатаційні властивості
7	710	830	—	3200	440	—
8	400	—	12	1000	—	—
9	340	—	7	—	70	—
10	550	—	20	1550	16	—
11	120	250	—	70	39	$f_{ж.тр.} = 0,06$
12	150	300	—	100	40	$f_{ж.тр.} = 0,04$
13	106	180	—	150	20	$f_{ж.тр.} = 0,02$
14	60	—	—	60	13	$f_{ж.тр.} = 0,01$
15	215	430	—	900	2	$f_{ж.тр.} = 0,05$
16	40	—	—	1000	—	$f_{с.тр.} = 0,37$
17	24	—	—	280	—	$f_{с.тр.} = 0,3$
18	480	750	—	850	—	$f_{ж.тр.} = 0,005$
19	—	190	—	440	20	—
20	—	340	—	480	98	—

Наприклад, варіант завдання № 13–17 передбачає необхідність розробки технології виробництва деталі з геометрією згідно ескізу № 13 у табл. 2.1, при цьому властивості деталі мають відповідати варіанту № 17 у табл. 2.2.

2.1.3. Порядок виконання курсової роботи

У відповідності до Навчального плану кафедри матеріалознавства і технології металів, курсова робота виконується на протязі 8 семестру. Для проведення поточних консультацій згідно тематики курсової роботи і для контролю за ходом виконання роботи, передбачено проведення спеціальних тематичних занять (табл. 2.3).

Таблиця 2.3. Графік проведення спеціальних тематичних занять

№ тижня семестру	Тема занять
2	Вступ. Особливості курсового проектування з дисципліни
4	Вивчення та аналіз конструкції деталей та умов роботи
6	Вибір та обґрунтування типу та складу матеріалу для виробу
8	Огляд можливих методів одержання виробу
10	Обґрунтування послідовності операцій і рівнів основних параметрів при виготовленні деталей
12	Прогнозування структури й властивостей матеріалів на всіх стадіях обробки.

№ тижня семестру	Тема занять
14	Призначення методів контролю властивостей
16	Формування, складання та розробка загальних висновків
18	Захист курсової роботи

2.1.4. Захист курсової роботи

Виконану курсову роботу студент надає керівникові курсового проектування для перевірки. Після усунення студентом виявлених недоліків у роботі, керівник курсового проектування робить запис про допуск студента до захисту. Час на запитання й обговорення роботи не регламентується. Захист студентом курсової роботи проходить у наступному порядку: доповідь (до 10 хвилин); відповіді на запитання; відгук керівника; відповіді на зауваження керівника; обговорення роботи.

2.2. Структура курсової роботи

Курсова робота виконується в об'ємі 40–50 сторінок пояснювальної записки. Пояснювальна записка є документом, в якому викладаються відомості про виконану роботу, і оформляється відповідно до ДСТУ 3008–95. Загальними вимогами до пояснювальної записки є: чіткість побудови; логічна послідовність викладу матеріалу; стислість і точність формулювань; конкретність викладу результатів роботи; доведеність висновків ще й обґрунтованість рекомендацій.

Пояснювальна записка повинна включати: титульний аркуш; завдання до курсової роботи; зміст; вступ; основну частину; висновки; список літератури; додатки.

Зміст включає: послідовно перераховані назви всіх розділів і підрозділів, пунктів і підпунктів роботи, висновки, перелік посилань, назви додатків, а також номери сторінок, що відповідають цим розділам.

Пояснювальна записка складається з розділів: вступ; основна частина роботи, загальні висновки, перелік посилань, перелік додатків.

Вступ. У цьому розділі коротко викладають оцінку сучасного стану проблеми, світові тенденції рішення поставлених завдань, актуальність даної роботи, мету роботи й область використання. Вступ розміщують на окремі сторінки.

Основна частина роботи – це виклад відомостей про об'єкт досліджень або розробок, які є необхідними й достатніми для розкриття

сутності даної роботи. Суть роботи викладають, розділяючи матеріал на розділи. Розділи можуть розділятися на підрозділи. Кожний розділ і підрозділ повинен містити закінчену інформацію. Доцільно кожний розділ завершувати відповідними висновками. У курсовій роботі необхідно послідовно виконати розробку наступних розділів:

1. Вивчення та аналіз конструкції деталей та умов роботи .
2. Вибір та обґрунтування тип та складу матеріалу для виробу.
3. Огляд можливих методів виготовлення виробу.
4. Обґрунтування послідовності операцій та рівнів основних параметрів при виготовленні деталей.
5. Прогнозування структури та властивостей матеріалів на всіх стадіях обробки.
6. Призначення методів контролю властивостей.

Загальні висновки розміщують безпосередньо після викладу суті роботи, починаючи з нової сторінки. У висновках приводять оцінку отриманих результатів роботи з урахуванням світових тенденцій рішення поставленого завдання, приводяться можливі області використання отриманих результатів роботи, визначається народногосподарська, наукова, соціальна значимість роботи. У загальних висновках необхідно вказати, чим завершена робота. Текст висновків потрібно підрозділяти на пункти.

Розглянемо більш детально роботу студента на кожному із етапів.

2.2.1. Вивчення конструкції деталей. Внесення змін до геометрії деталей.

Для виконання цього розділу курсової роботи студенту необхідно проаналізувати виданий йому варіант деталі з точки зору особливостей її форми і розмірів, а потім внести зміни в конструкцію деталі відповідно до можливостей передбачуваної технології виготовлення.

Одним з визначальних чинників є складність форми виробів. Загальні вимоги до форми деталей викладені в ГОСТ 29278-92 ("Вироби порошкові. Конструктивні елементи"). Залежно від вживаних конструктивних елементів виробу порошкової металургії розрізняють: з простою, складною і особливо складною формою.

До виробів простої форми відносяться: вироби без переходів по висоті; вироби без отвору або з одним отвором і з торцями, обмеженими паралельними площинами. Додатковими конструктивними елементами виробів простої форми є стінки, фаски, пази і зубці.

До виробів складної форми відносяться:

вироби з одним переходом по висоті, без отвору і з торцями, обмеженими паралельними площинами;

вироби з одним або декількома отворами, з одним переходом по висоті і торцями, обмеженими паралельними площинами.

До виробів особливо складної форми відносяться:

вироби з двома або більше переходами і буртами по висоті, з торцями, обмеженими паралельними або непаралельними площинами, криволінійними площинами;

вироби, обмежені однією або більше конічними, сферичними і іншими криволінійними поверхнями.

Додатковими конструктивними елементами виробів складної і особливо складної форми є стінки, фаски, пази, зубці, бурти, виступи, нахили, поглиблення в торцях.

В результаті аналізу форми деталі (осесиметрична форма деталі чи ні, наявність переходів по перерізу деталі, наявність одного або декількох отворів в деталі і їх взаємне розташування, конусність, товщина стінок тощо) потрібно визначити групу складності деталі [19].

