

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

машинобудівний інститут, машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра обробки металів тиском
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження процесу ущільнення
брикету при виготовленні деталі з
заданою пористістю.

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи МЗ-818 м

Спеціальності 131 Трикузне механіко
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) Обладнання
та технології механічного формування
конструкції машинобудівання.

Товшвен Д. А.
(прізвище та ініціали)

Керівник Майнюкін А. Ю.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Жаган О. Я.
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра ОМТ
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 131 - прикладна механіка
 Напрямок підготовки Обладнання (код і назва) до технології пластичного формування конструкцій машинобудування (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри О.М. Ти
Широкобок В.В.
 "12" грудня 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Говшван Дмитро Олександрович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження процесу уцімлення брикету при виготовленні демалі з зерною пористою
 керівник проекту (роботи) Машухін А.Ю. к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "14" 11 2019 року № 399

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16.12.19.
 3. Вихідні дані до проекту (роботи) Типові технології виготовлення антифрикційних деталей гірничої порометалургії А.П. "Мотор Сіг".

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Суцесний етап питання з виробництва антифрикційних матеріалів.
2. Експериментальні дослідження
3. Технологічні розрахунки.
4. Конструкторська частина
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймає виконавця завдання
1.	Матюхін А.Ю. доц. каф. АМТ		
2.	Матюхін А.Ю. доц. каф. АМТ		
3-4	Матюхін А.Ю. доц. каф. АМТ		
ОП та безпека	доц. Нестеров ОВ		
Норми контролю	Матюхін А.Ю. доц. каф. АМТ		

7. Дата видачі завдання 01 жовтня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Прим.
1.	Сучасний стан питання з виробництва антифрикційних матеріалів.	15.10.19	
2.	Експериментальні дослідження	30.10.19	
3.	Технологічні розрахунки	15.11.19	
4.	Конструкторська частинка	25.11.19	
5.	Охорона праці та безпека у незвичайних ситуаціях.	03.12.19	

Студент

 (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

 (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: _ 85 с., _____ 13 рис., _6_ табл., __ додатки, 14 джерел.

Об'єкт дослідження – дільниця порошкової металургії з виготовлення конструкційних та антифрикційних виробів.

Мета роботи – дослідження умов отримання методом порошкової металургії пористих залізо-графітових виробів. Вивчення впливу на якість виробів умов змішування, режимів пресування і спікання.

Метод розрахунків – стандартні методики розрахунків у порошкової металургії.

В процесі роботи була розроблена технологія виробництва деталі із заданою пористістю з порошкових матеріалів, проведено дослідження впливу тиску на ущільнення брикету. Наведено рекомендації щодо налагодження технології виготовлення втулки в умовах серійного виробництва.

АНТИФРИКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, ПОРОШКОВА
МЕТАЛУРГІЯ, ЩІЛЬНІСТЬ, ПОРИСТІСТЬ, ПРЕС-ФОРМА,
СПІКАННЯ, КАЛІБРУВАННЯ, ПРОСОЧЕННЯ, ШИХТА,
ПОРОШКИ.

РЕФЕРАТ

ПЗ: 85 с, 13рис., 6 табл., приложение, 14 источников.

Объект исследования – участок порошковой металлургии по изготовлению конструкционных и антифрикционных изделий.

Цель работы – исследование условий получения методом порошковой металлургии пористых железо-графитовых изделий. Изучение влияния на качество изделий условий смешивания, режимов прессования и спекания .

Метод расчетов – стандартные методики расчетов в порошковой металлургии.

В процессе работы была разработана технология производства детали с заданной пористостью из порошковых материалов, проведено исследование влияния давления на уплотнение брикета. Приведены рекомендации по налаживанию технологии изготовления втулки в условиях серийного производства.

АНТИФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ, ПЛОТНОСТЬ, ПОРИСТОСТЬ, ПРЕСС-ФОРМА, СПЕКАНИЕ, КАЛИБРОВКА, ПРОПИТКА, ШИХТА, ПОРОШКИ.

ABSTRACT

EM: 85 , 13 fig., 6 tables., ___ applications, 14 sources.

The object of study is a powder metallurgy section for the manufacture of structural and antifriction products.

The purpose of the work is to study the conditions for obtaining porous iron-graphite products by powder metallurgy. studying the influence on the quality of products of mixing conditions, pressing and sintering modes.

Calculation method - standard calculation methods in powder metallurgy. in the process, a technology was developed for the production of a part with a given porosity from powder materials, a study was made of the effect of pressure on the briquette seal. Recommendations are given on establishing a sleeve manufacturing technology in mass production.

ANTIFRICTIONAL MATERIALS, POWDER METALLURGY, DENSITY, POROSITY, PRESS FORM, SINTERING, CALIBRATION, IMPREGNATION, BATCH, POWDERS.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ З ВИРОБНИЦТВА АНТИФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	9
1.1 Загальна характеристика технологій виготовлення пористих порошкових антифрикційних матеріалів.....	9
1.2 Особливості технологічного процесу.....	17
1.3 Технологічне обладнання.....	21
2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	25
2.1 Спечені підшипники в машинобудуванні.....	25
2.2 Завдання експериментальних досліджень.....	27
2.3. Визначення технологічних властивостей вихідних порошків	27
2.3.1. Визначення насипної ваги.....	29
2.3.2 Визначення плинності.....	29
2.3.3 Розмір і форма частинок.....	29
2.4 Приготування шихти.....	30
2.5 Технологічний процес виготовлення втулки.....	32
2.5.1 Змішування компонентів шихти.....	34
2.5.2 Формування деталі втулка.....	35
2.5.3 Спікання деталі втулка.....	36
2.5.4 Калібрування деталі втулка.....	36
2.5.5 Просочування деталі втулка мастилом.....	37
2.6. Обладнання та прилади, які використовуються при експериментальному дослідженні.....	37
2.7 Результати експериментальних досліджень.....	42
2.8 Висновки.....	51
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	53
3.1 Дослідження насипної щільності порошків.....	53

3.2 Дослідження плинності порошків.....	56
3.3. Дослідження ущільнення залізних порошків.....	57
4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	58
4.1 Розрахунок деталей прес-форм на міцність	58
4.2 Матеріали, що застосовуються для виготовлення прес-форми.....	66
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	70
5.1. Аналіз потенційних небезпек.....	70
5.2 Заходи з забезпечення безпеки.....	71
5.3 Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці.....	77
5.4 Заходи з пожежної безпеки.....	79
5.5 Заходи з забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	80

ВСТУП

В даний час у всіх транспортних і механічних машинах застосовуються підшипники кочення і ковзання. Для їх виготовлення використовуються різні антифрикційні матеріали.

Одним з перспективних напрямків в створенні антифрикційних матеріалів є метод порошкової металургії.

Виготовлені з шихти вироби, до складу яких входять, крім основного елементу - залізного порошку, мідь, графіт і т.д. Ці підшипники можуть працювати в умовах високих швидкостей, температур, з мастилом і без нього. Ці технологічні властивості забезпечуються пористою структурою матеріалу, який містить в собі мастила, що змащують робочу поверхню.

Порошкова металургія дозволяє виготовляти вироби з високим коефіцієнтом використання матеріалу до 95%.

Вітчизняний і зарубіжний досвід виробництва і застосування виробів конструкційного й антифрикційного призначення в машинобудуванні і приладобудуванні свідчить про високу економічну ефективність використання порошкових матеріалів. Це обумовлено безліччю факторів: скороченням витрат металу, вивільненням обладнання і робітників, зниженням капітальних вкладень, підвищенням терміну служби машин, скороченням експлуатаційних витрат. Значну економію металів отримують при повній або частковій ліквідації механічної обробки.

1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ З ВИРОБНИЦТВА АНТИФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Загальна характеристика технологій виготовлення пористих порошкових антифрикційних матеріалів

Пористі порошкові матеріали (ППМ) займають особливе місце в природі, в тому числі і серед номенклатури виробів, що отримуються методами порошкової металургії. Головною особливістю даних матеріалів, є наявність взаємопов'язаної системи пор, яка забезпечує проникність для рідин і газів.

Залежно від властивостей вихідних порошків і параметрів технології виготовлення ППМ мають широкий діапазон експлуатаційних характеристик, що забезпечує їх широке впровадження в різних галузях промисловості.

Створення та розробка пористих порошкових матеріалів (ППМ) неможливі без вивчення їх властивостей, виявлення взаємозв'язку і взаємовпливу останніх. Такий взаємозв'язок властивостей має встановити їх класифікація[1].

В основу розробленої класифікації [1] лягли три основні положення:

- весь комплекс властивостей ППМ розділений на дві великі групи, які об'єднують структурні і каркасні властивості;

- в кожній з груп виділені первинні (власне структурні і каркасні) і вторинні властивості, які цілком і повністю визначаються і залежать від первинних властивостей своєї групи;

- об'єднуючим, ці дві великі групи протилежних властивостей ланкою є структуроутворюючий елемент (наприклад, порошок або волокно) і його властивості.

Загальний вигляд розробленої класифікації властивостей представлений на рис. 1.1. Як бачимо, структуроутворюючий елемент, його

вид, хімічний склад, розміри, форма, питома поверхня є тією основою, на якій базується весь комплекс специфічних властивостей ППМ: як структурних, так і каркасних.

Структурні і каркасні властивості виступають первинними, визначальними по відношенню до відповідних двом групам інших властивостей. Ці групи названі: властивості, що визначаються структурними, і властивості, які визначаються каркасними властивостями (див. рис. 1.1). Наприклад, коефіцієнт проникності, тонкість очищення, капілярний потенціал визначаються пористістю, розмірами пір і т.п., а не розмірами і якістю контакту, тобто ці властивості визначаються структурними властивостями.

Запропонована класифікація допоможе дослідникам в прогнозуванні та створенні ППМ із заданими властивостями. Справа в тому, що як правило, задаються вторинні властивості: проникність, тонкість очищення, капілярний потенціал і т.п., хоча вихід на структуроутворюючий елемент і його властивості можливий тільки через встановлення прямих стійких визначених взаємозв'язків властивостей ППМ між собою і з властивостями структуроутворюючого елемента. Тому необхідно чітко усвідомити в кожному конкретному випадку, від яких первинних властивостей залежить зміна тих чи інших вторинних.

Всі властивості ППМ, згідно з розробленою класифікацією, можна розбити на дві групи: структурні та каркасні. Структурні властивості, в свою чергу, визначають властивості проникності, капілярні і фільтруючі властивості, а каркасні - фізико-механічні і хімічні.

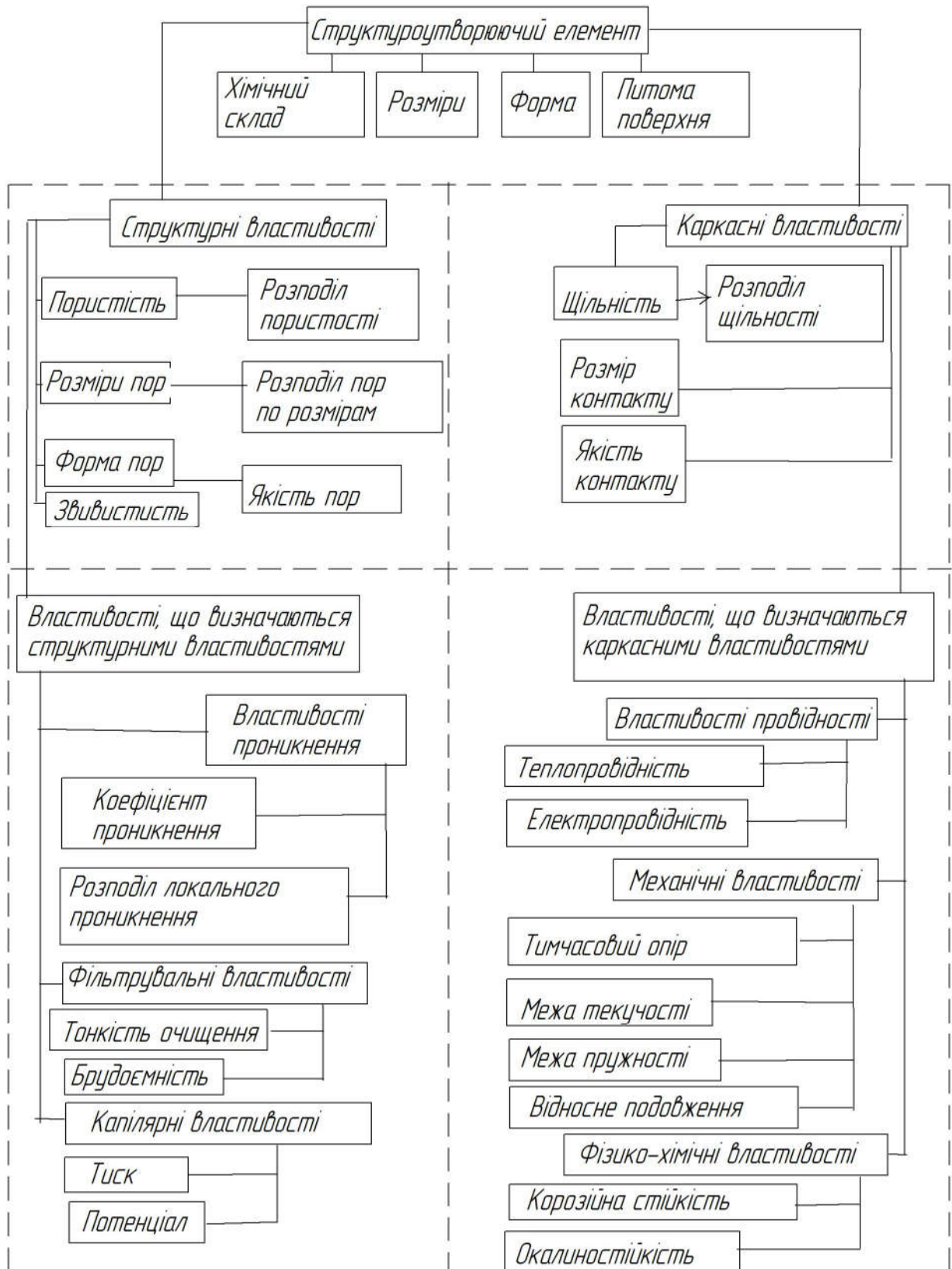


Рисунок 1.1 – Класифікація властивостей ППМ

Структурні властивості - властивості, що характеризують перерозподіл (пористу структуру). До них відносять пористість і її розподіл, розміри пір, коефіцієнт регулярності пористої структури, вільна поверхня пористого тіла.

Пористість - відношення об'єму пор до повного об'єму пористого тіла. Для визначення пористості розроблений ряд методів: розрахунковий метод, заснований на визначенні щільності ППМ, методи просочення, гідростатичного зважування, металографічний метод і по проникності. Найбільшого поширення набув перший з них (ГОСТ 18898-73). Вплив величини пористості на точність кожного з методів було вивчено на прикладі зразків, пористість яких змінювалася в межах 0,25 - 0,45 [6]. На рис. 1.2 показана залежність відносного відхилення величини пористості, визначеної ртутною порометрією 1 та металографічним методом 2, розрахованої по проникності 3, від значень, отриманих гідростатичним методом 4, який прийнятий за базу порівняння.

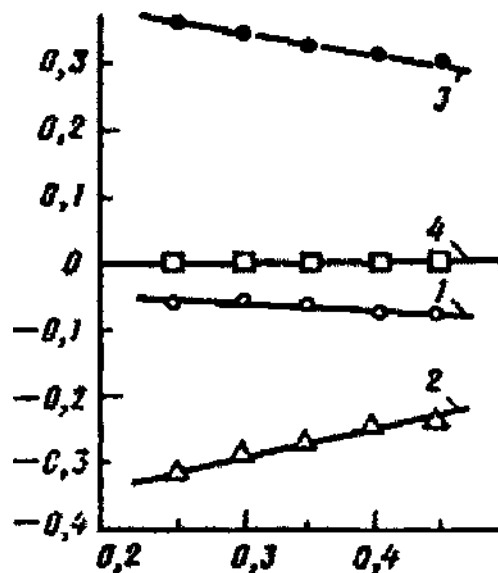


Рисунок 1.2 - Залежність відносного відхилення значень пористості, визначеної різними методами

Дослідження дозволили кількісно встановити відхилення значень пористості, визначених найбільш поширеними методами, від дійсних, а також вплив абсолютної величини пористості на подібні відхилення. Так, відносне відхилення значень пористості ртутної порометрії 1 зростають з підвищенням пористості, що пов'язано зі збільшенням числа і розмірів великих пір. Проте, ці відхилення, в порівнянні з отриманими іншими методами, мінімальні. Метод проникності 3 і металографічний метод 2 дають найбільш віддалені від базових значень відхилення, що пов'язано з їх великими похибками. Однак, самі відхилення з ростом пористості зменшуються внаслідок зниження частки закритої і тупикової пористості, зменшення корабування.