За складністю форми порошкові вироби можна розділити на сім груп:

1) вироби без отворів з незмінним перерізом по висоті, обмежені двома паралельними площинами, які перпендикулярні напрямку пресування;

2) вироби з незмінними перерізами по висоті, обмежені двома паралельними площинами, з одним або декількома отворами у напрямі пресування, із співвідношенням висоти виробу h до мінімальної товщини стінки $S_{\min}$ рівним $h/S_{\min} < 8 \dots 10$;

3) вироби, що відносяться до другої групи, але із співвідношенням $h/S_{\min} > 8 \dots 10$

4) вироби із зовнішнім або внутрішнім буртом і відношенням $h/S_{\min} < 6 \dots 8$;

5) вироби, що відносяться до четвертої групи, але із співвідношенням $h/S_{\min} > 6 \dots 8$;

6) вироби без отворів, що мають по висоті декілька перерізів і переходів;

7) вироби з отворами, що мають декілька зовнішніх або внутрішніх переходів у напрямі зусилля пресування, а також деталі, обмежені непаралельними площинами або криволінійними поверхнями, що перетинають вісь напрямку зусилля пресування.

У даний час основний об'єм порошкових виробів складають вироби першої–п'ятої груп складності. Це пояснюється тим, що з ускладненням форми виробів різко зростають витрати на виготовлення прес-форм, а також з необхідністю застосування спеціалізованих пресів. Складність форми виробу визначається можливістю пресування деталей в кінцевому ви-

гляді або необхідністю застосування після спікання додаткової механічної обробки. При проектуванні технології необхідно також враховувати, що пресування є найбільш відповідальною операцією в усьому процесі виробництва порошкових виробів. У табл. 2.4 приведені основні конструктивні елементи порошкових виробів, якими, згідно ГОСТ 29278-92, є: отвори, радіальні переходи, пази, зуби, стінки, фаски, ухили, поясочки, рифлені поверхні, бурти, виступи і поглиблення на торцях. Вигляд і характеристика конструктивних елементів у порошковому виробі визначаються можливістю їх виготовлення пресуванням з подальшим спіканням або штампуванням пористих заготовок.

Таблиця 2.4. Вимоги до геометрії конструктивних елементів

Характеристика геометрії виробу	Вимоги до конструктивних елементів: вид, форма, параметри. Технологія формування виробу
Вироби типу полого циліндру	Товщина стінки $s \geq 0,8$ мм; $H/s \leq 1$ Одностороннє пресування пористих виробів
	$s \geq 0,8$ мм; $1 \leq H/s \leq 10$ Двостороннє пресування пористих виробів
	$s \geq 2$ мм; $H/s > 10$ Двостороннє пресування пористих виробів; поперечне пресування пористих виробів
	$s \geq 2$ мм; $0,6 \leq H/s \leq 1$ Штампування виробів високої щільності двостороннім осадженням із пористих заготовок
	$s \geq 2$ мм; $1 \leq H/s \leq 2$ Штампування виробів високої щільності двостороннім осадженням із пористих заготовок
	$s \geq 2$ мм; $H \geq 40$; $H/s \geq 3$ Штампування виробів високої щільності поперечним ущільненням пористих заготовок
	Радіус переходу $R \geq 0,25$ мм Пресування пористих виробів
Вироби з одним і більше переходом по висоті на зовнішньому діаметрі	$R = (0,3 - 0,5)$ мм; Штампування пористих заготовок для виробів високої щільності
	Наявність фаски $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ Пресування пористих заготовок
Вироби будь-якої форми	$0,15 \leq a \leq 0,5$ мм; Штампування пористих заготовок

Продовж. табл. 2.4

Характеристика геометрії виробу	Вимоги до конструктивних елементів: вид, форма, параметри. Технологія формування виробу
Вироби будь-якої форми з пазом на торцях	Наявність пазу шириною $b \geq 1$ мм Пресування пористих виробів
Вироби будь-якої форми	Наявність отвору $D \geq 10$ мм Штампування виробів високої щільності
Вироби з виступами на внутрішніх та зовнішніх бокових поверхнях	Наявність виступу шириною $s \geq 2$ мм; Пресування пористих виробів; Штампування виробів високої щільності осадженням пористої заготовки з попередньо виготовленим виступом
Вироби будь-якої форми з виступом на торці	Наявність виступу шириною $s \geq 2$ мм; Пресування пористих виробів складеним пуансоном
	$s \geq 5$ мм; Штампування виробів високої щільності осадженням пористої заготовки з попередньо виготовленим виступом
	Штампування виробів високої щільності осадженням (видавлюванням) пористої заготовки без попередньо виготовленого виступу
Вироби з одним переходом по висоті на зовнішній поверхні	Наявність бурту зі стінкою $t \geq 0,8$ мм Двохстороннє пресування пористих виробів
	$t \leq 3$ мм; Штампування виробів високої щільності двостороннім осадженням пористої заготовки без бурта з поперечним переміщенням матеріалу.
	Штампування виробів високої щільності двостороннім осадженням пористої заготовки з буртом
	$t > 3$ мм; Штампування виробів високої щільності одностороннім осадженням бурта з наступним ущільненням усієї заготовки
Вироби з двома і більше переходами по висоті на зовнішній поверхні	Наявність буртів зі стінками $t_1, t_2 \geq 0,8$ мм Двохстороннє пресування пористих виробів
	$t \leq 3$ мм; Штампування виробів високої щільності двостороннім осадженням пористої заготовки без бурта з поперечним переміщенням матеріалу

Продовж. табл. 2.4

Характеристика геометрії виробу	Вимоги до конструктивних елементів: вид, форма, параметри. Технологія формування виробу
	$t > 3 \text{ мм}$; Штампкування виробів високої щільності двостороннім осадженням пористої заготовки з буртом
	$t > 3 \text{ мм}$; Штампкування виробів високої щільності одностороннім осадженням бурту з наступним ущільненням усієї заготовки
Вироби типу шестерні, шків та ін.	Штампкування виробів високої щільності двостороннім осадженням пористої заготовки з буртом
	Штампкування виробів високої щільності одностороннім осадженням бурта з наступним ущільненням усієї заготовки
Вироби типу циліндричної шестерні	Штампкування осадженням з поперечним переміщенням матеріалу пористої заготовки без попередньо виготовлених зубів шестерні
	Штампкування осадженням заготовки з попередньо виготовленими зубами
Вироби з рифленою поверхнею	Пресування пористих виробів Штампкування
Вироби з конічною поверхнею	Пресування пористих виробів Штампкування

На основі аналізу особливостей форми і розмірів деталі, а також з урахуванням обраної схеми виготовлення, студентові необхідно розробити зміни в геометричній формі і розмірах виробу. У курсовій роботі необхідно представити креслення деталі з урахуванням вимог розробленої технології.

2.2.2. Вибір матеріалу для виробу.

Для виконання цього розділу курсової роботи студентові необхідно проаналізувати виданий йому варіант завдання з погляду допустимого рівня властивостей деталі.

За властивостями і призначенням порошкові матеріали у великому об'ємі використовуються для виготовлення деталей конструкційного призначення. Порошкові матеріали, що використовуються для виготовлення виробів конструкційного призначення, можуть бути розділені на дві групи:

1) для виготовлення виробів в цілях заміни звичайних вуглецевих і легированих сталей, чавунів, деяких кольорових металів і сплавів і

2) матеріали із спеціальними властивостями, отримати які можна тільки при виробництві виробів методами порошкової металургії.

Найбільш характерними деталями першої групи є шатуни, шестерні, хrapовики, кулачки, ригелі, накидні і спеціальні гайки, важелі і багато інших, які випускаються ливарною промисловістю методами лиття і механічної обробки. Виготовлення деталей цієї групи рентабельне тільки при масовому виробництві однакових виробів. Щільність порошкових виробів забезпечується технологією їх виготовлення і змінюється від 50 до 100 % від їх теоретичної щільності.

При виборі порошкового матеріалу для виготовлення конкретної деталі потрібно враховувати механічні і фізико-хімічні властивості матеріалу. Найбільш важливими характеристиками при виготовленні конструкційних деталей є щільність і міцність при розтягуванні і згинанні.

Щільність деталі визначається виходячи з умов роботи і необхідних механічних властивостей. Якщо деталь за умовами роботи знаходитиметься в агресивному середовищі, то наявність пористості інтенсифікуватиме її корозійне руйнування, і в цьому випадку виріб повинен виготовлятися не тільки з корозійностійкого матеріалу, але і по можливості щільнішим. Якщо потрібні високі антифрикційні властивості деталі, здатність бути проникною, то вона, навпаки, повинна бути пористою. І, нарешті, якщо запас міцності деталі в пористому її виконанні задовольняє механічні і фізико-хімічні властивості, то у такому разі пористість може бути навіть корисною, наприклад, при виготовленні пористих шестерень масляних насосів. Застосування пористих шестерень не тільки не знижує працездатності насосів, але різко зменшує шум при їх роботі.

Рівень властивостей функціонального порошкового матеріалу визначається поєднанням вихідних компонентів, а також рівнем щільності і рівномірністю щільності виробу. У зв'язку з цим, з постійного за складом вихідного матеріалу за допомогою технології порошкової металургії можна виготовити деталі з фізико-механічними і експлуатаційними властивостями, що відрізняються.

Встановлений у завданні комплекс властивостей виробу дозволяє визначити групу матеріалу за призначенням (антифрикційний, фрикційний, електроконтактний, зносостійкий і т. д.).

Для забезпечення заданого комплексу властивостей деталі, студенту необхідно проаналізувати можливі варіанти хімічного складу матеріалу, його щільності і пористості та зробити вибір раціонального варіанту марки порошкового матеріалу.

2.2.3. Огляд можливих методів виготовлення деталей.

У курсовій роботі необхідно виконати аналіз можливих методів виготовлення деталей з урахуванням заданих особливостей геометричної форми деталі і її властивостей. Відомо, що технологічна схема виробництва визначається виходячи з дисперсності початкових порошків, їх хімічного складу і властивостей, а також визначається рівнем властивостей отриманого виробу і його геометрією. Так, при виготовленні деталей з високою пористістю з шихти на основі порошку заліза, у разі простої форми і малих габаритах виробу, доцільно застосувати операції статичного одностороннього пресування порошку та ізотермічного спікання заготовок. Підвищені вимоги до рівня щільності і рівномірності щільності виробів можуть бути виконані при здійсненні процесу гарячого пресування порошків, або процесу динамічного гарячого пресування.

Виготовлення деталей складної форми з ультрадисперсних порошків приводить до необхідності застосування технології шлікерного формування, вібраційного та інжекційного формування у поєднанні з процесами неізотермічного або електророзрядного спікання заготовок. У разі високих вимог до точності виготовлення деталей і шорсткості поверхні, можливе виконання операції калібрування виробів, або механічної обробки заготовок.

Для забезпечення антикорозійного захисту деталей, підвищення їх міцності і зносостійкості, можливе застосування операції просочення пористої деталі маслами, розплавами полімерів, металів або скла.

При виборі схеми виробництва деталей рекомендується користуватися літературою [6, 11, 14, 19]. Для забезпечення підвищеного рівня ударної в'язкості деталей доцільно застосовувати процес повторного пресування і спікання пресувань.

2.2.4. Розробка технологічних операцій.

На основі аналізу можливих методів виготовлення деталей із заданою геометрією і комплексом властивостей, студенту необхідно виконати розробку послідовності технологічних операцій. Виконання тієї або іншої технологічної операції, а також конкретні рівні параметрів, залежать від геометрії виробу та від необхідного рівня фізико-механічних і експлуатаційних властивостей. Значний вплив на вибір технології має початковий порошок (дисперсність, форма частинок, їх фізико-механічні властивості, наявність в шихті порошків різних металів і т.д.). При розробці послідовності операцій рекомендується користуватися відповідними

типовими технологічними процесами та літературою [10, 16, 19]. Вибір технології виробництва доцільно виконати на основі розгляду:

можливих варіантів початкових порошків, їх марок, дисперсності, форми частинок;

однорідності і насипній щільності порошкової шихти, яку отримують;

розподілу щільності і рівня щільності після пресування;

розподілу щільності і рівня щільності після спікання;

розподілу щільності і рівня щільності після калібрування.

Таким чином, при виконанні цього етапу курсової роботи студентові необхідно вибрати таку технологічну схему, яка реалізує заданий рівень властивостей порошкової заготовки на кожній технологічній операції і забезпечить необхідні властивості деталі.

2.2.5. Вибір схеми та режимів пресування. Розрахунок розмірів заготовки та елементів прес-форми.

При виконанні даного розділу курсової роботи студенту необхідно виконати аналіз можливих методів пресування порошків, які можливо застосувати для виконання поставленого завдання. Необхідно враховувати, що для отримання виробів заданих розмірів і форми, у ряді випадків необхідна додаткова механічна обробка.

Основним методом формування порошкових виробів є метод пресування заготовок в закритих прес-формах. Проте при пресуванні заготовок в закритих прес-формах площа поверхні, на яку прикладається тиск пресування, лімітується розмірами прес-форм і потужністю преса.

Обмежується також і довжина виробів у напрямі пресування. Тертя порошку об стінки прес-форми приводить до втрати тиску по висоті пресування, появи нерівномірної щільності. Внутрішнє (міжчасткове) тертя також робить істотний вплив на величину зусилля пресування і на розподіл щільності в поперечному перерізі заготовок. При пресуванні виробів складної форми обмежене переміщення частинок порошку в прес-формі під дією зовнішнього тиску із-за міжчасткового тертя приводить до неоднорідного розподілу щільності за об'ємом заготовки.

Схема пресування визначається нерівномірністю розподілу по допустимій щільності і висотою пресованого виробу. У разі одностороннього пресування виробів найбільш раціональним є пресування виробів, у яких відношення висоти до діаметру не більше двох. При більшому відношенні або коли форма виробу така, що одностороннє пресування не може забезпечити рівномірну щільність за об'ємом виробу, рекомендується двостороння схема пресування.

Переміщення пуансонів визначається висотою засипки порошку в порівнянні з кінцевою висотою виробу, положенням нейтральної зони і переміщенням частинок порошку в процесі пресування. Для збереження форми в процесі виштовхування заготовки не повинні мати приливів і поглиблень, розташованих під кутом до осі пресування, похилих ребер, радіальних отворів, зворотної конусності і т.п., що може заважати вільному виштовхуванню їх з прес-форми.

При виштовхуванні заготовок з прес-форм їх розміри збільшуються, тобто виявляється післядія. Пружну післядію полегшує зняття заготовок з пуансона за рахунок збільшення розмірів, що охоплюють, але перешкоджає їх витяганню з прес-форми за наявності всіляких виступів, ребер і т. п., що визначають форму і конструкцію деталі.