З літератури відома залежність електропровідності від пористості матеріалів [7]. Відомо, що глибина проникнення вихрових струмів залежить від частоти змінного магнітного поля. Отже, змінюючи його частоту, можна визначити електропровідність шарів різної товщини, а на підставі отриманих значень розрахувати питому електропровідність будь-якого внутрішнього шару. Пристрій і метод визначення питомої електропровідності, заснований на застосуванні вихрових струмів, описані в роботі [7].

Розміри пор. Максимальні розміри пор є однією з найважливіших характеристик ППМ, так як визначають максимальний розмір часток забруднювача, які можуть пройти через матеріал. Середні розміри пор зазвичай використовують для порівняння різноманітних ППМ і проведення гідродинамічних розрахунків. Розподіл пор за розмірами дає уявлення про кількість або обсязі пор кожного розміру, діапазоні зміни розмірів пор в ППМ і є більш повною характеристикою в порівнянні з максимальними і середніми розмірами пор. Найбільш поширеним методом визначення максимального і середнього розмірів пор є метод витіснення рідини з пор газом (ГОСТ 26849-86). При застосуванні цього методу для реальних ППМ,

пори яких мають звуження і розширення, фіксуються найбільш вузькі ділянки цих пор.

Для визначення розподілу пор за розмірами найбільш широкого поширення набули три методи: ртутна порометрія, витіснення рідини з пор газом і металографічний. Кожен з названих має свої переваги і недоліки. В роботі [8] проведено порівняння цих методів. Результати досліджень представлені на рис. 1.3.

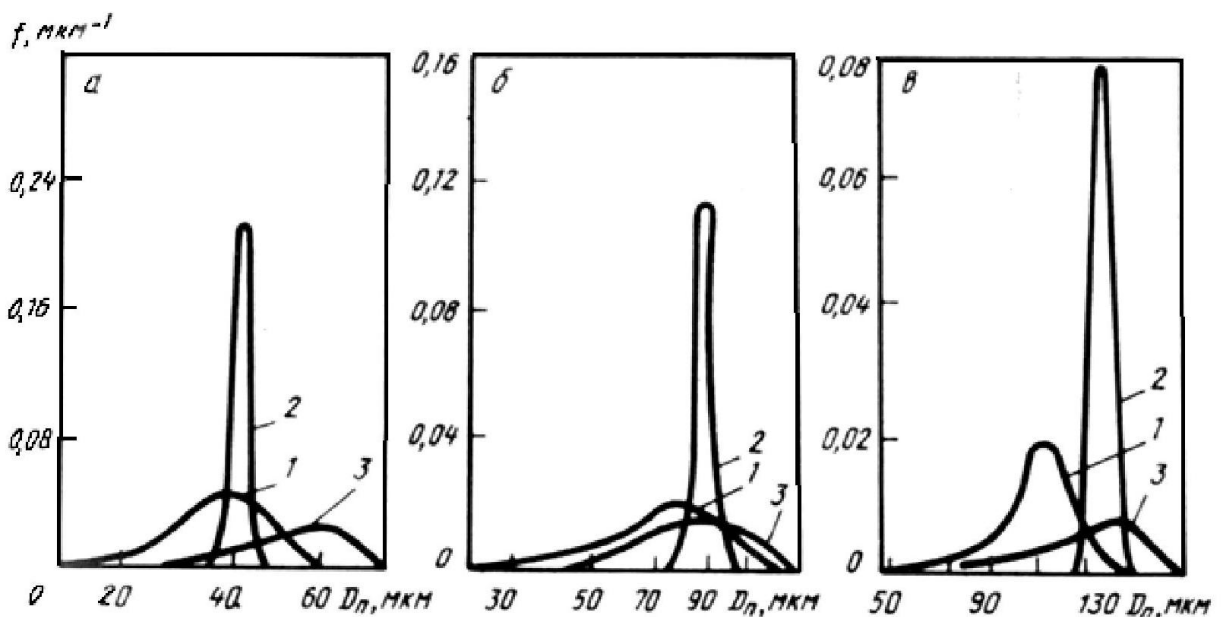


Рисунок 1.3 – Розподіл пор по розмірам ППМ, спічених з порошків з розмірами частинок (-0,16) - (+0,1) (а); (-0,315) – (+0,02) (б) та (-0,63) – (+0,4) мм (в): 1 – метод ртутної порометрії; 2 - витіснення рідини з пор; 3 – металографічний метод.

Як видно, функції розподілу пор за розмірами, отримані різними методами, сильно розрізняються, що зумовлено специфічними особливостями кожного методу. Метод ртутної порометрії дає функцію розподілу, найбільш зміщену в область дрібних пор. Нижня межа вимірювань визначається максимально досягаємим в використовуваному по-

розіметрі тиском ртуті 414 МПа і становить 3×10^{-3} мкм, тому даний метод має саму високу чутливість в області дрібних пор. У той же час, верхня межа вимірювань складає всього 150 мкм, оскільки в пори з великим діаметром ртуть заходить вже при початковому тиску в момент заповнення осередки зі зразком.

Істотним фактором зміщення функції розподілу є чергування великих і дрібних пор на шляху руху ртуті. Якщо велика пора розташована за більш дрібною, то обидві пори заповнюються при тиску, відповідному діаметру дрібною пори. Таким чином, обсяг обох пор буде віднесений до меншого діаметру. Для отримання істинного перерозподілу з урахуванням чергування великих і дрібних пор можна успішно використовувати метод Ревербері [9].

Метод витіснення рідини дає функцію, яка описує вузький інтервал часу в області середнього розміру. Такий вид функції розподілу пояснюється малою роздільною здатністю методу в області дрібних пор. Оскільки газопроникність пор збільшується приблизно пропорційно квадрату діаметра [10], збільшення витрат газу внаслідок розкриття незначний обсяг дрібних пор мало в порівнянні з витратою через основний обсяг великих і середніх пор, розкритих раніше. До того ж, вказане прирощення витрати газу відбувається на тлі збільшення витрат газу через великі і середні пори внаслідок збільшення перепаду тиску. Практичний межа вимірювання обмежений діаметром пор 300 мкм.

Металографічний метод охоплює широкий діапазон виміру розмірів пор, відповідний роздільної здатності оптичної системи. При використанні телевізійного мікроскопа «Квантімет-720» основним недоліком є відсутність чіткого розподілу пор, так як їх кордони не завжди потрапляють в площину шліфа в зв'язку з випадковим перетином при його виготовленні. Тому, дві або більше пори через відсутність на шліфі видимого кордону їх розділу можуть фіксуватися як одна велика. Крім того, метод дає розподіл пор в одній площині зразка, куди потрапляють і вузькі, і широкі їх перетину, в той

час як за двома описаними вище методам фіксувалися розміри пор по їх самому вузькому розтину. Наслідком цих факторів є зміщення функції розподілу в область великих пор.

Розвиток сучасної техніки неможливо без нових матеріалів, що забезпечують якість, надійність і довговічність машини і апаратів. Цим вимогам відповідають матеріали, отримані методом порошкової металургії.

В даний час порошкова металургія формується в самостійну галузь, яка здійснює міжгалузеві зв'язки з багатьма галузями промисловості.

Промислове виробництво спечених матеріалів з'явилося коли був організований випуск твердих сплавів. У 1957 почала розвиватися порошкова металургія заліза [11]. Надалі стали випускати порошки кольорових металів, тугоплавких сполук і рідкоземельних елементів. На цій базі і виникло виробництво спечених матеріалів і виробів.

Встановлено, що переклад кожної тисячі тонн виробів загальномашинобудівного призначення на виготовлення методом порошкової металургії дозволяє заощадити 1500 т металу, трудові ресурси 190 осіб, звільнити 80 металообробних верстатів.

Крім того метод порошкової металургії має низку істотних переваг перед традиційними методами обробки з точки зору економії матеріальних і трудових ресурсів.

Пористі залізо-графітові втулки краще литих за всіма показниками, в тому числі і за якістю поверхні після експлуатаційних випробувань [3].

Такі втулки рекомендуються для вузлів тертя з наступними граничними навантаженнями в залежності від швидкості обертання сполученого вала.

Таблиця 1.1 – Залежність граничного навантаження від швидкості обертання

Швидкість, м/с	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Навантаження, кг/см ²	70	65	60	55	45	30	15	5

Під час роботи підшипника в парі з валом мастило надходить з капілярів, причому цьому протидіють капілярні сили, які утримують мастило в порах. З підвищенням швидкості обертання валу температура підшипника збільшується, капелярні сили зменшуються, і мастило в великій кількості надходить на тертьові поверхні. Коефіцієнт тертя бронза-графітових втулок по сталі без додаткового змащення - 0,06; залізо-графіту - 0,08 [13].

Додавання міді в деталі на залізній основі доцільно в разі підвищення вимог до деталі за умовами міцності.

Метою роботи стало отримання залізо-графітової втулки складу: заліза - 96%, міді - 2%, графіту - 2%, із заданою пористістю - 20%.

1.2 Особливості технологічного процесу

На ділянці порошкової металургії, що розглядається, в основному виготовляють вироби з антифрикційних, конструкційних і електротехнічних матеріалів.

Визначальною ознакою антифрикційних матеріалів є порівняно низький коефіцієнт тертя, в основному $\leq 0,3$, а при наявності мастила $< 0,1$. Вони працюють в основному при граничному змащуванні, швидкостях ковзання $v \leq 6$ м/с та тисках P до 25 МПа. Виготовляють пористі

підшипники, багат шарові, металопластмасові і металоскляний антифрикційні матеріали.

Підшипники на основі заліза виробляють з пористого заліза, залізографіту з міддю, залізографіту сульфідованого з різними твердими мастилами. Технологічна схема виробництва підшипників із спеченого матеріалу залізо - мідь - графіт:

- підготовка вихідного матеріалу;
- змішування порошків в продовж 2-4 годин в барабанних, конусних, роторних або відцентрових змішувачах з додаванням бензину або машинного масла;
- пресування в сталевих прес-формах на гідравлічних і механічних пресах при тиску 300 ... 800 МПа;
- спікання в захисній атмосфері до 700 ... 800⁰ С в камерних печах з витримкою при цій температурі, підвищення температури до 1100 ... 1150⁰ С, витримка і охолодження;
- просочення маслом і калібрування.

Підшипники на основі міді. Найбільш поширені спечені бронзові (олов'яності, цинкоолов'яності і свинцеві бронзи) і бронзографітових антифрикційні матеріали. Технологічний процес особливо не відрізняється від підшипників на основі заліза, наприклад:

- відпал порошку готової бронзи в відновлювальній атмосфері при 250 ... 400⁰ С протягом 0,5-1 год .;
- змішування протягом 2-3 годин;
- пресування під тиск 200 ... 400 МПа,
- спікання при 720 ... 900⁰ С з ізотермічної витримкою 1-2 год в прохідних (камерних печах);
- контроль, просочення маслом і калібрування.

Металоскляний матеріали одержують у такий спосіб:

- підготовка вихідного матеріалу: порошки заліза або нікелю і порошок скла, потім змішування;
- пресування під тиском 400 ... 500 МПа;
- спікання в атмосфері аргону або азоту при 800 ... 1000⁰ С і ізотермічна витримка 3-4 год.

Вироби з конструкційних матеріалів отримані методом порошкової металургії набагато економніші в порівнянні з литими виробами. Деталі отримують або відразу повного профілю, або доопрацюванням заготовок з мінімальними витратами праці і втратами металу. Отримують спечену вуглецеву і леговану сталь, безвуглицеві сплави на основі заліза і спечені кольорові метали і сплави.

Для отримання вуглецевої сталі необхідно:

- змішування сталевих порошків або порошки заліза і графіту;
- пресування під тиском 400 ... 600 МПа;
- спікання при температурі 1150 ... 1200⁰ С протягом 1,5-2 год. В атмосфері водню, диссоційованого аміаку або ендогаз;
- калібрування і при необхідності термообробка.

Технологічний процес виробництва шестерень:

- підготовка порошку заліза і графіту;
- пресування при 600 МПа і спікання при 850⁰ С протягом 1 год .;
- допресування при 900 МПа.

Високий опір зносу спечених шестерень обумовлено низьким вмістом фериту, високою якістю поверхні і невеликою пористістю поверхневого шару. Завдяки наявності пор, просочених мастилом, зменшується знос і знижується шум при роботі.

Поршневі кільця виготовляють з залізного порошку з добавкою 0,90-1,35% графіту, 2% міді і до 4% ZnS. Ретельно змішані порошки пресують при тиску 600 ... 800 МПа в заготовки, спікання яких проводять у водні при 1150

... 1180⁰ С протягом 1,5-2,0 год. Після спікання заготовки допресовують при тиску 1100 МПа і вирізують замок.

Технологічний процес виготовлення наплавочних кілець для клапанів систем газорозподілу автомобільних двигунів:

- підготовка порошків хрому, кремнію, нікелю, вольфраму і графіту, приготування шихти;
- пресування заготовок при тиску 400 ... 600 МПа;
- спікання заготовок в вакуумі при 980 ... 1100⁰ С;
- калібрування при тиску 400 ... 600 МПа.

У природі немає металів, сплавів або будь - яких інших речовин, сукупність властивостей яких дозволяла б задовольнити різноманітні, суперечливі вимоги, що пред'являються умовами експлуатації до контактних матеріалами. Тільки порошкова металургія дозволяє з найбільшою ефективністю, використовуючи різні технологічні варіанти, створити композиційні електротехнічні матеріали заданого складу і структури. Спечені контактні композиційні матеріали в порівнянні з литим на основі міді або срібла більш надійні в експлуатації завдяки їх високій зносо- і ерозійної стійкості.

По складу розривні контакти ділять на: металеві, металографічні, металооксидних, металокарбідних, металоборідні і металлонітрідні.

Ковзаючи контакти представляють собою пару тертя, в якій контактують елементи ковзають один по одному, не порушуючи їх електричного зв'язку. Найбільш поширеним є метод, пов'язаний з пресуванням і спіканням суміші порошку і міді з різними вуглецевими матеріалами.

Одним із способів досягнення високих експлуатаційних параметрів електронних матеріалів є введення в шихту легуючих добавок. Залежно від вводяться легуючих і технології їх виробництва існує кілька різновидів

металокерамічних контактних матеріалів: дисперсно-зміцнені, леговані металами та ін.

До перших відносяться матеріали з дисперсними включеннями оксидів (магнію, алюмінію, міді і т.д.), нітридів, боридів та ін. Лігатура може вводитися у вигляді готової порошку розміром 0,1-0,5 мкм або у вигляді хімічних сполук, що вступають в реакції в процесі обробки. Ці матеріали мають високу температуру початку рекристалізації при високих температурах, твердістю, стійкістю до дії електричної дуги.

До другої групи належать кадмієва, хромиста, хромонікелева, берилієва і інші бронзи. Їх придатність для використання в якості електроконтактних матеріалів визначається досить високою температурою початку рекристалізації при нагріванні, підвищеною твердістю. Легуючі (кадмій, хром, нікель, берилій, кобальт) можуть вводитися двома способами:

- 1) легування шихти на стадії розпилення порошку;
- 2) добавка лігатури у вигляді порошку при змішуванні шихти. Перший спосіб забезпечує більш високі властивості готових виробів, але здорожує процес виготовлення вихідних порошоків. Другий спосіб більш простий, але вимагає дрібнодисперсних порошоків легуючих елементів і якісного змішування. В іншому технологічний процес аналогічний традиційному.