Істотним чинником, що впливає на кінцеві розміри виробів, є зміна розмірів при спіканні (усадка або зростання). Облік цих чинників дозволяє прогнозувати зміну розмірів. Якщо вироби мають переходи по напрямку пресування, то при пресуванні їх монолітним пуансоном виходить значна неоднорідність щільності. Тому монолітним пуансоном пресують тільки деталі, переріз яких змінюється по висоті не більше ніж на 25%. При великому відхиленні по висоті кожен перехід перерізу формується окремим пуансоном. При цьому дуже добрі результати виходять при застосуванні прес-форм з "плаваючими" матрицями. Висота деталі у напрямі пресування повинна бути пропорційна площі поперечного перерізу. Найбільш доцільним відношенням висоти до діаметру (товщини) є до 4 : 1. В окремих випадках при застосуванні мастил, "плаваючих" матриць можливе отримання якісних виробів при співвідношенні висоти до діаметру до 8 : 1.

Складними для виготовлення є деталі, що мають по-різному розташовані по висоті зовнішні або внутрішні фланці, а також деталі, що мають отвори. Для виготовлення таких деталей також застосовуються прес-форми з декількома пуансонами. Для визначення режиму пресування необхідно заздалегідь виконати оцінку раціонального рівня щільності матеріалу на кожній стадії вибраної технології.

Відправними точками є значення насипної щільності порошку і щільності готового виробу. На підставі аналізу можливостей вибраної технології необхідно визначити значення щільності заготовки після пресування, після спікання, після калібрування. Наприклад, для визначення значення щільності заготовки після статичного пресування можна використовувати графічні залежності щільності різних порошків від тиску пресування [6, 11, 12, 16, 19]. Ці графіки дозволяють виконати попередню

оцінку інтервалів варіювання таких параметрів, як щільність і величина статичного тиску, а потім визначити раціональний рівень статичного тиску і величину щільності пресування. Остаточний вибір величини тиску пресування необхідно виконати з урахуванням обраних рівнів параметрів спікання, калібрування і т.д. На вибір мають вплив фізико-механічні і хімічні властивості порошку і зазначені в завданні властивості виробу.

Визначення розмірів внутрішньої порожнини прес-форми. Основні розміри робочої порожнини прес-форми визначаються розмірами пресованого виробу з урахуванням прогнозованого рівня щільності, пружної післядії, що спостерігається при витягуванні заготовки з прес-форми, і подальшою усадкою (або зростанням) заготовки при спіканні. При статичному пресуванні для вирівнювання розподілу щільності по перерізу заготовки застосовують схеми пресування з декількома верхніми і нижніми пуансонами. При цьому дотримуються пропорційності висот засипок в кожній частині порожнини матриці до висоти отриманого пресування. Зокрема, для втулки із зовнішнім буртом, необхідно, щоб виконувалася вимога про постійність значень коефіцієнта ущільнення для різних перерізів пресовки.

Вибір типу, складу прес-форми, розрахунок розмірів заготовки та розмірів елементів прес-форми треба здійснювати відповідно до вимог, які наведені у роботах [6, 10–12, 16, 19].

2.2.6. Вибір схеми та режиму спікання заготовок.

Спікання є однією з найбільш складних технологічних операцій, оскільки їй супроводять такі явища, як усадка або зростання пресовок, хімічні реакції, сплав складових елементів. Від змін розмірів залежить точність виробів, що виготовляються, тому слід зупинитися на прийомах, за допомогою яких цими змінами можна управляти. У даний час в промисловості застосовуються різні варіанти процесу спікання: ізо-термічне, спікання під тиском, активоване, реакційне, електророзрядне та інші. При цьому тонкий порошок викликає велику усадку, і вона протікає з більшою швидкістю, ніж у грубих порошків. На об'ємні зміни помітний вплив має початкова щільність пресовок. З підвищенням щільності усадка при спіканні зменшується, а в деяких випадках спостерігається навіть розширення пресовок. Розширення заготовки, що спікається, може відбуватися під дією газів, що виділяються, і у яких утруднений вихід з внутрішніх шарів. Розширення деталей з сумішей порошків може також бути викликане дифузійними процесами, що протікають унаслідок різниці коефіцієнтів дифузії компонентів суміші. На розширення деталей можуть

впливати деякі хімічні реакції, наприклад, взаємодія металу з газовим середовищем, що протікають при спіканні з утворенням речовин збільшеного об'єму – оксидів, карбідів, нітридів тощо.

Швидкість нагрівання і склад обраного середовища суттєво впливають на це явище. Тонкий порошок утримує більшу кількість поглинених газів і повітря, аніж грубий, тому нагрів виробів з тонких порошоків потрібно проводити поволі, щоб було достатньо часу для видалення газів. Правильне видалення газів супроводжується зменшенням пористості і усадкою виробу. Якщо швидкість нагріву дуже висока, то із-за бурхливого виділення газів в початковий період спікання порушується структура виробу – зменшується щільність і з'являються численні дрібні вторинні пори. Ці пори можуть не закритися унаслідок дифузії або зростання зерен. У таких випадках відбувається пониження щільності, навіть якщо пресування мало високу щільність.

Щільність виробів після спікання залежить від перебігу процесів усадки або розширення. У слабо спресованих виробках щільність збільшується з підвищенням температури спікання. Зворотнє явище відбувається з виробами з високою щільністю. Оскільки усадка виробів з тонкого порошку більша, ніж з крупного при тих же температурах, тривалості спікання і захисному середовищі, щільність виробів більша, якщо суміш містить значну кількість дрібних фракцій.

На зміну щільності і розмірів виробу при спіканні значний вплив має вакуум, що застосовується, захисне тверде або газове середовище. У порошковій металургії використовуються захисні середовища типів: водень, дисоційований аміак, генераторний газ, ендотермічний газ, екзотермічний газ, конвертований природний газ. Вибір схеми та режиму спікання заготовок рекомендується здійснювати відповідно до [6, 10–12, 16, 19]. У курсовій роботі студенту необхідно показати додаткові графічні побудови, виконані на наявних в літературі графіках, і тим самим обґрунтувати вибір рівнів технологічних параметрів процесу спікання, необхідних для отримання заготовок із заданим рівнем властивостей.

2.2.7. Вибір режимів калібрування заготівель.

Для досягнення заданої розмірної точності, усунення викривлення та інших дефектів спікання порошкові вироби калібрують. При цьому матеріал деформується в значно меншому ступені, аніж при допресуванні. Якщо виріб калібрується за рахунок зменшення радіальних розмірів (з позитивним припуском), то зусилля калібрування визначається ступенем

обтискання вертикальних поверхонь, коли виріб заштовхується в матрицю, і ступенем обтискання по висоті.

Зусилля обтискання вертикальних поверхонь залежить, з одного боку, від матеріалу виробів і його щільності, мастила, припуску на калібрування, шорсткості поверхонь матриці і стрижня, а з іншою, – від форми вхідних кромок матриці і стрижня. Правильно вибрана форма вхідних кромок дозволяє значно зменшити зусилля обтискання виробу. Крім того, форма вхідної кромки впливає на якість обробки поверхні виробу. Вхідна кромка часто виконується конусною. Кут нахилу вибирається в межах $1-2^\circ$. Місце переходу від конусної поверхні до циліндрової округляється по радіусу, який приблизно рівний висоті робочої частини кромки.

Рекомендується також застосування вхідної кромки заокругленої форми, в цьому випадку складова зусилля калібрування, направлена перпендикулярно до калібруючої поверхні, приблизно однакова по всій довжині кромки, внаслідок чого поліпшуються умови калібрування, зокрема зменшується знос кромки. Щоб не збільшувати зусилля калібрування, припуск на калібрування повинен бути мінімальним. Його слід розраховувати для кожного виробу окремо. Але у всіх випадках необхідно, щоб величина ущільнення виробу при калібруванні змінювалася не більше ніж на $1-3\%$.

Ретельно оброблена поверхня матриці дозволяє знизити зусилля калібрування і зменшити зношування самої матриці. Якщо при вході виробу в матрицю найбільше зношування спостерігається на вхідних кромках, то при виштовхуванні більше всього зношуються бічні поверхні матриці і стрижня. В кінці процесу калібрування, коли виріб обтискається по висоті, метал затікає у всі мікронерівності поверхонь інструменту. Явище "схоплювання" поверхонь виробу і інструменту обумовлює сильне зношування інструменту при виштовхуванні у разі неякісної обробки останнього. Шорсткість обробки поверхні інструменту зумовлює якість поверхні виробу, що калібрується. Калібрування виробів без переходів по висоті зазвичай не викликає утруднень. При калібруванні циліндрових виробів досягається точність $\pm 0,0125$ мм. Процес калібрування деяких виробів складної форми має специфічні особливості. Так, для виробу з паралельними отворами труднощі полягають у тому, щоб точно витримати допуск на паралельність. Стрижні, закріплені на одній підставі, зазвичай мають малу жорсткість і можуть відхилятися від свого положення у разі неточного збігу з отворами в заготовці виробу. Тоді отвори після калібрування можуть вийти непаралельними. Тому необхідно встановлювати

жорсткий допуск на міжцентрову відстань між стрижнями в прес-формі, а розмір між центрами отворів ретельно дотримуватися при операціях пресування і спікання.

Вироби з переходами по висоті (буртами) доцільно калібрувати, використовуючи систему негативних допусків (виріб вводиться в матрицю із зазором). Калібрування ведеться за рахунок обтискання по висоті.

При розробці цього етапу технологічного процесу студенту необхідно виконати розробку схеми калібрування, визначити необхідний рівень тиску калібрування, і оцінити наявну при цьому зміну розмірів порошкової заготовки та її властивостей [6, 10–12, 16].

2.2.8. Прогнозування структури та властивостей порошкових матеріалів.

При виконанні даного розділу курсової роботи студенту необхідно описати особливості структури і властивостей матеріалу на всіх стадіях обробки:

вихідний порошок: дисперсність, форма частинок, хімічний склад, насипна щільність;

порошкова шихта: хімічний склад, насипна щільність;

спресована заготовка: розміри, щільність і особливості її розподілу по різних ділянках заготовки, особливості мікроструктури;

спечена заготовка: розміри, щільність, пористість, міцність, особливості мікроструктури, експлуатаційні характеристики;

калібрована заготовка: розміри, щільність, пористість, міцність, особливості мікроструктури, експлуатаційні характеристики.

Визначення характеристик порошкового матеріалу треба визначити по роботах [10–12, 16, 19].

2.2.9. Аналіз можливих видів дефектів та призначення методів контролю якості.

Різноманітні види дефектів при виробництві порошкових виробів можуть бути пов'язані з незадовільною якістю початкових порошків, порушенням технології пресування, відхиленням від заданого режиму спікання. Найбільш частими видами дефектів при пресуванні порошкових заготовок є поперечні і діагональні тріщини, розшарування, сколи, грані, що обсыпаються, невідповідні щільність і розміри заготовок. Поява цього виду браку пояснюється неправильним режимом пресування і випресування, неправильною конструкцією прес-форм, неякісним приготуванням порошкової суміші.

Порушення режиму пресування (наприклад, перевищення оптимального тиску) може зумовити появу на пресовках дрібних тріщин, які

чітко виявляються при спіканні. Тріщини, сколи і осипання граней можуть бути викликані відсутністю у кінці каналу матриці, що випресовується, конуса, що розширюється. При випресуванні з такої прес-форми заготовок (особливо з жорстких порошків) під дією сил пружного розширення відбувається різке збільшення їх діаметру і утворення дефектів у вигляді тріщин, розшарувань, сколів.

При зміні насипної щільності порошків, їх поганій текучості, при пресуванні по тиску пресовки можуть відрізнятись за розмірами, а при пресуванні до упору – мати різну щільність.

Контроль розмірів і щільності здійснюється таким чином. При пресуванні по тиску для визначення розмірів по висоті від кожної партії виробів береться 5...10 пресовок, які обмірюються в спеціальних прохідних і непрохідних шаблонах, виготовлених з урахуванням плюсових і мінусових допусків на висоту виробу. Якщо виявляється відхилення розмірів, то причиною появи браку можуть бути або погане змішування і неоднорідність сумішей, або порушення працездатності прес-форм.

Для виявлення причин браку в таких випадках пресують декілька контрольних зразків з еталонного порошку. Якщо контрольні зразки задовольняють розмірам, то причиною браку є недоброякісна суміш.

При пресуванні до упору коливання якості сумішей, неточність дозування та інші недоліки у підсумку можуть викликати великі відхилення від заданої щільності. Тому для контролю щільності пресовки зважують і за отриманими даними обчислюють щільність і пористість.

Брак, викликаний порушенням режиму пресування, не завжди може бути виявлений на неспечених заготовках. Брак незадовільно спресованих виробів полягає у викривленні і спотворенні форми при спіканні головним чином у виробках, у яких товщина у багато разів менше довжини. Причинами такого браку є нерівномірна щільність заготовок після пресування, невдала форма конструкції прес-форми, дуже швидкий підйом температури при нагріві. Цей вид браку після спікання може бути виправлений подальшою гарячою або холодною обробкою, або калібруванням.

Причинами появи браку можуть бути порушення режиму спікання або неякісне його проведення. Для запобігання цьому виду браку необхідно строго витримувати задану температуру і час спікання, правильно укладати пресування на піддони, застосовувати відповідні засипки, а в деяких випадках спікання деталей проводити на оправках. Порушення режиму спікання може викликати розпушування виробів із-за збільшення

їх об'єму при спіканні. Поява даного виду браку спостерігається при дуже швидкому нагріві пресовок, виготовлених з порошкової суміші з добавками, які розкладаються при нагріві з виділенням газів. Для попередження цього браку необхідно дотримувати встановлену швидкість нагріву при спіканні.

Дуже низька температура спікання приводить до отримання виробів з неоднорідною структурою, заниженою щільністю і міцністю, а також до інших незадовільних властивостей. Такий вид браку може бути виправлений повторним спіканням. Дуже велике перевищення температури спікання може привести до оплавлення пресувань, розтріскування і викривлення виробів, а також появи небажаної структури. Цей вид браку непоправний.