1.3 Технологічне обладнання

Порошок отримують наступними методами:

- відновлення воднем, оксидом вуглецю та їх сумішами в спеціальних печах, відновлення вуглецем;
- комбінованим відновленням газом і вуглецем;

- металотермічним відновленням натрієм, магнієм, кальцієм або гідридом кальцію;
- розпиленням рідкого металу повітрям або газами;
- розпиленням розплавленого металу водою;
- розпорошення рідкого металу відцентровими силами в вакуумі або захисній середовищі;
- електроліз водних розчинів;
- дифузійне насичення з точкових джерел;
- подрібнення в вихрових млинах;
- подрібнення в млинах, ступах.

Для подрібнення твердих матеріалів використовують в основному млини різного типу. Кульові млини - це найпростіші апарати для подрібнення, їх також застосовують і як змішувальне обладнання. Кульові вібраційні млини відрізняються від обертових тим, що в ній барабан з кулями не обертається, а піддається вібрації, при цьому корпус барабана здійснює кругові коливання. Застосовують для тонкого подрібнення різних матеріалів.

Пластинчасті метали легко перетворюються в порошок в вихрових млинах, в яких подрібнення відбувається внаслідок ударних і зусиль стирання, що виникають при взаємному зіткненні частинок в підвішеному стані в інтенсивному газовому потоці. У струменевих млинах подрібнення матеріалу відбувається за рахунок енергії, що повідомляється частинками струменями стисненого газу або перегрітої пари. Для подрібнення крихких матеріалів застосовують планетарні і гіроскопічні млини.

Для поділу порошку по фракціям використовують сита з різними розмірами сітки, також використовують систему розсіювання, але вона не дуже ефективна, так як дрібна частка може захопити велику.

Для отримання рівномірного складу шихти, а отже і фізико-механічні властивості одержуваних спечених виробів, порошки піддають змішуванню.

Найбільш поширеним змішувачем є кульовий млин, що обертається. Застосовують для сухих сумішей. Кращі результати змішування при частоті обертання 20-40% критичною. Він являє собою барабан з двома бандажами, який обертається на роликах. Місткість 5 м³, одноразова завантаження 3 т., час змішування 1,5 год. Також застосовують змішувачі зі зміщеною віссю, що представляють собою барабан, який спирається на опорні підшипники, які прикріплені до рами. Перевага барабанних змішувачів в простоті конструкцій, є можливість змішування компонентів без стирання і зміни форми частинок, можливість змішування абразивних компонентів.

Широке застосування в промисловості отримали конусні змішувачі місткістю 100-3000 л і продуктивністю 50-1300 кг / год. Також застосовують лопатевий змішувач, він являє собою барабан з двома бандажами, який обертається на роликах. На внутрішній поверхні барабана укріплені косі спіральні перегородки для кращого змішування. Для отримання сумішей, що володіють великою липкістю, застосовують черв'ячно- лопостні змішувачі плужкового типу. Пристроями, що перемішують орган цього змішувача виконаний у вигляді горизонтального вала, на якому змонтовані плугоподібні лопаті, зміщені відносно один одного на 90-180⁰. Для якісного змішування сухих матеріалів використовують також відцентрові змішувачі безперервної дії.

Після змішування підготовлена шихта пресується. Пресуючі пристрої можуть бути як неспеціалізованими, так і спеціалізованими. Найбільш поширеним обладнанням для формування заготовок з порошку є преси.

Формування заготовок з порошків при порівняно невисоких зусиллях, але з досить великою продуктивністю здійснюють на механічних кривошипних і гвинтових пресах. Колонні преси (КА 0828, КА 0830) застосовують при пресуванні і калібруванні заготовок будь-яких груп складнощів. Прес комплектують декількома прес-блоками, кожен з яких призначений для отримання пресовок різної складності. Наявність

завантажувально-розвантажувального механізму дозволяє без використання ручної праці перенести налаштований прес-блок з імітатора в робочий простір преса і взяти його звідти для демонтажу або переналаштування в імітаторі. Для гарячого штампування порошкових заготовок застосовують кривошипні преси подвійної дії загальнопромислового застосування і спеціалізовані.

Також для пресування використовуються гідравлічні преси потужністю від 40 ... 100 кН до 100 МН. Основною перевагою цих пресів перед механічними є відносна простота конструкції, менші відносні габарити, маса і вартість, можливість плавного регулювання швидкості руху робочих частин і зусилля пресування.

Для ізостатичного пресування застосовують гідростатичні і газостатичні установки. В яких пресування здійснюється завдяки високому тиску рідини або газу.

Спінання пресовок і при необхідності термічної обробки виробів використовують печі різної конструкції і принципами роботи. Застосовують печі безперервної дії такі, як камерні, вакуумні, компресорні, шахтні та інші печі. В основному застосовують печі із захисною атмосферою і вакуумні печі. У камерних печах завантаження вивантаження виробів здійснюється в горизонтальній площині через дверцята, розташовану в передній стінки печі. У шахтних печах завантаження виробів в циліндричну вертикальну шахту - робочу зону печі - здійснюють зверху, опускаючи виріб на візок, підставку, що знаходиться в нижній частині шахти. Також для спінання застосовують печі безперервної дії: барабанні, з крокуючим подом і інші.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Спечені підшипники в машинобудуванні

У сьогоденному машинобудуванні широко використовуються спечені порошкові підшипники різних типів. Основною перевагою порошкових спечених підшипників в порівнянні з підшипником з литих безпорістих сплавів є їх здатність працювати в режимі самозмащення (без додаткової подачі мастила в зону тертя).

Знаходяться безпосередньо в матеріалі підшипника змащувальні речовини (масло в порах після просочення, тверді змащені речовини, введені в шихту до спікання) в процесі зношування формують антизадирні мастильні плівки, що оберігають вузли тертя деякий час від схоплювання і зносу. Але порошкові підшипники, що працюють без додаткового змащення, недостатньо широко застосовуються через часті відмови, малий ресурс роботи. Це відбувається тому, що пористість знижує вантажопідйомність масляного шару.

У сучасному машинобудуванні застосовують більш десятки різних груп антифрикційних матеріалів, понад сто марок литих металевих сплавів. Однак, не один із сплавів не відповідає повністю вимогам, що пред'являються антифрикційним матеріалами, як спечені.

Спечені матеріали мають кращу припрацюваність, більш низький коефіцієнт тертя і велику зносостійкість. Доцільність застосування спечених антифрикційних деталей визначається трьома факторами:

- собівартістю виготовлення;
- ефективністю в експлуатації;
- економією дефіцитних кольорових металів.

За матеріалом, що становить основу композиції, антифрикційні спечені матеріали підрозділяються на вироблені, на основі міді, заліза, нікелю,

кобальту, алюмінію і і.т.д. Найбільш широко застосовуються дві групи, на основі Cu і Fe. Матеріали на основі Cu, представлені бронзами різних марок, найбільші поширення набули в електротехнічній промисловості. Вони не мають високу несучу здатність, хоча мають хороші антифрикційні властивості.

Матеріали на основі Fe представлені великою групою різних композицій відрізняються за складом і призначенням. Найбільш широко використовуються матеріали залізо-мідь-графіт. Антифрикційні властивості забезпечує в цій композиції графіт, що дозволяє при його вмісті більше 1% працювати чимало часу в умовах сухого тертя. При введенні мастила умови тертя значно поліпшуються, дозволяючи працювати вузлів на швидкостях до 4 м / с протягом 3-5 годин.

Наявність в матеріалі міді не впливає на антифрикційні властивості, але значно підвищує фізико-механічні властивості. Це дозволяє використовувати Cu-Fe-C матеріали в відповідальних вузлах тертя. Зміст Cu в матеріалі коливається в значних межах (0,5-20%), графіту до 10%, що зумовлює широку гаму властивостей цього класу антифрикційних матеріалів.

У порівнянні з іншими методами порошкова металургія має ряд істотних переваг, у тому числі:

- можливість організації масового випуску деталей складної конфігурації з великим скороченням, а іноді і повним виключенням механічної обробки, в результаті чого відходи металу в стружку скорочуються в 10-15 разів;

- заміна дорогих кольорових металів і сплавів (бронза, латунь, цинк і т.п.) більш дешевими матеріалами;

- збільшення продуктивності праці;

- вивільнення металорізальних верстатів і великої кількості висококваліфікованих робітників.

2.2 Завдання експериментальних досліджень

Для виготовлення залізо-графітової втулки (рис. 2.1), із заданою пористістю 20%, використовувався порошок наступного складу: заліза - 96%, міді - 2%, графіту - 2%.

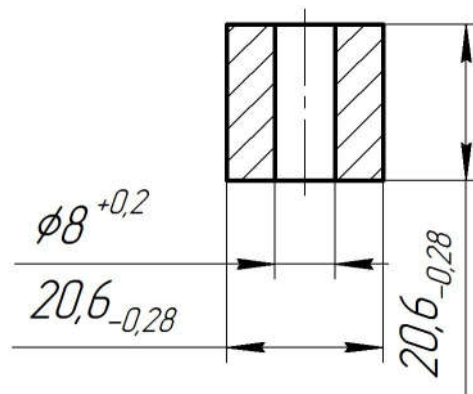


Рисунок 2.1 - Втулка

2.3. Визначення технологічних властивостей вихідних порошків [13]:

- Насипна вага визначається за формулою:

$$O_H = \frac{P_1 - P_2}{V}, \text{ г/см}^3$$

де P_1 – маса мірника із вільно насипаним порошком,

P_2 – маса мірника без порошку,

V – об'єм мірника в см^3 .

Плинність, виражену через ставлення навішування порошку до часу витікання порошку.

де t – час витікання порошку, с;

r - радіус отвору, мм;

n – коефіцієнт рівний 2,58

F – навішування порошку в г.

Абсолютну (γ , г/см³) і відносну (v , %) щільність визначаємо за формулами:

$$v = \frac{\gamma_p}{\gamma_k} \cdot 100\%$$

де, γ_p - щільність реального виробу;

γ_k - щільність, яку мав би безпористий (компактний) виріб.

Для визначення γ_k , для суміші порошків, користуємося правилом адитивності.

Щільність реального виробу розраховуємо за формулою:

$$\gamma_k = \frac{P_1 \cdot \gamma_{жидк}}{P_2 - P_3}$$

де, P_1 , P_2 , P_3 - відповідно вага зразків на повітрі, вага на повітрі покритого захисною плівкою зразка і вага його в рідині, покритого захисною плівкою, г;

$\gamma_{ж}$ - щільність рідини г/см³; для дистильованої води при температурі 20°C приймаємо $\gamma_{ж} = 1$ г/см³.

2.3.1. Визначення насипної ваги

Об'ємна маса порошку визначається на стандартному волютометрі.

Насипна вага визначається 3 рази. Мірник з порошком зважують з точністю до 0,05 м Об'ємну масу порошку визначають за формулою.

2.3.2 Визначення плинності

Плинність порошку визначається на спеціальному приладі. Порція порошку 100 г засипається в конусну скляну воронку з кутом 60° . Діаметр вхідного отвору вибирається залежно від крупності порошку. У нашому випадку він дорівнював 4 мм. Воронка знизу закривається спеціальною заслінкою, яка після наповнення порцією досліджуваного порошку відкривається.

2.3.3 Розмір і форма частинок

Розмір частинок визначають методом розсіву на стандартних ситах, підрахунком в оптичному мікроскопі; форму частинок - вивченням також в мікроскопі.

2.4 Приготування шихти

Операції шихтування піддаються порошки різних металів, які піддаються додатковим операціям: при підвищеному вмісті кисню - відновлювального відпалу (для Fe - 700-800 0С в водні), розмелювання, розсіву на фракції, сушінні, прокалюванню. Графіт піддають прокалюванню при температурі до 100⁰ С з метою видалення летких домішок. При змішуванні порошків Fe і Си застосовують сухе змішування без розмельних тіл. Після додавання графіту бажано застосовувати мокре змішування. В якості зволожувача використовується машинне масло, гліцерин, бензин, спирт. Зазвичай змішувач заповнюється на 1/3 об'єму, швидкості обертання 30-60 об. / Хв.

В даний час існує багато складів шихти для отримання конструкційних і антифрикційних деталей вибір яких здійснюється за значеннями одержуваної щільності і застосовуваними компонентами. Результати щільності сумішей композицій представлені в таблиці 2.1.

Виходячи, з літературних даних для виготовлення статора була обрана композиція, яка складається з таких компонентів: основою є залізний порошок ПЖРВ- 3.200.26, крім того, в складі шихти присутній 5% мідного порошку ПМС-1. Для додання матеріалу антифрикційних властивостей в шихту додається 1,25% графіту ГК-3, а для зниження зусилля пресування - 0,5% стеарату цинку.

Таблица 2.1.– Щільність деяких сумішей композицій Fe-C, Fe-Cu-C,
г/см³

Вміст С, %	Вміст Cu, %								
	0	1	2	3	4	5	7	10	20
0	7,8	7,809	7,817	7,826	7,836	7,743	7,864	7,889	7,981
0,5	7,71	7,710	7,719	7,727	7,736	7,745	7,163	7,789	7,878
0,83	7,640	7,647	7,655	7,664	7,672	7,681	7,697	7,723	7,812
1	7,606	7,614	7,623	7,632	7,638	7,648	7,666	7,691	7,778
1,2	7,569	7,569	7,578	7,595	7,604	7,612	7,629	7,654	7,741
1,5	7,513	7,521	7,535	7,537	7,546	7,554	7,571	7,596	7,681
2	7,422	7,430	7,438	7,446	7,454	7,462	7,478	7,503	7,585
3	7,246	7,254	7,262	7,269	7,277	7,285	7,300	7,324	7,403
5	6,919	6,926	6,933	6,940	6,947	6,954	7,968	6,989	7,061

Для 50 кг. шихти розрахуємо кількість кожного компоненту згідно пропорції 50 кг - 100%: X кг - 3%

де X - кількість компонента шихти в кг,

C - кількість компонента в%.

В результаті розрахунків отримані, що для отримання 50 кг. шихти необхідно 47,125 кг. залізного порошку, 2,5 кг мідного порошку, 1,25 кг. графіту, 0,25 кг. цинку стеріновокісло.

2.5 Технологічний процес виготовлення втулки

В результаті проведених досліджень була обрана наступна схема технологічного процесу виробництва втулки (рисунок 2.2): змішування компонентів шихти, формування, спікання, калібрування, просочення маслом, контроль.

Залежно від умов роботи, спечені конструкційні деталі поділяють на ненавантажені, мало-, середньо- і сильно навантажені, а за типом матеріалу - на основі заліза або кольорових металів і сплавів. Характеристика конструкційних матеріалів приведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика порошкових конструкційних матеріалів та деталей з них.

Група деталей по ступені навантаження	Характеристика порошкових матеріалів		
	група щільності	пористість, %	Межа міцності, % межі міцності беспористих матеріалів
Мало навантажені	1	16-25	30-40
Помірно навантажені	2	10-15	45-65
Середньо навантажені	3	2-9	65-95
Важко навантажені	4	2	95-100

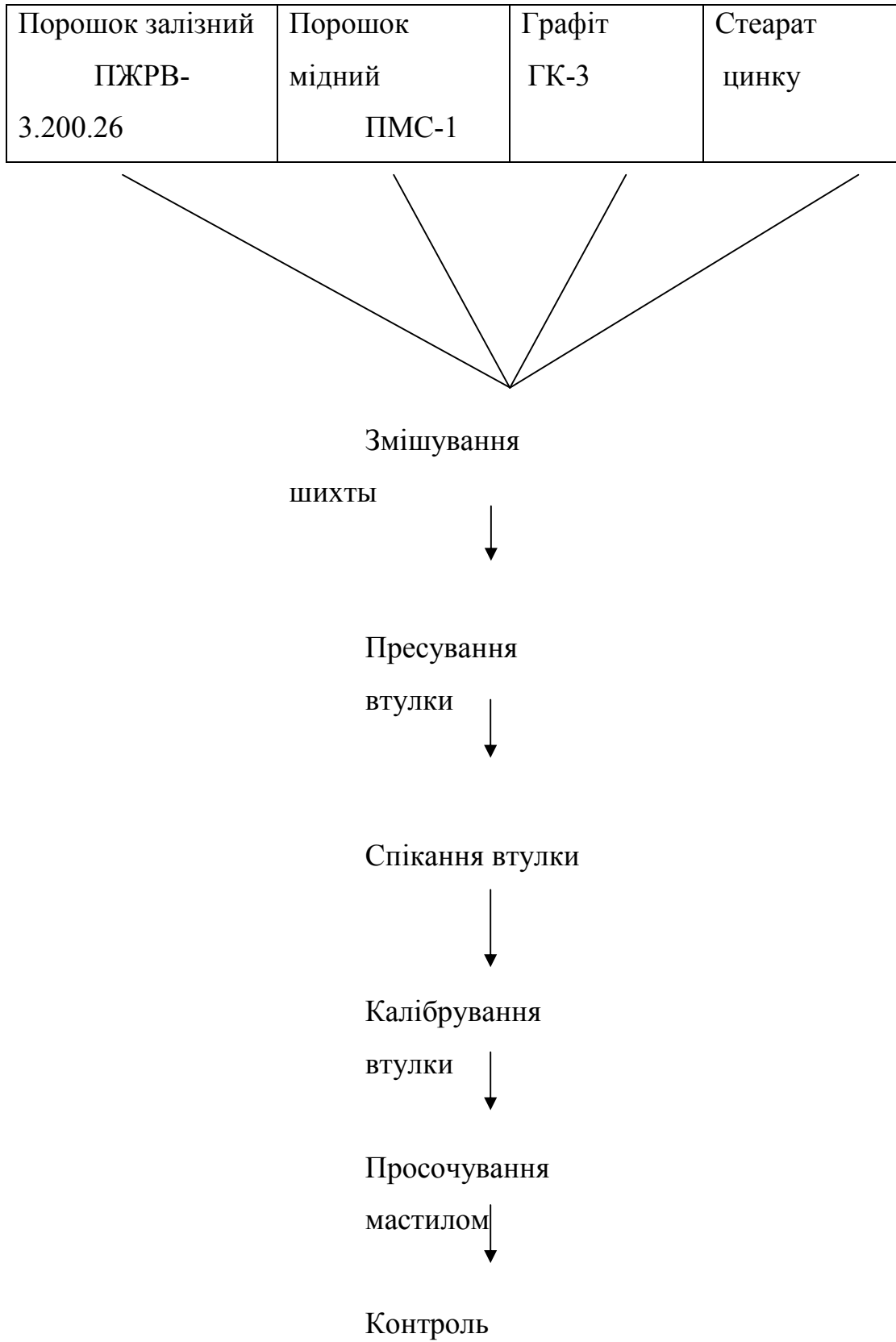


Рисунок 2.2 - Технологічна схема процесу виготовлення втулки

2.5.1 Змішування компонентів шихти

До складу шихти входять порошки заліза, міді, графіту, стеарату цинку. Перед змішуванням порошки, засипаються в бункери і на вагові дозатори, розвішуються, після чого засипаються в необхідних кількостях в бочковий змішувач зі зміщеною віссю. Змішування порошоків заліза і міді проводиться протягом 0,5 години, після чого в змішувач завантажують порошки графіту і стеарата цинку. Потім змішування триває ще одну годину. Після змішування шихта вивантажується в тару і відправляється на ділянку формування.

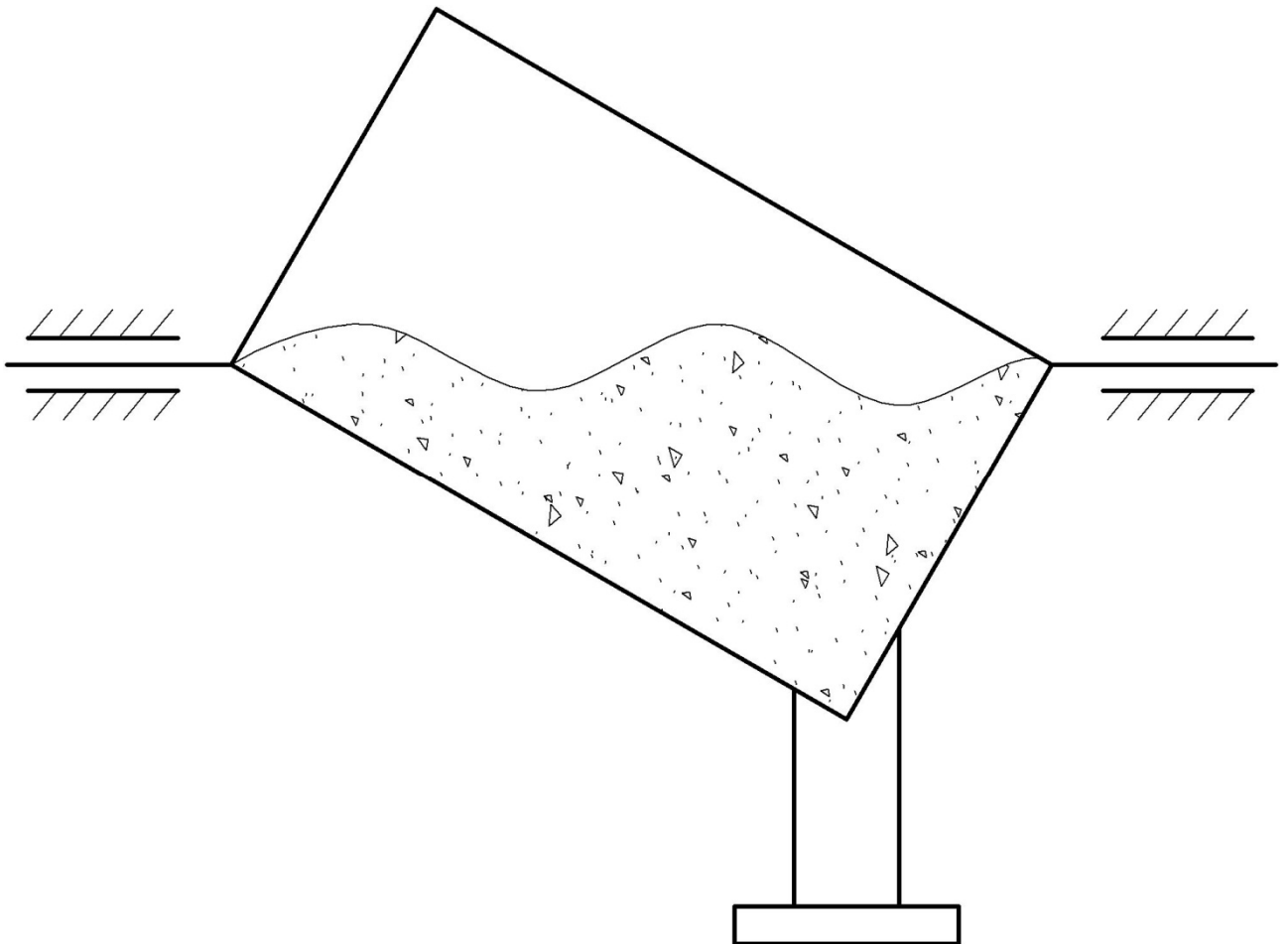


Рисунок 2.3 Схема змішувача зі зміщеною віссю

2.5.2 Формування деталі втулка

Для експериментального дослідження формування деталі втулка була використана УИМ-50 універсальна випробувальна машина для формування методом холодного пресування.

В свою чергу, формування даної деталі в серійному виробництві відбувається, на пресовій ділянці для цього шихта доставляється з ділянки виготовлення сумішей і завантажується в бункер пресу, який через касету-живильник подається в робочу зону пресу. Формування деталі відбувається в прес-формі в такому порядку:

- за допомогою касети - живильника шихта завантажується в прес-форму;
- дозатор здійснює хід вперед і, проходячи над отвором матриці, заповнює її шихтою, при ході назад дозатор вирівнює рівень шихти в матриці;
- повзун преса завершує робочий хід і формує вироби в матриці за допомогою пуансонів, після повернення в початкове положення повзуну, виріб виштовхується за допомогою нижнього пуансона на дзеркало матриці;
- дозатор, здійснюючи хід, вперед зіштовхує відформований виріб з осі пресування, одночасно заповнюючи порожнину матриці шихтою; цикл повторюється.

Відформований виріб повинен мати достатню міцність для транспортування його на ділянку термообробки. Це забезпечується дотриманням режимів приготування шихти і формування. Силовий режим підбирається за результатами досліджень ущільнення шихти, виходячи з необхідного значення щільності вироби.

2.5.3 Спінання деталі втулка

Спінання відформованих виробів проводиться для придання їм міцнісних властивостей, а іноді і спеціальних. При спінанні відбувається процес дифузії атомів між окремими частинками порошку, що забезпечує отримання міцного каркаса. Спінання дозволяє створювати міцні композиції з різних металів. Для того щоб не було явища окислення металів при високих температурах операцію спінання необхідно проводити в різних захисних середовищах, як газоподібних (ендогаз, водень, аргон), так і в твердих засипках (окис алюмінію). Для спінання статора захисною середовищем був обраний дисоційованний аміак, так як він підходить за властивостями пропонуваної до захисної середовищі. При спінанні втулки застосовуються контейнери, які завантажуються в піч, де витримуються при температурі 1150°C протягом 1,5-2 години. Після спінання виробів остигають з піччю до температури 250°C , а потім на повітрі. Спечені вироби транспортують на ділянку калібрування в спеціальній тарі.

2.5.4 Калібрування деталі втулка

Калібрування спечених виробів проводиться з метою остаточного корегування геометрії виробів, отримання необхідної якості виробу. При цьому відбувається незначне зменшення об'єму виробу (2-3%). Зазвичай калібрування здійснюється на спеціальних пресах, що мають велику жорсткість при невеликому ході повзуну. Процес калібрування статора складається з наступних операцій: приміщення заготовки порожнину матриці безпосередньо калібрування і витяг виробу з матриці. При калібруванні

виробу отримують остаточні розміри, що наведені у креслення і шорсткість поверхонь виробу. Після калібрування вироби транспортують на ділянку хіміко-термічної обробки.

2.5.5 Просочування деталі втулка мастилом

Для надання виробу з порошоків корозійної стійкості їх просочують мастилом, які заповнюють пори, наявні в матеріалі. Просочення проводиться у вакуумній камері. При зниженні тиску в камері з мастилом, де знаходяться вироби, відбувається видалення повітря з пор. При відновленні тиску атмосферного замість повітря в пори нагнітається мастило. Контейнер з виробами витягується, надлишки мастила видаляються, і готові деталі відправляються на ділянку контролю та упаковки.

2.6. Обладнання та прилади, які використовуються при експериментальному дослідженні

Для проведення експериментальних досліджень використовувалися:

1. Волютометр для визначення насипної ваги.
2. Прилад для визначення плинності.
3. Оптичний мікроскоп для визначення гранулометричного складу.
4. Змішувач із зміщеною віссю.
5. Універсальна випробувальна машина УИМ-50.
6. Електропіч для спікання брикетів.

В ході дослідження було підібрано обладнання для виготовлення деталі типу втулка для серійного виробництва:

- бункери для металевих порошків, графіту, стеарату цинку;
- змішувач (плужкового);
- прес-автомат КА-8128 зусиллям 6,3Мн;
- піч штовхальна;
- газоприготувальні установка;
- прес-автомат калібрувальний К-0430 зусиллям 10Мн,
- піч для пароксидації,
- установка вакуумного просочення.

Наведемо опис типової конструкції преса даної серії (марка КА8128). Від одношвидкісного двигуна 1 обертання через клинопасову передачу передається пневмофрікційній муфті 2. При включенні її дисків обертається вал 3, на якому ковзає блок шестерень 4. За допомогою цього блоку шестерень вал 5 отримує три ступені швидкостей. Від вала 5 через шестерні 6 - 9 обертання передається на вал 10. На валу 10 знаходиться зубчаста муфта 11, за допомогою якої отримують ще два ступені швидкостей. Від вала 10 через шестерні 12 і 13 обертання віддається на проміжний вал 17, а від валу 14 через дві пари шестерень 15 і 16 (яка виконана з ексцентриком) - на головний вал 17. Шатунно-повзуни механізм перетворює обертальний рух ексцентриків в зворотно-поступальний рух колонок автомата 27 і пов'язаної з ним пресують головки 28. Зупинка всіх рухомих частин машини здійснюється стрічковим пневмофрікційним гальмом 18, яке впливає на шків 19 (рис. 2.4).

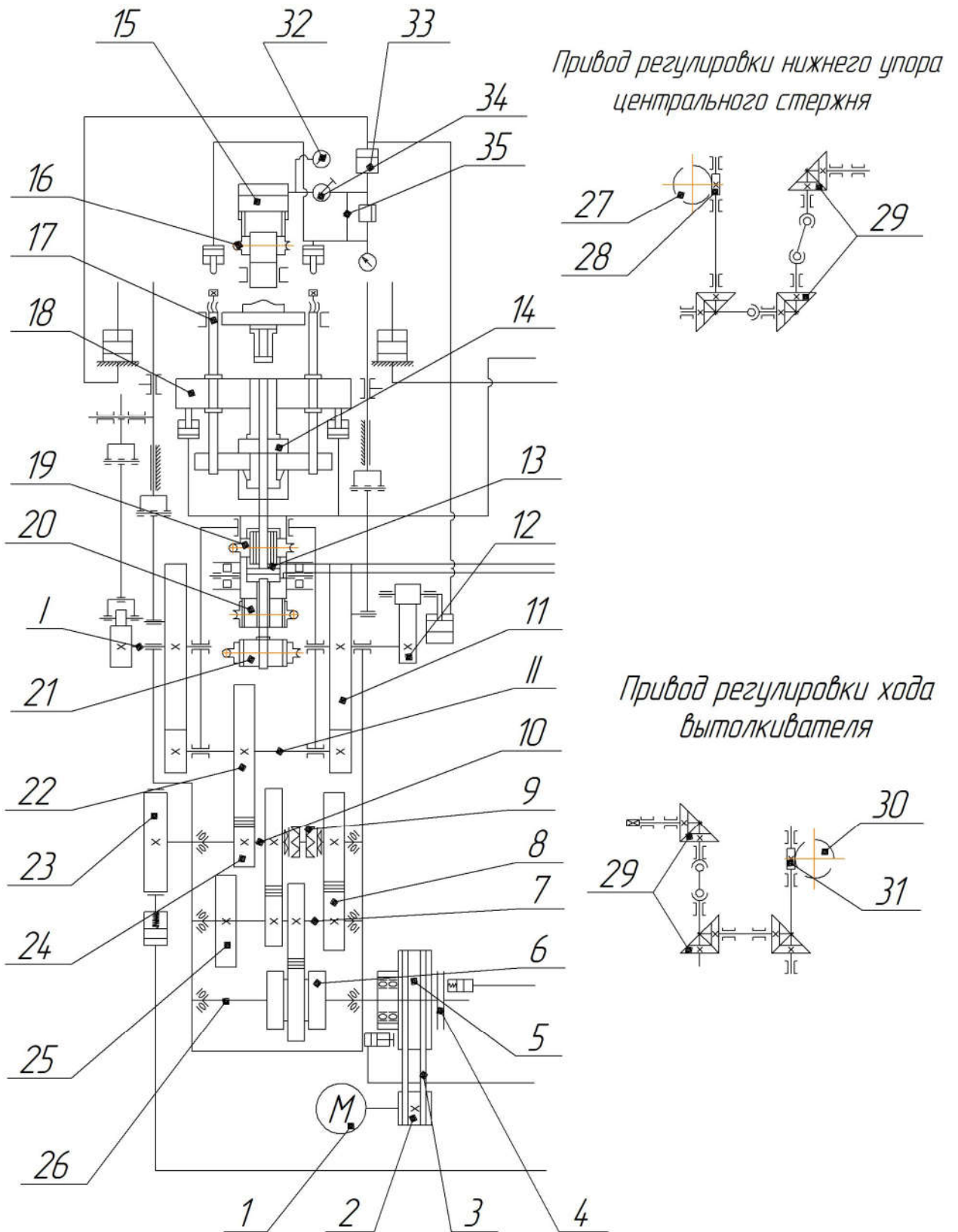


Рисунок 2.4 – Кінематична схема пресу

Виштовхувач отримує зворотно-поступальний рух від кулака 20, що знаходиться на правому кінці головного валу 17, через двоплечний важіль, який піднімає виштовхувач. Зворотний хід виштовхувач отримує від пневмоциліндру 21, притискає ролик важеля до профілю кулака. Регулювання ходу поршня і висоти засипки порошку здійснюється від гвинта 22, який обертається в черв'ячній колесі 23. Привід регулювання складається з черв'яка і трьох пар конічних шестерень шарнірного валика і хвостовика ручного повороту. Усередині поршня розміщений пневмоциліндр центрального стрижня 24, що здійснює зворотно-поступальний рух. Регулювання нижнього упору центрального стрижня здійснюється від гвинта 25, який обертається в черв'ячній колесі 26.