До різновидів браку при спіканні необхідно також віднести неможливість отримання при спіканні однорідних по хімічному складу і структурі виробів, виготовлених на основі багатокомпонентних порошкових сумішей. Велика гетерогенність структури різко позначається на пониженні пластичності і ударної в'язкості. Тому для отримання якісних виробів, призначених для роботи в умовах ударної дії і складно напруженому стану, необхідно використовувати порошок-сплав з частинками заданого хімічного складу. Дуже часто брак порошкових виробів спостерігається при недотриманні умов захисту виробів від окислення при спіканні і застосуванні невідповідних або недоброякісних захисних середовищ. Іноді в порошкових виробках спостерігаються раковини і макропори, що порушують однорідність структури, різко знижуючи механічні властивості. Цей вид браку характерний при спіканні виробів з неоднаковою усадкою за об'ємом і при використанні погано приготованої порошкової суміші.

Багато видів браку порошкових виробів можуть бути виявлені за допомогою рентгеноструктурного, макро- і мікроструктурного аналізів, шляхом перевірки при випробуваннях відповідних властивостей, при візуальному огляді деталей за кольором, а також методом акустичної емісії. До спеціальних методів контролю порошкових виробів відноситься, наприклад, визначення маслопоглинання антифрикційних деталей, рідинний і газовий проникності фільтрів тощо. Призначення методів контролю якості заготовок слід здійснювати за рекомендаціями [6, 16, 19].

3. ЗАВДАННЯ, ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ З ДИСЦИПЛІНИ "ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ"

3.1. Задачі та порядок виконання курсового проекту

Курсове проектування з дисципліни "Обладнання підприємств порошкової металургії" є роботою, пов'язаною з вибором та модернізацією спеціалізованого обладнання, необхідного для реалізації технології виробництва порошкових виробів. Під час виконання курсового проекту студент:

- вдосконалює технологію виробництва порошкових виробів, яка включена в завдання курсової роботи з дисципліни "Особливості виробництва порошкових і композиційних матеріалів і виробів";

- розглядає декілька варіантів обладнання, які забезпечують раціональний рівень технологічних параметрів;

- виконує оцінку собівартості продукції при використанні різноманітних варіантів обладнання, визначає оптимальний варіант;

- виконує модернізацію технологічного обладнання;

- розробляє технологічну інструкцію.

Курсовий проект оформлюється відповідно до вимог ЕСКД і ЕСТД обсягом більш ніж 50 сторінок пояснювальної записки і 3-х аркушів креслення формату А1.

В завданні курсового проекту відображаються вихідні дані у відповідності до індивідуального варіанту для кожного студента: ескіз деталі, необхідний рівень фізико-механічних та експлуатаційних властивостей деталі, річна програма виробництва, найменування технологічного обладнання, що підлягає модернізації, дата видачі завдання, дата захисту курсового проекту. Завдання на курсовий проект підписується студентом та керівником курсової роботи.

У відповідності до Навчального плану кафедри матеріалознавства і технології металів, курсовий проект виконується студентами на протязі 10 семестру. Для проведення поточних консультацій з тематики курсової роботи та для контролю ходу виконання робіт передбачено проведення спеціалізованих тематичних занять, графік яких наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Графік проведення спеціалізованих тематичних занять

№ тижня семестру	Розділ
1	Визначення фізико-хімічних та технологічних характеристик порошкового матеріалу. Визначення технологічної схеми виробництва. Визначення раціональної схеми пресування та спікання заготовки.
2	Розрахунок (вибір) режимів виробництва заготовок. Вибір варіантів обладнання для виробництва заготовок із порошків.
3	Нормування технологічних операцій, визначення витрат матеріалів. Оцінка собівартості продукції для різних варіантів обладнання. Вибір оптимального складу обладнання.
4	Модернізація обладнання для виробництва заготовок із порошків Вибір типу обладнання, визначення розмірів елементів. Розрахунок деталей обладнання на міцність.
5	Призначення методів контролю якості заготовок. Розробка технологічної інструкції. Загальні відомості про охорону праці та техніку безпеки.
6	Формування пояснювальної записки, додатків та креслень.
7	Захист КП

В завданні курсової роботи відображаються вихідні дані у відповідності до індивідуального варіанту для кожного студента:

ескіз деталі;
необхідний рівень фізико-механічних та експлуатаційних властивостей деталі;

річна програма виробництва;

найменування технологічного обладнання, що підлягає модернізації,

дата видачі завдання,

дата захисту курсової роботи.

Завдання на курсову роботу підписується студентом та керівником курсової роботи.

Приклади завдань з модернізації обладнання наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Приклади завдань з модернізації обладнання

Завдання	Річна програма, тис. шт
Модернізація шарового млину	51
Модернізація змішувача порошкової шихти	108
Модернізація дозатора порошкової шихти	82
Модернізація прес-форми для пресування антифрикційної втулки	36
Модернізація прес-форми для пресування кільця	227
Модернізація прес-форми для пресування антифрикційної конусної втулки	163
Модернізація прес-форми для пресування направляючої	45
Модернізація прес-форми для пресування фрикційний пластини	73
Модернізація механізмів преса	26
Модернізація механізмів вакуумної печі	13
Модернізація механізмів печі для реакційного спікання	94
Модернізація механізмів печі для спікання під тиском	39
Модернізація прес-форми для динамічного гарячого пресування	29
Модернізація обладнання для просочування порошкових заготівель	57
Модернізація прес-форми для калібрування	62

Захист курсового проекту. Курсовий проект захищається у встановлений керівником термін. Виконаний курсовий проект студент надає на перевірку керівнику курсового проекту. Після усунення студентом виявлених недоліків роботі, керівник курсового проекту робить запис про допуск студента до захисту. Захист студентом курсової роботи проходить у наступному порядку: доповідь (до 10 хвилин); відповіді на запитання; відгук керівника; відповіді на зауваження керівника; обговорення роботи.

Час на запитання й обговорення роботи не регламентується.

3.2. Структура пояснювальної записки та креслень

У курсовому проекті необхідно послідовно виконати розробку наступних розділів:

1. Вдосконалення технології виробництва. Визначення фізико-хімічних та технологічних характеристик порошкового матеріалу. Визначення технологічної схеми виробництва. Визначення раціональної схеми пресування та спікання заготовки.

2. Розрахунок (вибір) режимів виробництва заготовок. Вибір варіантів обладнання для виробництва заготовок із порошків .

3. Нормування технологічних операцій, визначення витрат матеріалів. Оцінка собівартості продукції для різних варіантів обладнання. Вибір оптимального складу обладнання.

4. Модернізація обладнання для виробництва заготовок із порошків. Вибір типу обладнання, визначення розмірів елементів. Розробка розрахункової схеми обладнання для виробництва заготовок. Розрахунок деталей обладнання на міцність.

5. Економічні показники застосування розробленої технології та модернізованого обладнання.

6. Призначення методів контролю якості заготовок. Розробка технологічної інструкції. Загальні відомості про охорону праці та техніку безпеки.

Зміст креслень:

Загальний вид деталі 0,5 аркуша А1

Розрахункова схема обладнання.....0,5 аркуша А1

Модернізація обладнання.....2 аркуша А1.

У вступі до пояснювальної записки необхідно надати детальне пояснення щодо мети і задач роботи.

У курсовому проекті необхідно виконати вдосконалення технології виробництва, розробленої студентом на 4-му курсі в рамках виконання курсової роботи. Доопрацювання необхідно виконати відносно визначення фізико-хімічних та технологічних характеристик порошкового матеріалу, а також провести уточнення технології виробництва та рівня параметрів [6, 11, 12, 16, 19].