Вузол регулювання верхнього упору центрального стрижня розміщений в нутрії поршня. Переміщення упору здійснюється від гвинта 29, який обертається в черв'ячній колесі 30 за допомогою черв'яка, що має хвостовик ручного повороту.

Вузол регулювання положення нижнього пуансона розміщений на нижній плиті пресує блоку. Підйом пуансона здійснюється за допомогою клина 31, який переміщається від хвостовика ручного повороту. Вузол регулювання 24 положення верхнього пуансона розміщений в пресують голівці. Розміщення пуансона здійснюється від гвинта 32, який обертається в черв'ячній колесі 33 за допомогою черв'яка, що має хвостовик ручного повороту.

Касета живильника отримує зворотно-поступальний рух щодо пресує блоку від кулака сидить на лівому кінці головного валу, через систему важеля. Підведення касети до матриці здійснюється пружиною, відведення - кулаком.

Плаваюча плита прес - блоку, в якій знаходиться матриця, спирається на два пневмоциліндра 34. Примусовий відведення матриці здійснюється за допомогою двох гідроциліндрів відведення матриці 35, розміщених в

пресують голівці 28. Обмежувач плавання матриці 36 розташований на станині преса. Його регулювання здійснюється за допомогою барабана 37. Зазначений автомат виконує наступні операції: засипку порошку з бункера в касету живильника, перенесення порошку касетою до матриці, заповнення матриці порошком, пресування виробу, виштовхування його з матриці, зіштовхування пресованого виробу в лоток. У вихідному положенні пресуюча головка знаходиться вгорі преса. При цьому виштовхувач знаходиться в проміжному положенні, касета знаходиться над матрицею, центральний стрижень - в нижньому положенні врівень з пуансоном.

При включенні автомата виштовхувач опускається разом з центральним стержнем. При цьому матриця заповнюється порошком. По закінченню ходу виштовхувач опускається на упор,

регулюючий глибину камери засипки. В цей час командоапарат подає повітря в нижню порожнину циліндра центрального стрижня. Центральний стрижень переміщається вгору і виштовхує надлишок порошку назад в касету. Касета відводиться назад. Верхній пуансон доходить до рівня матриці, починається пресування. При цьому як матриця, так і центральний стрижень можуть опускатися вниз під впливом сил тертя. Цим забезпечується двостороннє додаток зусилля пресованої деталі. При зворотному ході пресують голівці блок матриці, виштовхувач і центральний стрижень рухаються вгору до тих пір, поки блок матриці не дійде до верхніх упорів, після чого починається виштовхування виробу. Одночасно командоапарат перемикає центральний стрижень на хід в низ, але, захоплюємося силою тертя, центральний стрижень продовжує йти вгору разом з деталлю до тих пір, поки вона не вийде з матриці. Виріб, розширюючись, звільняє центральний стрижень, і він йде вниз, після чого касета ходом вперед зіштовхує виріб. Потім виштовхувач з центральним стержнем опускається вниз і цикл повторюється.

Правильна налагодження преса має важливе значення, так як забезпечує проведення всього технологічного циклу пресування.

2.7 Результати експериментальних досліджень

Для конструювання і розрахунку виконавчих розмірів прес-форми була підрахована об'ємна маса порошку. Вона дорівнює $2,46 \text{ г/см}^3$.

Проконтролювали плинність порошку і висловили її через ставлення навішування порошку до часу витікання порошку: $k = 28 \text{ г/с}$.

За допомогою оптичного мікроскопа і набору сит визначили гранулометричний склад порошку. Середній розмір частинок міді склав 40 мкм, заліза - 50 мкм.

Для отримання втулки (див. рис.2.1) з заданими розмірами розрахована прес-форма. Обрано найбільш поширений варіант формування - холодне пресування металевих порошоків в сталевий прес-формі. Конструкція прес-форми повинна забезпечити отримання необхідних властивостей деталей, в першу чергу, рівномірну щільність по всьому перетину виробу.

Для отримання рівномірно розподіленим по всьому об'єму щільності деталі (пористість 20%) можна застосувати принцип одностороннього пресування в сталевий прес-формі. Одностороннє пресування застосовується для деталей простої форми, у яких відношення $H/D > 1$; $H/S > 3$; де H - висота деталі, D - діаметр деталі, S - товщина стінки.

Необхідна висота засипки порошку визначається з наступних співвідношень:

$$H_{зас} = \frac{\gamma_{ИЗД}}{\gamma_{ПОР}} \cdot h_{ИЗД} = 3 \cdot 25 = 75 \text{ мм}$$

Де, $\gamma_{\text{изд}}$ - щільність пресування, г/см^3 ,

$\gamma_{\text{изд}} = 7,44 \text{ г/см}^3$ (розраховується за правилом адитивності),

$\gamma_{\text{пор}}$ - насипна вага порошку, г/см^3 ,

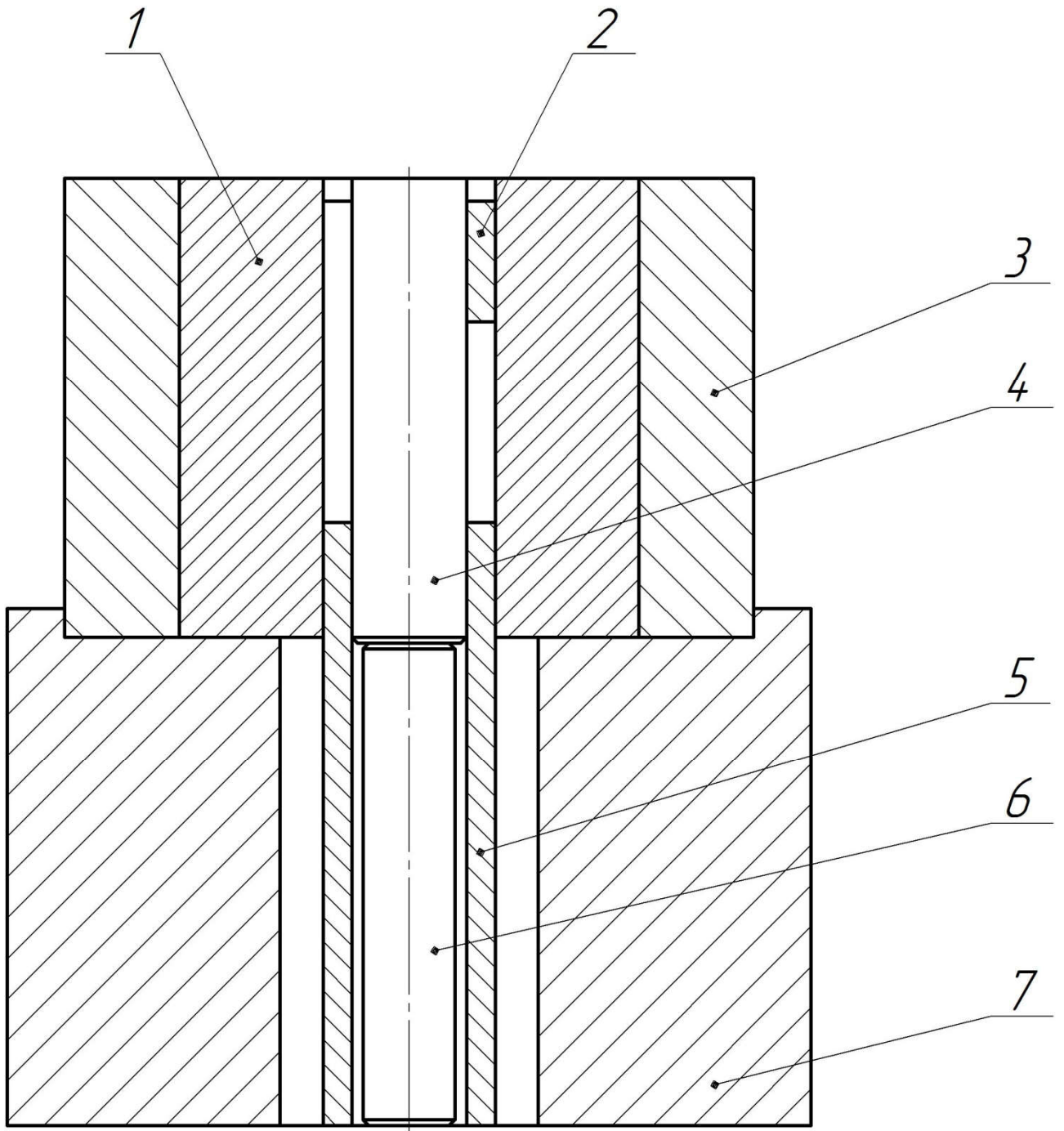
$\gamma_{\text{пор}} = 2,46 \text{ г/см}^3$,

$h_{\text{изд}}$ - висота пресованого виробу.

Відношення $\gamma_{\text{изд}}/\gamma_{\text{пор}}$ - коефіцієнт засипки. У нашому випадку він дорівнює трьом.

Робота прес-форми (рис. 2.5) полягає в наступному. Після того, як верхній пуансон 2 під тиском преса стане врівень з матрицею, необхідно зняти тиск, перевернути прес-форму, зняти підставку 7 і вкладиш 6 і запресувати нижній пуансон врівень з матрицею.

Після випресовки з матриці деталь, завдяки явищу пружного післядії, яке пов'язане з мимовільним збільшенням розмірів пресування при знятті з неї тиску в результаті дії внутрішніх напружень, що виникають в процесі ущільнення порошку, дещо збільшується в розмірах і легко знімається зі стрижня.



1 - матриця, 2 - верхній пуансон, 3 - обойма, 4 - стрижень, 5 - нижній пуансон, 6 - вкладиш, 7 - підставка.

Рисунок 2.5 - Схема дослідної прес-форми.

Висота матриці розраховується за формулою:

$$L_{МАТР} = H_{зас} + l = 75 + 20 = 95 \text{ мм}$$

Де, $H_{зас}$ - висота необхідного шару засипки,

l - довжина неробочої частини матриці, яка включає в себе довжину вхідної частини під верхній і нижній пуансон, $l = 15 \dots 20$ мм.

Знаючи довжину матриці визначаємо необхідну висоту пресування:

$$L_{пр} = 3 L_{матр} + 150 \dots 200 = 3 \cdot 95 + 200 = 480 \text{ мм}$$

Охоплючий розмір:

$$D_{МАТР} = D_{Изд} \pm \frac{A}{2} - \frac{D_{Изд} \cdot \alpha}{100} + \frac{D_{Изд} \cdot \beta}{100} = 20 + 0,05 = 20,05 \text{ мм}$$

Де, A - допуск на діаметр,

α – пружня післядія,

β - величина усадки (в даному випадку не враховується).

Діаметр стрижня:

$$D_{СТ} = D_{Изд} \pm \frac{A}{2} = 8 - 0,05 = 7,95 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр матриці і розміри обойми приймаємо виходячи з таких міркувань:

$$D_{\text{Мнар}} \geq 1,5d$$

$$D_{\text{Мнар}} = 50 \text{ мм}$$

$$D_{\text{Обнар}} \geq 2d$$

$$D_{\text{Обнар}} = 80 \text{ мм}$$

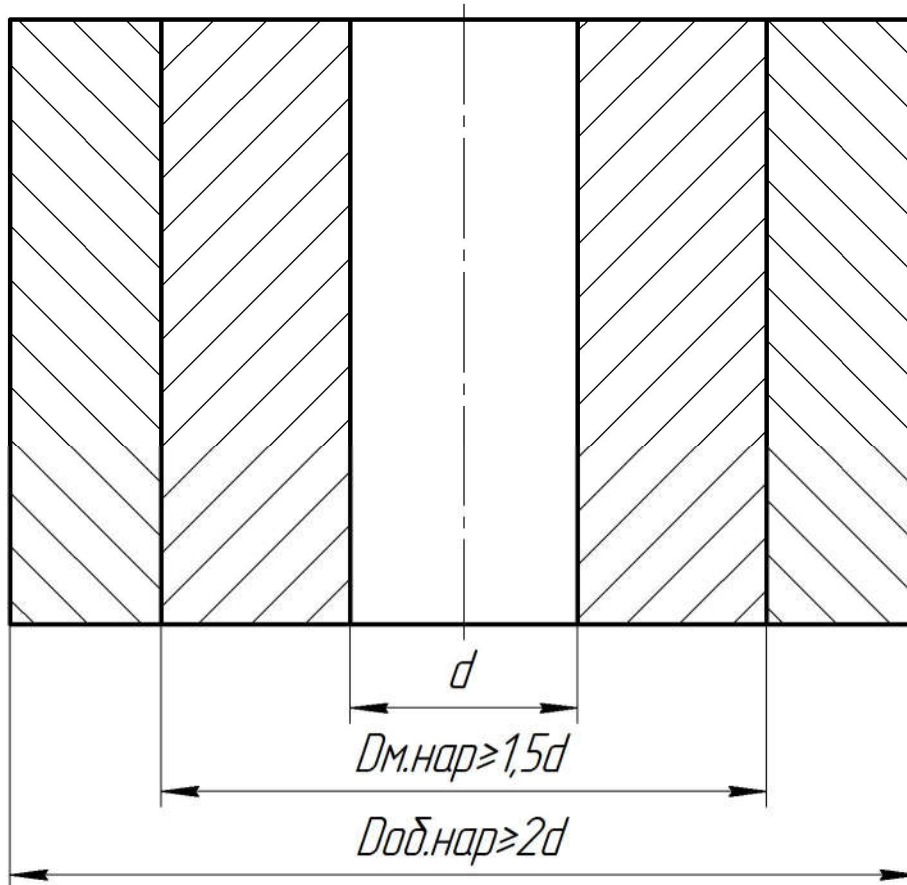


Рисунок 2.6 – Креслення матриці

Для поліпшення процесу ущільнення (підвищити щільність і забезпечити більш рівномірний розподіл її за обсягом пресування) і зменшення зовнішнього тертя, що виникає між рухомими частинками порошку і стінками прес-форми, ми застосували мастило - машинне масло, яким змазували стінки прес-форми.

Для виготовлення втулки був використаний порошок: залізо, мідь, графіт. Розраховуємо його дозування.

Розрахунок навішування і засипка порошку - одне з основних умов виготовлення деталі, заданих розмірів і форм [2].

Величина навішування:

$$Q_1 = \gamma_k \cdot V \left(1 - \frac{П}{100}\right) \cdot K_1 \cdot K_2 = 7,44 \cdot 7,072 \left(1 - \frac{20}{100}\right) \cdot 1,01 \cdot 1,02 = 43,36 \text{ г}$$

де, γ_k - щільність різнорідних порошкових компонентів, г/см³;

V - об'єм спеченого виробу, см³;

$П$ - фактична пористість спеченого матеріалу, %,

K_1 - коефіцієнт, що враховує втрати порошку при пресуванні і залежить від точності виготовлення деталей прес-форм, $K_1 = 1,005 \dots 1,01$,

K_2 - коефіцієнт, що враховує втрату маси брикетом при спіканні в результаті відновлення оксидів і видалення домішок, $K_2 = 1,01 \dots 1,03$.

γ_k визначається за формулою адитивності:

$$\gamma_k = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_1} + \frac{a_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{a_n}{\gamma_n}}$$

де, $\gamma_1, \gamma_2 \dots \gamma_n$ - щільності окремих компонентів суміші, г/см³;

$a_1, a_2 \dots a_n$ - зміст окремих компонентів суміші, %.

$$\gamma_k = \frac{100}{\frac{96}{7,8} + \frac{2}{2,2} + \frac{2}{8,8}} = 7,44 \text{ г/см}^3$$

Визначаємо об'єм деталі:

$$V = \frac{\pi D_{\text{пр}}^2}{4} \cdot h = 2,5 \cdot \frac{3,14(20,6^2 - 0,8^2)}{4} = 7,072 \text{ см}^3$$

Склад порошку ЖГР2Д2:

Заліза - 41,628 г,

Міді - 0,867 г,

Графіт - 0,867 м.

Вихідний склад металевого порошку заліза, міді і графіту були подані на механічне змішування (рис. 2.2); даний метод дозволяє змішувати як неоднорідні, так і однорідні компоненти, що відрізняються один від одного гранулометричним станом і методом отримання порошку.

Рівномірність шихти, одержаної механічним змішуванням, визначають такі чинники:

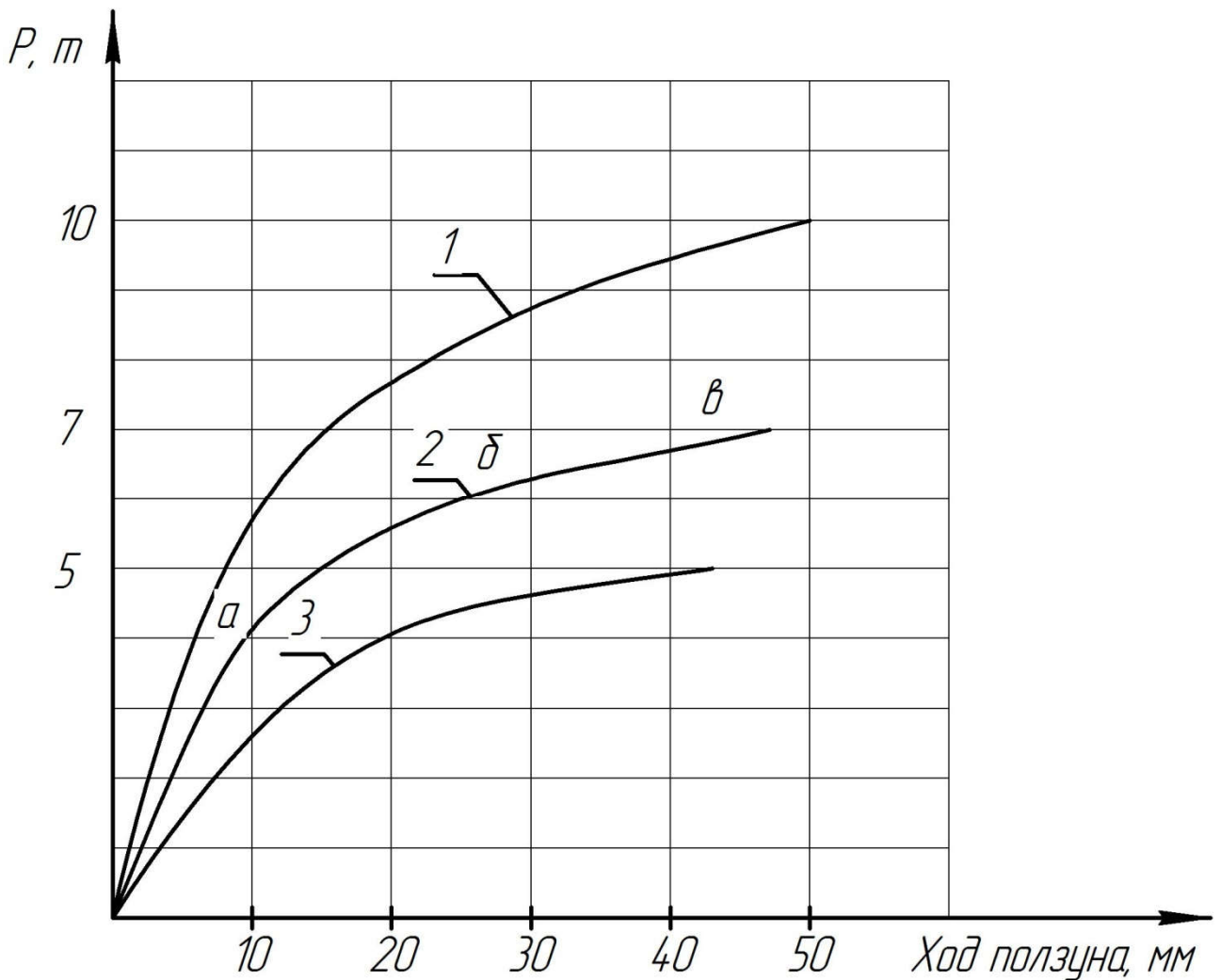
- розмір і форма частинок;
- питома вага компонентів;
- характер середовища;
- тип змішувального обладнання;
- час змішування;
- середовище змішування.

У нашому випадку компоненти не повинні були наклепуватися і подрібнюватися в процесі змішування, а також змішування не повинно було приводити до обволіканню одного компонента іншим. Всім цим вимогам відповідає змішувач із зміщеною віссю.

Найбільш сприятливі умови змішування: мокра з додаванням спирту, час змішування - 15 годин. Спирт був обраний тому, що він швидко випаровується, не окисляє порошок, не вимагає додаткової операції сушки.

Після змішування шихта піддається пресуванню в сталевий прес-форма при тиску 2, 3, 4 т/см². Знаючи при цьому поверхню пресування – втулки $F = 2,54 \text{ см}^2$, зусилля відповідно були 5, 7, 10 т.

При пресуванні втулок вивчався вплив тиску на ущільнення брикету. Графік залежності зміни відносної щільності (або пористості) від тиску виражається монотонною кривою зображеною на рисунку 2.7.



1 - крива відповідна щільності 5,95 г/ см³; 2 - крива відповідна щільності 5,42 г/см³; 3 - крива відповідна щільності 4,89 г/см³.

Рисунок 2.7 - Залежність ущільнення брикету від ходу повзуна

Крива процесу ущільнення має три характерні ділянки. Найбільш інтенсивно щільність наростає на першій стадії (ділянка а), коли частинки можуть відносно вільно переміщатися, займаючи прилеглі порожнечі.

Одночасно відбувається руйнування арок. До кінця першої стадії частинки виявляються упаковані максимально щільно. З цим пов'язаний ділянку б графіка ущільнення, тому що опір частинок стиску велике і, незважаючи, на зростання тиску порошок якийсь час не зменшує свого обсягу, і лише коли тиск пресування перевищить опір стисненню порошкового тіла, починається деформація частинок і третя стадія процесу ущільнення (ділянка в).

В реальних умовах в процесі пресування відбувається накладення зазначених стадій ущільнення, що протікають практично одночасно: деформація деяких частинок починається вже при малих тиску, навіть в момент засипання порошку в прес-форму, в той час як рух окремих частинок має місце і при значних навантаженнях.

Задана пористість 20% отримана при тиску 4 т/см^2 , тобто при зусиллі 10 т.

Отриманий після пресування брикет піддавали спіканню, в процесі якого відбувається перетворення нетривкого брикету, спресованого з порошків, в міцне спечене тіло з властивостями, які наближаються до властивостей компактного матеріалу.

При спіканні відбувається перш за все зростання міжчасткових контактів, завдяки заліковування пір, і, в результаті, матеріал ущільнюється, набуваючи механічну міцність. Це є наслідком протікання в спеченому тілі при нагріванні цілого ряду явищ: поверхневої і об'ємної дифузії, усадки, рекристалізації, відновлення поверхневих оксидів і т.д.

Перебіг явищ, які супроводжують спікання, істотно залежить від таких факторів, як температура, тривалість і атмосфера спікання.

З підвищенням температури щільність і міцність спечених виробів в загальному зростає і тим швидше, чим нижче був тиск пресування (див. рис. 2.7), температура спікання становить $0,7 - 0,8 T_{пл}$ найбільш легкоплавного матеріалу, що входить до складу шихти.

Витримка пресування при постійній температурі викликає спочатку різке, а потім більш повільне зростання щільності, міцності та інших властивостей спеченого виробу. Максимальна міцність досягається за досить короткий термін, а потім залишається практично незмінною.

Ми спікаємо виріб протягом 1 години і протягом 2 годин. Щільність виробу буде вище при спіканні пресовок в відновлювальній або нейтральному середовищі.

В якості нейтральної середовища був узятий аргон.

Визначення щільності стало методом контролю готових виробів. Це пояснюється тим, що параметри, що характеризують спечене виріб, в значній мірі залежать від відносної щільності зразків.

В результаті проведеної роботи отримана залізно-графітовий втулка із заданою пористістю 20%. Розроблено технологічний процес її виготовлення за наступними пунктами:

1. Порошок заліза, міді і графіт.
2. Змішування протягом 15 годин.
3. Пресування $P = 4 \text{ т/см}^2$
4. Спікання при $T = 950 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом 2-х годин.
5. Готова продукція.

2.8 Висновки

Застосування спечених залізо-графітових втулок забезпечує значну економію в сфері експлуатації, забезпечуючи високі споживчі властивості виробу.

Крім економії металів, при виготовленні вироби з металевих порошків значно спрощується виробничий цикл і знижується трудомісткість наслідок зменшення числа операцій і скорочення їх тривалості.

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

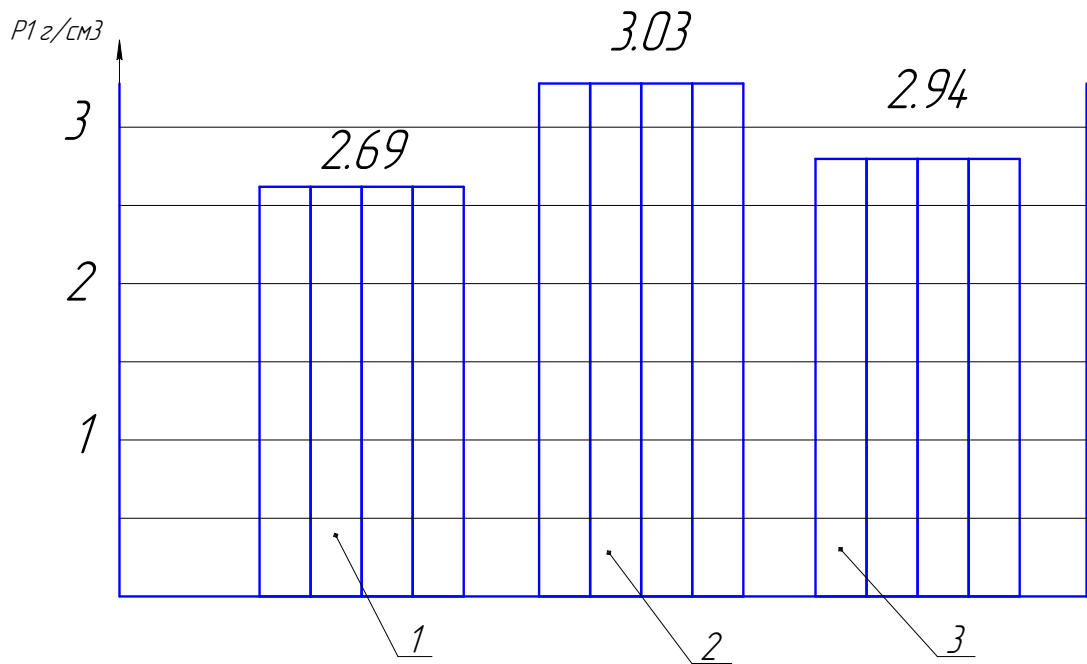
Для визначення режимів формування, дозування, спікання та регулювання технологічних параметрів деталі був проведений спектр досліджень параметрів залізного порошку марки ПЖРВ-3.200.26 по ГОСТ 4960-75, а також порошоків міді марки ПМС-1 ГОСТ 4960-75 и стеарата цинку ТУ-6-09-3567-75.

3.1 Дослідження насипної щільності порошоків

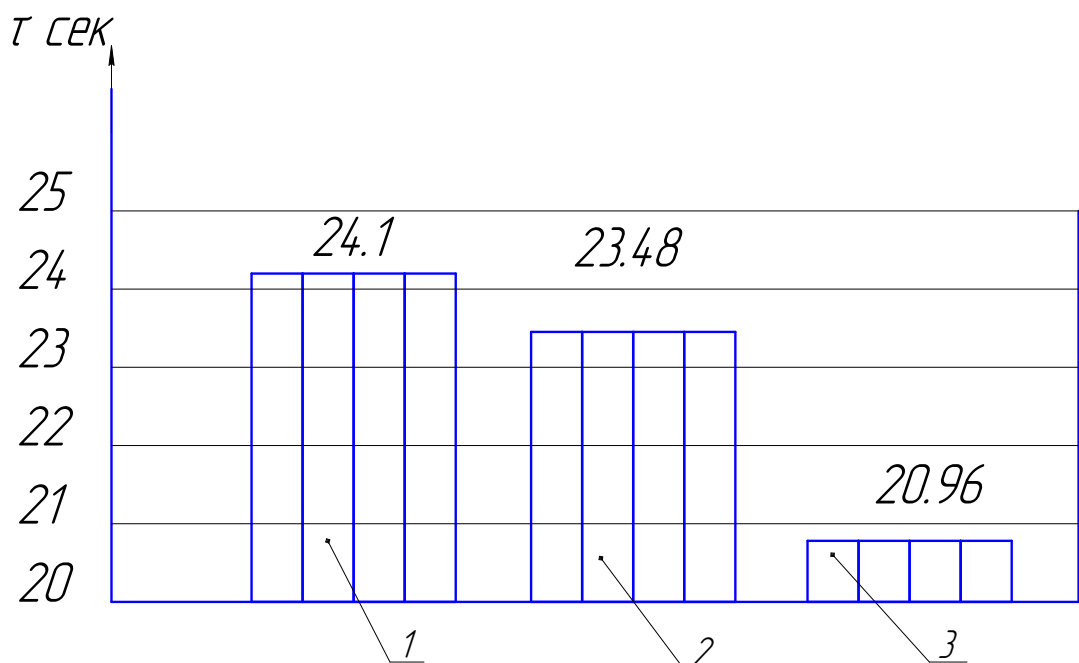
Дослідження насипної щільності шихти на основі залізного порошку і добавками мідного порошку і стеарата цинку проводилися за наступною методикою. Спочатку зважується сухий і чистий мірний стакан відомого об'єму. Потім через лійку в нього насипається досліджувана шихта до повного заповнення склянки. Надлишки знімаються металевою лінійкою. Стакан з шихтою зважується.

Від ваги склянки з шихтою віднімається вага склянки, і отриманий вага шихти ділиться на об'єм склянки - отриманий результат є насипний щільністю порошкового матеріалу.