При виборі технологічної схеми виробництва деталей і визначенні раціональної схеми пресування та спікання заготовок рекомендується користуватися літературою [10, 16, 19]. Визначення характеристик порошкового матеріалу треба виконати по роботам [6, 11, 12, 16, 19].

На основі отриманих даних необхідно: розглянути декілька варіантів обладнання, які забезпечують обраний рівень технологічних параметрів; виконати нормування технологічних операцій, визначення витрат матеріалів. Одержані результати використовують для оцінки собівартості продукції при використанні різноманітних варіантів обладнання, а також визначення оптимального варіанту обладнання.

У ході виконання курсового проекту необхідно виконати модернізацію технологічного обладнання у відповідності до завдання проектування. У відповідності до заданої програми виробництва необхідно визначити основні

технічні характеристики обладнання, що підлягає модернізації, виконати розрахунок розмірів основних елементів, провести розрахунок на міцність найбільш навантаженої деталі [10, 16, 19]. Вибір типу, складу прес-форми, розрахунок розмірів заготовки та розмірів елементів прес-форми треба здійснювати відповідно до [6, 10]. Розрахунок деталей обладнання на міцність слід виконувати за рекомендаціями [6, 10]. У пояснювальній записці необхідно надати опис конструкції модернізованого обладнання з посиланнями на розроблене креслення.

Призначення методів контролю якості заготовок слід здійснювати за рекомендаціями [6, 16, 19]. При розробці технологічної інструкції рекомендується користуватися відповідними типовими технологічними процесами та літературою [10, 16, 19].

У курсовому проекті згідно з Державними санітарними правилами [18] необхідно надати інформацію про охорону праці та техніку безпеки при реалізації розробленої технології та модернізації обладнання.

Економічні показники виробництва рекомендується визначати за літературою [3].

Закінчується пояснювальна записка загальними висновками, у яких необхідно відобразити результати аналізу декількох варіантів реалізації технології за рахунок використання обладнання різних марок, результати модернізації обладнання, дані про собівартість продукції.

4. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Загальні вимоги. Курсова робота оформлюється відповідно до вимог ЕСКД і ЕСТД, обсягом 40...50 сторінок пояснювальної записки. Залежно від особливостей і змісту записку складають у вигляді сполучень тексту, ілюстрацій і таблиць. Пояснювальну записку оформлюють на аркушах формату А4 (210×297 мм). За необхідності допускається використання аркушів формату А3 (297×420 мм). Записку виконують за допомогою комп'ютерної техніки на одному боці аркуша білого паперу. Записку виконують із використанням друкувальних і графічних пристроїв ЕОМ.

Записку друкують шрифтом Times New Roman, розмір шрифту 14, міжрядковий інтервал 1,5.

Допускається окремі частини записки виконувати різними способами – машинним або від руки. Текст записки слід друкувати, додержуючись таких розмірів берегів: верхній, лівий і нижній – не менш 20 мм, правий – не менш 10 мм. Під час виконання записки необхідно дотримуватись рівномірної щільності, контрастності й чіткості зображення. Записка має містити чіткі, не розпливчасті лінії, літери, цифри та інші знаки. Всі лінії, літери, цифри й знаки повинні бути однаково чорними.

Окремі слова, формули знаки, які вписують у надрукований текст, мають бути чорного кольору; щільність вписаного тексту має максимально наближуватись до щільності основного зображення. Помилки, описки та графічні неточності допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою й нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого зображення машинописним способом або від руки. Виправлення повинно бути чорного кольору.

Розділи й підрозділи повинні мати заголовки. Заголовки структурних елементів записки і заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати ВЕЛИКИМИ літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів слід починати з абзацного відступу й друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без крапки в кінці.

Абзацний відступ винний бути однаковим впродовж усього тексту й дорівнювати п'яти знакам.

Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Перенесення слів у заголовку розділу не допускається. Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути не менше, ніж два рядки. Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу,

а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

Нумерація сторінок пояснювальної записки. Сторінки записки слід нумерувати арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту. Номер сторінки проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці. Титульний аркуш включають до загальної нумерації сторінок звіту. Номер сторінки на титульному аркуші не проставляють.

Нумерація розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів. Розділи, підрозділи, пункти, підпункти звіту слід нумерувати арабськими цифрами. Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу й порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2 і т.д.

Пункти повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу або підрозділу. Номер пункту складається з номера розділу й порядкового номера пункту, або з номера розділу, порядкового номера підрозділу та порядкового номера пункту, відокремлених крапкою. Після номера пункту крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2, або 1.1.1, 1.1.2. Номер підпункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу, порядкового номера пункту й порядкового номера підпункту, відокремлених крапкою, наприклад, 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3 і т.д. Якщо розділ, не маючи підрозділів, поділяється на пункти й далі – на підпункти, номер підпункту складається з номера розділу, порядкового номера пункту й порядкового номера підпункту, відокремлених крапкою, наприклад, 1.1.3, 1.2.1 і т.д.

Після номера підпункту крапку не ставлять.

Ілюстрації. Ілюстрації (креслення, малюнки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) слід розміщувати в роботі безпосередньо після тексту, де ілюстрації згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання в роботі. Якщо ілюстрації створені не автором роботи, необхідно при поданні їх у роботі дотримуватись вимог чинного законодавства про авторські права.

Креслення, малюнки, графіки, схеми, діаграми, розміщені в звіті, мають відповідати вимогам стандартів "Єдиної системи конструкторської документації" та "Єдиної системи програмної документації".

Фотознімки розміром менше за формат А4 мають бути наклеєні на аркуші білого паперу формату А4. Ілюстрації можуть мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. За необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (текст під рисунком).

Ілюстрація позначається словом "Рисунок", яке разом із назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних, наприклад, "Рисунок 3.1 Схема пресування". Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках. Номер ілюстрації складається з номера розділу й порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад, Рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу. Якщо ілюстрація не вміщується на одній сторінці, можна переносити її на інші сторінки, уміщуючи назву ілюстрації на першій сторінці, пояснювальні дані – на кожній сторінці, і під ними позначають: "Рисунок __, аркуш __".

Таблиці. Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць. Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, у якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті. Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком таблиць, що наводяться в додатках. Номер таблиці складається з номера розділу й порядкового номера таблиці, відокремлених крайкою, наприклад, Таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу.

Таблиця може мати назву, яку друкують малими літерами (крім першої великої) і вміщують над таблицею. Назва має бути стислою й відбивати зміст таблиці. Якщо рядки або графи таблиці виходять за межі формату сторінки, таблицю поділяють на частини, розміщуючи одну частину під одною, або поруч, або переносять частину таблиці на наступну сторінку. У кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять.

Формули та рівняння. Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, у якому вони вперше згадуються, посередині сторінки. Вище й нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено не менше одного вільного рядка. Формули й рівняння (за винятком формул і рівнянь, наведених у додатках) слід нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу.

Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера формули або рівняння, відокремлених крапкою, наприклад, формула (1.3) – третя формула, першого розділу. Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння в дужках у крайньому правому положенні на рядку.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, слід наводити безпосередньо під формулою в тій послідовності, у якій вони наведені у формулі чи рівнянні. Переносити формули чи рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках

виконуваних операцій, повторюючи знак операції на початку наступного рядка. Формули, що йдуть одна за одною й не розділені текстом, відокремлюють комою.