Були досліджені такі композиції: порошок ПЖРВ-3.200.26, що має насипну щільність $2,60 \text{ г/см}^3$, ПЖРВ- 3.200.26+3% ПМС-1 – $3,03 \text{ г/см}^3$, ПЖРВ 3.200.26+0,5% стеарата цинку – $2,94 \text{ г/см}^3$ (рисунок 3.1)

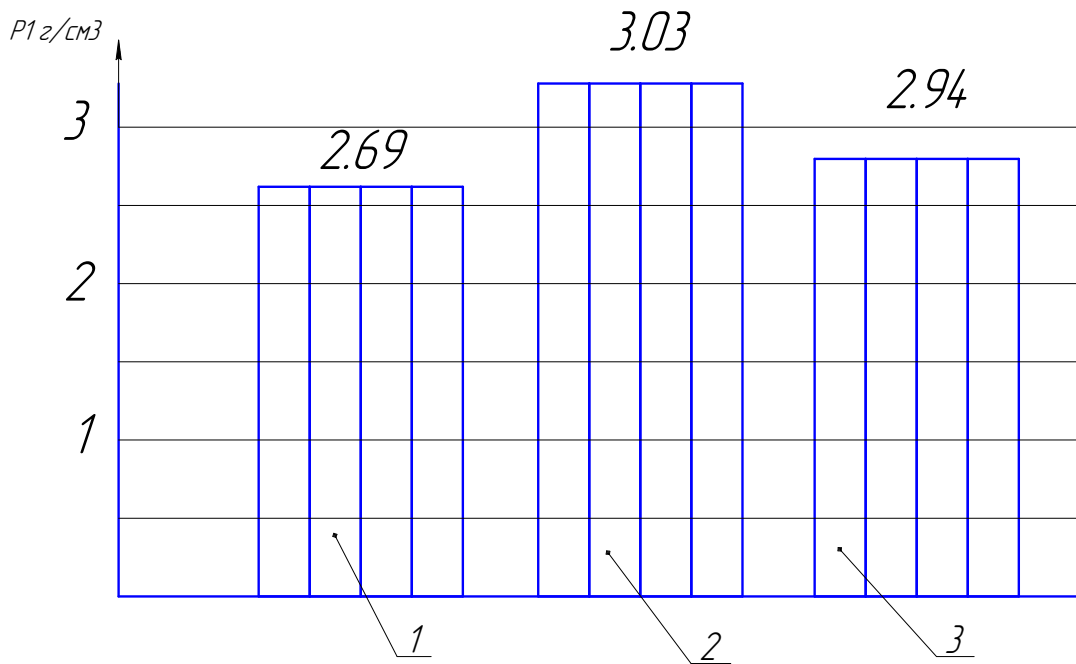


1-ПЖРВ-3.200
 2-ПЖФ-3.200+3% ПМС-1
 3-ПЖФ-3.200+0,5% стеората Zn

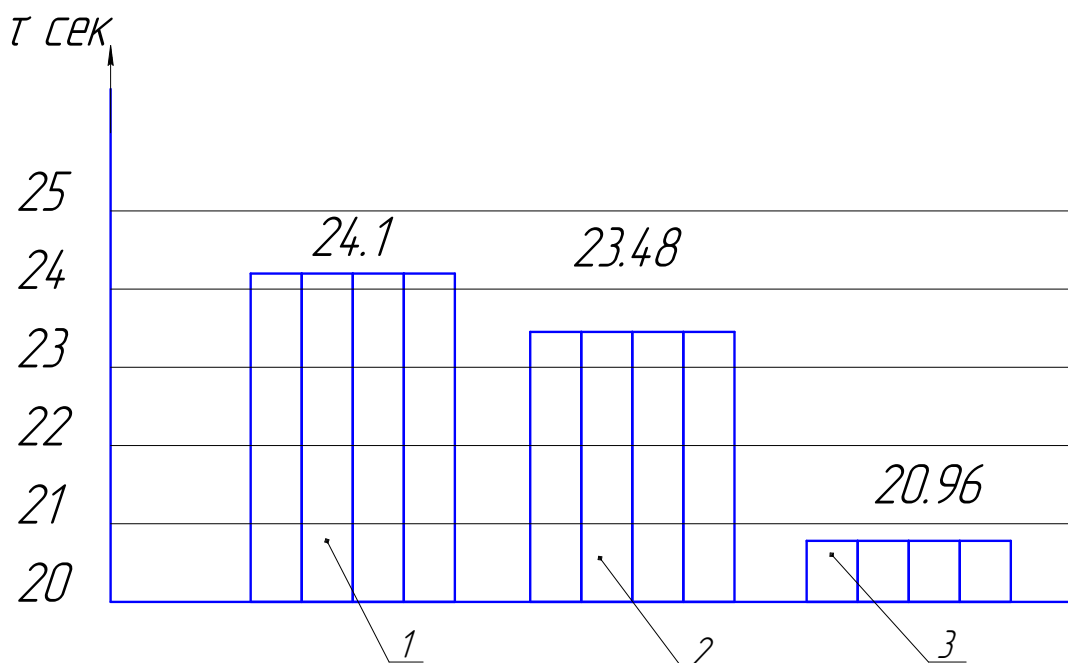


1-ПЖРВ-3.200
 2-ПЖФ-3.200+3% ПМС-1
 3-ПЖФ-3.200+0,5% стеората Zn

Рисунок 3.1 – Насипна щільність шихти



- 1-ПЖРВ-3.200
 2-ПЖФ-3.200+3% ПМС-1
 3-ПЖФ-3.200+0,5% стеората Zn



- 1-ПЖРВ-3.200
 2-ПЖФ-3.200+3% ПМС-1
 3-ПЖФ-3.200+0,5% стеората Zn

Рисунок 3.2 – Плинність шихти

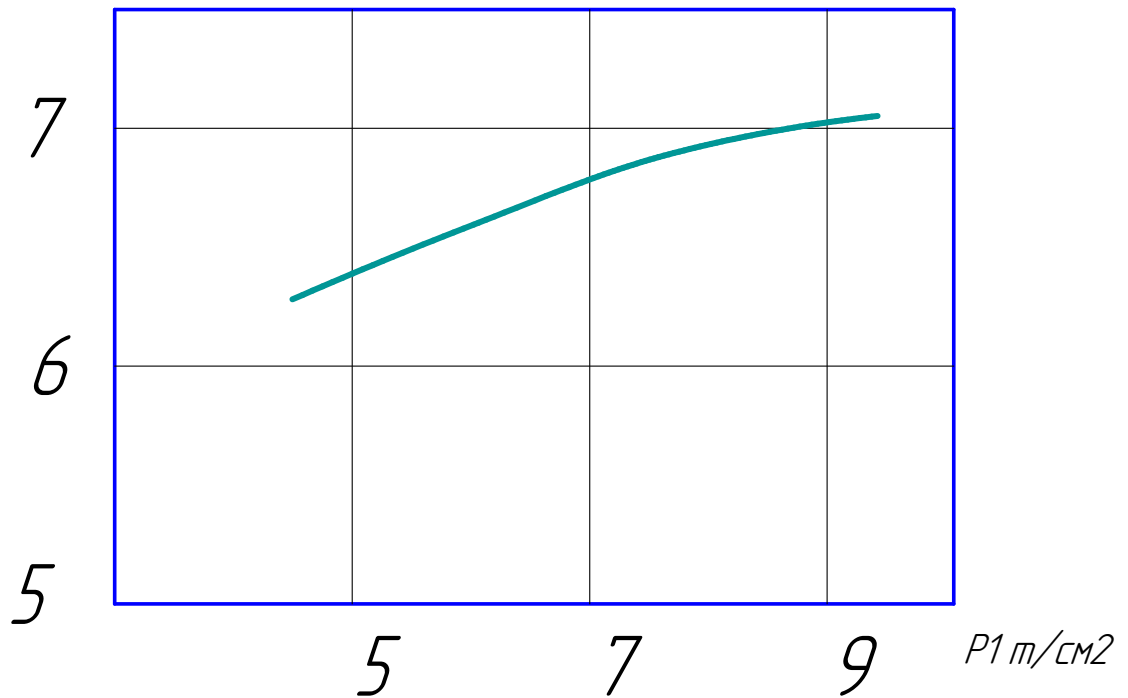
$P1 \text{ г/см}^3$ 

Рисунок 3.3 – Ущільнення шихти ПЖРВ-3.200+3%ПМС-1

3.2 Дослідження плинності порошків

У воронку з кутом 60° і отвором діаметром 2,5 мм насипається 0,05 кг порошку. Отвір відкривається одночасно з увімкненням секундоміра. Після повного закінчення порошку з воронки засікається час.

Відкоригований час визначається за формулою:

$$\tau = K \cdot t$$

Де, K – поправочний коефіцієнт (0,633);

t – время истечения порошка, сек.

Були дослідженні чистий порошок ПЖРВ- 3.200.26 що має час течії (відкоригований) 24,1 сек., ПЖРВ- 3.200.26+3% ПМС-1 – 23,48 сек.; ПЖРВ - 3.200+0,5% стеарата цинка – 20,96 сек. (рисунок 3.2)

3.3. Дослідження ущільнення залізних порошків

Були проведені дослідження ущільнення залізного порошку з 3% мідного порошку при тисках 500, 700 900 МПа. Зразки пресувалися в прес-формі з діаметром отвору 30 мм.

Результати досліджень представлені в графічній формі (рисунок 3.3). Виходячи з результатів досліджень, можна зробити висновок, що щільність композиції ПЖРВ-3.200.26+3% ПМС-1 при збільшенні тиску з 500 до 900 МПа істотно не змінюється.

4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок деталей прес-форм на міцність

Розміри таких деталей прес-форм, як пуансони, упори обумовлюються величиною осьового тиску, а товщина стінок матриці - величиною бічного тиску пресування. [5]

4.1.1 Тиск пресування

Повний тиск пресування складається з витрат тиску на ущільнення порошку і втрат тиску на зовнішнє тертя частинок об стінки матриці.

Витрати тиску на ущільнення порошку:

$$P_{\text{пр.}} = P_{\text{х}} \frac{3,14}{4} (D^2 - d^2)$$

Питоме зусилля вибираємо за результатами проведених досліджень щодо заданої щільності.

задана щільність 6,2 г/см³

Тиск пресування 300 МПа

$$P = 300 \cdot \frac{3,14}{4} (D^2 - d^2) = 300 \cdot \frac{3,14}{4} (20,6^2 - 8^2) = 30,05 \text{ т}$$

Втрати на тертя складають 30% від зусилля пресування $P_{\text{тр}}=9,0\text{т}$

Визначаємо тиск пресування: $P_{\text{об.}}=P_{\text{пр.}}+P_{\text{тр}}=30,05+9,0= 39,05 \text{ т}$

Так як на практиці завжди прагнуть зменшити втрати тиску на зовнішнє тертя, тому таке збільшення зусилля пресування буде цілком достатнім, щоб розрахувати деталі прес-форми з необхідним запасом міцності.

4.1.2 Бічний тиск

Величина бічного тиску залежить від матеріалу пресованої шихти і заданої щільності виробу.

Значення бокового тиску можна знайти, помноживши значення питомої зусилля на коефіцієнт бокового тиску. Коефіцієнт бокового тиску знаходження за формулою:

$$\zeta = C \cdot \gamma^m$$

де, $C = 0,00153$;

$m = 2.85$;

γ – насыпная плотность ($6,2 \text{ г/см}^3$);

$\xi = 0,00153 \times 6,2^{2,85} = 0,26$;

$P_6 = P \times \xi = 30,05 \times 0,26 = 7813 \text{ кг}$.

4.1.3 Розрахунок матриці

Матриця являє собою циліндр, який навантажений внутрішньому тиском на частині його довжини. Вважаємо, що тиск розподіляється

рівномірно, а матеріал матриці однаково працює як на розтяг, так і на стиск. Для деталі, що знаходиться в двухосном напруженому стані, з теорії найбільших дотичних напружень, еквівалентне напруження одно:

$$\sigma_{\text{екв.}} = \sigma_1 - \sigma_3$$

де в нашому випадку $\sigma_1 = \sigma_\tau$, а $\sigma_3 = \sigma_r$,

де σ_τ та σ_r - відповідно дотичне та нормальне напруження.

Для обчислення цих напружень застосуємо формули Ляме. Дійсне напруження і деформації поперечних шарів матриці при пресуванні порошкових матеріалів будуть дещо менше розрахункових, так як тиск додається тільки на частину довжини матриці. Відповідно до формул Ляме найбільшу напругу мають місце на внутрішній поверхні. $\sigma_r = -p_b$

$$\sigma_\tau = P_b \cdot \frac{a^2 + 1}{a^2 - 1}$$

де P_b – бічний тиск на стінку матриці;

$$a = \frac{r_n}{r_b}$$

де r_n - зовнішній радіус матриці;

r_b - внутрішній радіус матриці.

Після підстановки значень σ_τ та σ_r в формулу знаходимо $\sigma_{\text{екв.}}$

$$\sigma_{\text{екв.}} = P_b \cdot \left(\frac{a^2 + 1}{a^2 - 1} + 1 \right)$$

Умови міцності визначаються залежністю:

$$\sigma_{\text{экв.}} \leq [\sigma_p]$$

де, $[\sigma_p]$ - допустиме напруження на розрив для матеріалу матриці; для сталі з яких зазвичай виготовляють матриці ця величина знаходиться в межах $1500 \div 2000 \text{ кг/см}^2$.

З вищезазначеного слідує, що:

$$a = \sqrt{\frac{[\sigma_p]}{[\sigma_p] - 2P_6}} = \sqrt{\frac{1500}{1500 - 2 \cdot 2,8}} = 1,01$$

Відповідно вирахуємо:

$$\sigma_{\text{экв.}} = 7,8 \left(\frac{1,01 + 1}{1,01 - 1} + 1 \right) = 1575,6 \text{ кг/см}^2$$

$$1575,6 \leq (1500 \div 2000 \text{ кг/см}^2)$$

Таким чином, умови міцності виконуються.

4.1.4 Розрахунок пуансонів

При роботі пуансони стискаються і мають подовжній вигин. Вони виготовляються, з інструментальної сталі марки Х12МФ.

Напруження, що допускається при стисненні для загартованої сталі, має значення

$$[\sigma_{сж.}] = 1760 \text{ МПа}$$

На стиснення пуансони перевіряються за формулою:

$$\sigma_{сж.} = \frac{P}{S_p} \leq [\sigma_{сж.}]$$

де $\sigma_{сж.}$ – напруження стиснення, що виникає у пуансоні;

S_p – площа найменшого перерізу пуансону;

p – тиск пресування;

$[\sigma_{сж.}]$ це допустиме напруження на стиск для загартованої сталі

$$\sigma_{сж.} = \frac{30050}{226,86} = 132,46 \text{ кг/мм}^2$$

$$132,46 \leq 176 \text{ кг/мм}^2$$

Довгі і тонкі пуансони, що мають довжину більше трьох діаметрів необхідно перевіряти на поздовжній вигин. Сила, при якій може початися вигин пуансона, називається критичною навантаженням $P_{кр.}$ та визначається за формулою:

$$P_{кр.} = \frac{\pi^2 E \cdot J_{\min}}{4l^2} \text{ - для верхнього пуансону;}$$

$$P_{кр.} = \frac{2\pi^2 E \cdot J_{\min}}{l^2} \text{ - для нижнього пуансону}$$

де $P_{кр.}$ - критичне навантаження, при якому може початися вигин пуансону;

E – модуль пружності (для інструментальної сталі $E=2,1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$)

J_{\min} - момент інерції найменшого перерізу пуансону;

l – довжина вільної частини пуансону (що дорівнює довжині від пуансона тримача до середини західної частини пуансону).

Напруження, що виникають при поздовжньому згині, будуть менше межі пропорційності за умови, якщо

$$P \leq \frac{P_{кр.}}{\Pi}$$

де P – повне зусилля пресування;

Π – коефіцієнт безпеки (для загартованої сталі $\Pi=2\dots3$.)

Для верхнього пуансону вираховуємо $P_{кр.}$:

$$P_{кр.} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 2,27}{4 \cdot 6,5^2} = 2,78 \cdot 10^5 \text{ кг}$$

$$\frac{2,78 \cdot 10^5}{3} = 90000 \geq 29600 \text{ кг}$$

Для нижнього пуансону:

$$P_{кр.} = \frac{2 \cdot 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{4 \cdot 13^2} = 0,556 \cdot 10^5 \text{ кг}$$

$$\frac{0,556 \cdot 10^5}{3} = 185000 \geq 29600 \text{ кг}$$

4.1.5 Розрахунок прес-форми для холодного пресування

Вихідні дані для проектування прес-форми для деталі втулка:

- сировина - залізний порошок марки ПЖРВ-3.200.26 з добавкою 1,5% С + 3% Сu + 0,5% стеарату цинку; задана щільність деталей;
- задана щільність деталі дорівнює $6,25 \pm 0,5$ г / см³;

- технологічна схема виготовлення деталі - приготування шихти, холодне пресування при 490 МПа, спікання при 1100⁰ С протягом двох годин, калібрування по радіальних розмірам;
- усадка по лінійним розмірам при спіканні дорівнює 0,3%;
- об'ємна усадка при спіканні дорівнює 1%;
- насипна щільність порошку 2,64 г / см³;
- пружня післядія по зовнішньому, внутрішньому діаметрам і висоті відповідно дорівнює 0,18, 0,10% і 3%;
- зменшення маси пресування при спіканні дорівнює 1%;
- приріст щільності при калібруванні дорівнює 2%;
- пружні післядії по лінійним розмірам після калібрування склали 0,02%.