Посилання. Посилання в тексті звіту на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, "... у роботах [1–7] ...". У перелік посилань включають усі використані джерела, розташовуючи їх у порядку появи посилань на них у тексті.

Додатки. Додатки слід оформлювати як продовження проекту на його наступних сторінках, або у вигляді окремої частини, розташовуючи додатки в порядку появи посилань на них у тексті. Якщо додатки оформлюють на наступних сторінках, кожний такий додаток повинен починатися з нової сторінки.

Додаток повинен мати заголовок, надрукований вгорі малими літерами з першої великої, симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком додатка малими літерами з першої великої повинно бути надруковано слово "Додаток ____" і велика літера, що позначає доданок. Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, наприклад, Додаток А, Додаток Б і т.д. Якщо додаток (додатки) оформлюють окремою частиною тексту, такий додаток повинен мати титульний аркуш.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. *Арзамасов Б.Н.* Материаловедение: Учебник / *Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин, Н.М. Рыжков, В.И. Силаева.* – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 648 с.
2. *Гегузин Я.Е.* Физика спекания. – М.: Наука, 1967. – 360 с.
3. *Глухов В.В., Некрасова Т.А.* Экономика производства деталей из порошка. – Л.: Машиностроение, 1990. – 144 с.
4. *Дубовий О.М., Івлієв А.І.* Методичні рекомендації з дипломного проектування по спеціальності 8.090103 "Композиційні та порошкові матеріали, покриття". – Миколаїв, 2005. – 28 с.
5. *Дубовий О.М., Степанчук А.М.* Технологія напилених покриттів: Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2007. – 236 с.
6. *Ермаков С.С., Вязников Н.Ф.* Порошковые стали и изделия. – Л.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
7. *Івлієв А.І., Казимиренко Ю.О., Комаров М.Ю.* Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Теорія процесів формування структури і властивостей порошкових матеріалів". – Миколаїв: НУК, 2005. – 36 с.
8. *Івлієв А.І., Казимиренко Ю.О.* Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Особливості порошкових матеріалів і виробів": У 2 ч. – Миколаїв: НУК, 2006. – Ч.1 – 32 с.
9. *Івлієв А.І., Казимиренко Ю.О.* Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Особливості порошкових матеріалів і виробів": У 2 ч. – Миколаїв: НУК, 2006. – Ч.2. – 32 с.
10. *Кипарисов С.С., Падалко О.В.* Оборудование предприятий порошковой металлургии: Учебник для ВУЗов. – М.: Металлургия, 1988. – 448 с.
11. *Косторнов А.Г.* Материаловедение дисперсных металлов и сплавов. Том 1. – К.: Наукова думка, 2002. – 569 с.
12. *Косторнов А.Г.* Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов. Том 2. – К.: Наукова думка, 2003. – 670 с.
13. *Металлические порошки и металлические материалы: Справочник.* / *Б.Н. Бабич, Е.В. Вершинина, В.А. Глебов.* – М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 520 с.
14. *Новые материалы* / Под ред. *Ю.С. Карабасова.* – М.: "МИСИС", 2002. – 736 с.
15. *Поверхности раздела в металлических композиционных материалах* / Под ред. *А. Меткалфа:* Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 438 с.

16. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов. / *В.Н. Анциферов, Г.В. Бобров, Л.К. Дружинин* и др. – М.: Металлургия, 1987. – 792 с.

17. *Рагуля А.В., Скороход В.В.* Консолидированные наноструктурные материалы. – К.: Наукова думка, 2007. – 341 с.

18. СанП і Н 235-96. Державні санітарні правила для підприємств порошкової металургії. – К.: Міністерство охорони здоров'я України, 1996. – 76 с.

19. Технология порошковой металлургии / *А.Н. Степанчук, И.И. Билык, П.А. Бойко*. – К.: Выща школа, Головное изд-во, 1989. – 415 с.

20. Электронный выпуск "Микроструктуры новых функциональных материалов". Выпуск 1. МГУ им. М.В. Ломоносова. Факультет наук о материалах. – М., 2006.

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Кафедра матеріалознавства і технології металів

ЗАВДАННЯ

на курсову роботу з дисципліни

**"Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей
порошкових і композиційних матеріалів"**

Напрямок: "Інженерне матеріалознавство"

Спеціальність "Композиційні та порошкові матеріали, покриття"

Тема: _____

Студент _____

Група 3131

Завдання видано _____ 20 р.
Термін здачі _____ 20 р.
Захист курсової роботи _____ 20 р.

Керівник курсової роботи

підпис

Завдання прийняв до виконання _____

підпис

Миколаїв, 20 р.

ЗАВДАННЯ
на курсову роботу з дисципліни
**"Особливості виробництва порошкових і композиційних
матеріалів і виробів"**

Тема:

***Обґрунтування вибору матеріалу та методів виготовлення
деталей.***

Варіант № _____

Властивості виробів:

Ескіз деталі

Студент _____

Завдання видано _____

Група 4131

Захист курсової роботи _____

Керівник курсового
проектування _____

ЗАВДАННЯ

на курсовий проект з дисципліни
"Обладнання підприємств порошкової металургії "

гр. 5131

Тема:

Розробка технології виробництва та модернізація обладнання для одержання заготовок із порошків.

Ескіз деталі

Властивості матеріалу деталі

Річна програма

Найменування технологічного обладнання, що підлягає модернізації

Студент

Завдання видано

Захист курсового проекту –

Керівник курсового проектування

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Завдання, зміст та структура курсової роботи з дисципліни “Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей порошкових і композиційних матеріалів”.....	5
1.1. Завдання до курсової роботи. Загальні вимоги щодо вико- нання.....	5
1.2. Структура та обсяг курсової роботи.....	7
2. Завдання, зміст та структура курсової роботи з дисципліни “Особливості виробництва порошкових матеріалів і виробів”... ..	11
2.1. Завдання до курсової роботи, зміст та вимоги до вико- нання.....	11
2.2. Структура курсової роботи.....	17
3. Завдання, зміст та структура курсового проекту з дисципліни “Обладнання підприємств порошкової металургії”.....	33
3.1. Задачі та порядок виконання курсового проекту.....	33
3.2. Структура пояснювальної записки та креслень.....	35
4. Правила оформлення пояснювальної записки.....	38
Рекомендована література.....	42
Додатки.....	44

Навчальне видання

**ІВЛІСВ Анатолій Іванович
КАЗИМИРЕНКО Юлія Олексіївна
СИЗОНЕНКО Ольга Миколаївна**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання курсових робіт з дисциплін:
"Фізико-хімічні основи формування структури та властивостей
порошкових і композиційних матеріалів" і
"Особливості виробництва порошкових матеріалів та виробів"
та курсового проекту з дисципліни
"Обладнання підприємств порошкової металургії"**

(українською мовою)

Комп'ютерна верстка *М. В. Удод*
Коректор *М. О. Паненко*

Свідectво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 05.06.09. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 2,7. Обл.-вид. арк. 2,9.
Тираж 100 прим. Вид. № 28. Зам. № 236. Ціна договірна

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5