4.1.6 Розрахунок параметрів деталі

Площа поперечного перерізу деталі:

$$F = 0,785 (D^2 - d^2) = 0,785(20,6^2 - 8^2) = 12,95 \text{ см}^2.$$

Об'єм готової деталі:

$$V_d = F \times H = 12,95 \times 20,6 = 25,6 \text{ см}^3.$$

Об'єм деталі після спікання буде рівна:

$$V_{\text{сп.}} = V_d (1 + \chi / 100) = 25,6 (1 + 2 / 100) = 25,65 \text{ см}^3.$$

Об'єм пресованої деталі складе:

$$V_{\text{пр.}} = V_{\text{сп.}}(1+\xi/100) = 25,65 (1+1/100) = 25,63 \text{ см}^3.$$

Маса деталі складе:

$$G_{\text{дет.}} = \rho_{\text{д.}} \times V_{\text{д.}} = 6,25 \times 25,6 = 160,16 \text{ г.}$$

Маса пресовки рівна:

$$G_{\text{п.}} = G_{\text{дет.}} (1 + \xi/100) = 160,48 \text{ г.}$$

Маса порошку складе:

$$G_{\text{н.}} = 1,02 \times G_{\text{п.}} = 163,69 \text{ г.}$$

Ступінь ущільнення порошку:

$$K_{\text{п.}} = \rho_{\text{д.}} / \rho_{\text{н.}} = 2,36$$

Щільність пресовки після спікання рівна:

$$P_{\text{сп.}} = \rho_{\text{д.}} (1 - \xi/100) = 6,26 \text{ см}^3$$

Щільність пресовки складе:

$$P_{\text{сп.}} = G_{\text{п.}} / V_{\text{пр.}} = 160,48/25,63 = 6,26 \text{ г/см}^3.$$

4.1.7 Розрахунок виконавчих розмірів прес-форми

Висота матриці буде рівна:

$$H_{\text{м.}} = K_{\text{п.}} \times H_{\text{пр.}} + h_{\text{н.п.}} = 2,36 \times 20,6 + 11,2 = 57,69 \text{ мм};$$

де $h_{\text{н.п.}} = 11,2 \text{ мм}$ – мінімальна висота заходу пуансона в матрицю.

Максимальні і мінімальні допустимі розміри порожнин матриці при калібруванні:

$$D_{\text{max.}} = D_{\text{max.}} (1 - \varepsilon_{\text{r}}/100) = 46,615 \text{ мм}$$

$$D_{\text{min.}} = D_{\text{н.}} (1 - \varepsilon_{\text{k}}/100) = 45,202 \text{ мм.}$$

4.2 Матеріали, що застосовуються для виготовлення прес-форми

Для матриць, що працюють у важких умовах абразивного зносу, застосовують сталі марок 3X2B8ФА, ДІ-22, ДІ-23, загартовані до твердості HRC 43 ... 46 і піддані азотуванню на глибину 0,2-0,3 мм, з твердістю поверхневого шару HRA 83 ... 85. Процес азотування протікає при $515 \pm 100 \text{ C}$. Матеріали для виготовлення прес-форм представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Матеріали, що застосовуються для виготовлення прес-форми

Деталь	Марка матеріалу	Твердість		
		матриця	пуансон	стрижень
Матриці, стрижні	3Х2В8ФА ДИ22	HRC 44-48 А 0,2-0,3 мм HRA 83-85	HRC 44-48 А 0,2-0,3 мм HRA 83-85	HRC 44-48 А 0,2-0,3 мм HRA 83-85
Матриці, пуансони, стрижні простої форми	9ХС, ХВГ, 9ХВГ, Х6ВФ, 8ХФ, ШХ15, 5ХВ2С, Х12М, Х12Ф1, Х12	HRC 62-64	HRC 54-58	До 10 мм HRC 50-52, Х0,15-0,020 більше 10-20 мм HRC 54-58 більше 20 мм HRC 56-60
Матриці, пуансони, стрижні тонкими стінками	Х12М, Х6ВФ	HRC 60-62	HRC 54-58	До 10 мм HRC 50-52, більше 10-20 мм HRC 54-58 більше 20 мм HRC 56-60
Пуансони, що мають виступи, та фаски	40Х, 5ХНМ		HRC 48-50 HRC 43-45	
Стрижні перерізом до 4 мм довжиною більш 150 мм	60С2А, 50ХФА 65Г			HRC 44-48

Перші 8-10 годин ступінь дисоціації аміаку підтримується на рівні 10-20%, потім її підвищують до 25-40%. Тривалість азотування становить 40 годин з часу досягнення робочої температури. Потім піч вимикають, деталі охолоджують разом з піччю до 200⁰ С при безперервної подачі аміаку; нижче 200⁰ С охолодження відбувається без подачі аміаку.

При виготовленні матриці зі сталі ШХ15, 9ХС, ХВГ, 9ХВГ, Х12, Х12М, Х12Ф1, Х12Ф твердість їх повинна становити HRC 62 ... 64, так як матриці з твердістю менше HRC-62 швидко зношуються. Матриці, що мають складний профіль, виготовляють зі сталі марок ХВГ, 9ХВГ і 9ХС, мало деформуються при термообробці. Промисловість зарубіжних країн застосовує, для виготовлення матриць швидкорізальні сталі типу Р18 з азотуванням робочих поверхонь. Досвід показує, що застосування сталі марок У-8А, У-10А, 8ХФ для матриць складної форми недоцільно через великі внутрішні напружень при загартуванні.

Стійкість інструменту визначається числом спресованих на ньому деталей. На стійкість інструменту впливає наступні фактори:

- технологічність конструкції пресованої деталі;
- властивість пресованого порошку;
- конструкція прес-форми;
- матеріал інструменту;
- якість виготовлення інструменту;
- умови експлуатації прес-форм.

Підвищення стійкості пресового і калібруючого інструменту є однією з важливих задач, які необхідно враховувати при його виготовленні, ремонті та експлуатації, що дозволяє значно скоротити втрати робочого часу на ремонт, виготовленні і переналагодження і знизити простої устаткування.

За умови масового виробництва спечених деталей з жорсткими допусками доцільність виготовлення твердосплавного інструменту не викликає сумнівів, незважаючи на високу вартість твердих сплавів і

труднощі їх обробки. Для виготовлення твердосплавного інструменту застосовують тверді сплави марок ВК2, ВК4, ВК6, ВК8, ВК11, ВК15, ВК20. Якщо перші три марки мають високу стійкість, то останні три - велику в'язкість. Таким чином, при виготовленні твердосплавного інструменту вибір тієї чи іншої марки твердого сплаву залежить від конфігурації пресованого виробу та прес - інструменту.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при дослідженні технологій ущільнення брикетів з порошкових матеріалів із заданою пористістю.

5.1. Аналіз потенційних небезпек

а. Порушення вимог ергономіки стосовно, організації робочих місць дослідів в приміщенні дослідницької лабораторії;

б. Ураження електричним струмом у результаті порушення правил електробезпеки, несправності електрообладнання, відсутності захисного заземлення;

в. Вплив електромагнітних полів від монітору комп'ютера, що призводить до підвищеного стомлення, зниження працездатності;

в1. Негативний вплив статичної електрики внаслідок наявності ЕМП, що може призвести до розвитку алергічних реакцій;

г. Небезпеки які притаманні виконанню дослідницьких робіт з модернізації технології ущільнення брикетів з порошкових матеріалів;

г. Недостатнє освітлення робочої зони при недотриманні ДБН В.2.5-28-2006, визиває погіршення зору, підвищує кількість помилок;

д. Невідповідність значень параметрів мікроклімату зазначених у ДСН 3.3.6.042-99 „ Державні санітарні норми параметрів мікроклімату”, що знижує працездатність, погіршує самопочуття, може призвести до профзахворювань;

е. Можливість загоряння внаслідок порушень правил пожежної безпеки, короткого замикання електропроводки, тощо;

є. Непоінформованість персоналу у відповідній послідовності дій в умовах надзвичайної ситуації, що призводить до травмування та до інших непередбачених негативних наслідків.

Ці проблеми можуть вирішуватися комплексно як з позицій ергономічних вимог до умов праці (покращення робочих місць, засобів управління тощо), так і з позицій суворого підтримання регламенту режимів праці і відпочинку, цілеспрямованою профорієнтацією, тощо.

5.2 Заходи з забезпечення безпеки

а. Виробниче середовище в приміщеннях сполучають в собі раціональні архітектурно-планувальні рішення, найбільш оптимальні санітарно-гігієнічні умови, науково обгрунтоване кольорове фарбування.

Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 здійснено наступні вимоги до приміщення ОЦ:

площа, відведена на одне робоче місце не менше 6 м²;

Згідно ГОСТ 12.2.032-78"СС. Робоче місце при виконанні работ сидячи. Загальні ергономічні вимоги ” конструкція робочого місця повинна забезпечувати оптимальне положення співробітника ,що досягається за рахунок регулювання висоти сидіння та підставки для ніг. Підставка для ніг повинна регулюватися по висоті . Ширина повинна бути не менше 300 мм, довжина – не менш 400мм. Поверхня підставки повинна бути рифленою. По передньому краю слід передбачити борти висотою 10мм.Важливим фактором є простір під столом ,його має бути досить , щоб можна було зручно згинати та розгинати коліна. Стіл повинен мати криволінійну форму. Крісло повинно забезпечити фізіологічно раціональну робочу позу , при якій порушується циркуляція крові і не було іншого шкідливого впливу . Для цього необхідно ,

щоб у крісла була пружна спинка анатомічної форми, яка зменшить навантаження на хребет. Також крісло обов'язково повинно бути з підколінниками і мати можливість повороту, зміни висоти і кута нахилу сидіння і спинки. Монітор повинен розташовуватись на робочому столі прямо, і віддаленням від очей мінімум на 50-60 см . Верхня границя екрану повинна бути на рівні очей або не нижче 15 см від рівня очей . Клавіатура повинна розташовуватися в 10-15 см (в залежності від довжини ліктя) від краю стола. Глибина стола повинна дозволяти повністю положити лікті на стіл , відсунути клавіатуру до монітора.

б. При роботі у головним небезпечним чинником є вплив на персонал електричного струму.

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом, відповідно до ПУЕ «Правила улаштування електроустановок», приміщення ОЦ відноситься до категорії приміщень без підвищеної небезпеки.

Заходи по забезпеченню електробезпеки розроблено у відповідності до ГОСТ 12.1.019-90 ССТБ (Электробезопасность. Общие требования) і ГОСТ 12.1.030-91 ССТБ (Электробезопасность. Защитное заземление, зануление). За способом захисту людини від ураження електричним струмом – відео термінали, ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ відповідають першому класу захисту згідно з ДСТУ 12.2.007- 75 та ГОСТ 25861-83 «Машины вычислительные и системы обработки данных. Требования электрической и механической безопасности и метода испытаний» та заземлені відповідно до ДНАОП 0.00-1.21-98.

Для забезпечення електробезпеки у використано наступні технічні заходи та засоби електробезпеки:

- ізоляція струмопровідних частин згідно ДСТУ 12.2.007-75 «Система стандартів безпеки праці. Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки»;
- недоступність струмопровідних частин;
- захисне відключення за ДСТУ 12.2.007- 75;
- ізоляція струмопровідних частин за НАОП 40.1-1.01-97 " Правила безпечної експлуатації електроустановок ";
- захисне заземлення за ГОСТ 12.1.0030-81 ССБТ «Захисне заземлення , занулення», НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»;
- блокування, занулення за ПУЕ-2015;
- захисне розділення електричних мереж ДСТУ ІЕС 61140:2005 «Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання (ІЕС 61140:2001, ІДТ)»;
- компенсація ємнісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів тощо.

Електромережа у приміщенні , у відповідності до ГОСТ 12.2.007.0-75 «Изделия электротехнические. Общие правила безопасности», вмикаються/вимикаються за допомогою пускової апаратури.

У цехах передбачено використання тільки трьохполюсних розеток, один з полюсів яких підключено до шини захисного заземлення. З цим полюсом електрично-з'єднані металеві частини обчислювальних машин, які можуть опинитися під напругою.

Кожний блок живлення комп'ютера або периферійного пристрою має сітьовий фільтр. Конденсатори цього фільтру призначені для шунтування високочастотних перешкод живильної мережі на землю через дрiт «земля» трьохполюсної вилки та розетки. Цей дрiт може бути з'єднаний з заземлюючим контуром і з «нулем» силової мережі. При відсутності гальванічного зв'язку заземлюючого дроту з шиною захисного заземлення,

на корпусі електронного пристрою може з'явитися напруга порядку 110 В, внаслідок поділу напруги мережі 220 В конденсаторами сітьового фільтру, що працює у даному випадку як ємнісний роздільник напруги.

При з'єднанні двох електронних засобів (наприклад, комп'ютера та принтера) інтерфейсним кабелем, загальний дріт інтерфейсів послідовних та паралельних портів зв'язаний зі «схемною землею» і корпусом електронного засобу. Тому, для усунення проблеми різності потенціалів, електронні засоби надійно заземлені через окремий дріт на загальний контур.

При підключенні електронних засобів до мережі живлення, виключено застосування сітьових дротів з двохполюсною вилкою для підключення до трьохполюсної розетки. В іншому випадку може виникнути різність потенціалів, що призведе до виходу електронної апаратури зі строю.

Електрична ізоляція забезпечується конструкціями пристроїв і способами їхнього підключення. Відповідно до ПУЕ в електроустановках до 1000 В мінімальне значення опору ізоляції силових і освітлювальних електропроводок на ділянці між суміжними запобіжниками або за останніми запобіжниками між будь-яким проведенням і землею становить не менш 0,5МОм.

в. Рівні електромагнітного випромінювання та магнітних полів відповідають вимогам ГОСТ 12.1.006 «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля», СН 3206-85 «Гранично допустимі рівні магнітних полів частотою 50 Гц» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Джерелами електромагнітних випромінювань (ЕМВ) є:

- блоки живлення від мережі (частота - 50 Гц);
- система кадрової розгортки (5 Гц - 2 кГц);

- система рядкової розгортки (2-400 кГц);
- блок модуляції променя ЕПТ (5-10 МГц).

Для зниження негативного впливу електромагнітного випромінювання згідно ДСНіП № 239-96 «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» та ГОСТ 12.1.006-84. «Допустимые поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» здійснено:

- використання на робочому місці відеотерміналів, що відповідають сучасним вимогам захисту від випромінювань;
 - встановлення на відеотерміналах старої конструкції (випуск до 1995 року) заземленого при екранного фільтру;
 - не переобтяжувати приміщення значною кількістю робочих місць з відеотерміналами;
 - зменшення інтенсивності опромінення безпосередньо від самого джерела за рахунок регулювання, настройки та випробування передавачів РЛС і генераторів НВЧ, а також за допомогою поглинаючих покриттів (як правило фольгою);
 - повне або часткове екранування генераторів НВЧ - енергії відносно повністю або частково замкнутими екранами;
 - захист працюючих віддаленням робочого місця від джерела опромінення;
- застосування засобів індивідуального захисту тощо.

в1. Накопичена статична електрика, зокрема, на екрані монітора притягує пил, бруд та інші частини присутні в повітрі. Причому електризується не тільки екран, а і повітря на робочому місці, а також одяг користувача, особливо якщо він з синтетичного та шерстяного матеріалу.

В якості заходів захисту запропоновано:

- кілька разів на протязі робочого дня мити руки і обличчя водою, а після закінчення роботи вимити руки й лице з милом;
- щоденно протирати екран монітора, клавіатуру, пристрій «миша» та, якщо є, приєкранний фільтр антистатичною серветкою;
- щоденно в приміщенні з ПК проводити вологе прибирання;
- установити нейтралізатори статичної електрики;
- підтримувати у приміщенні вологість повітря зазначену в нормативних документах;
- користувачу ПК бажано носити одяг з природних (льняних) волокон, в т.ч. і шкарпетки.

г. При проведенні дослідницьких робіт по виготовленню пресованих виробів з порошкових матеріалів слід дотримуватися таких правил безпеки, а саме:

Приготування шихти:

- проводити зважування порошоків в витяжній шафі;
- завантаження та вивантаження шихти і порошоків проводити при вимкненому обладнанні і, зафіксованої рукоятці знімання муфти барабанів – змішувачів.

Спікання деталей:

- завантажувати деталі в піч за допомогою пристосування;
- при завантаженні та вивантаженні деталей надягати захисні спец. одяг та взуття;
- взуття з закритою ступнею з товстої шкіри просоченої рідиною яка перешкоджає швидкому займанню взуття при потраплянні на неї гарячих деталей або пристосувань.

5.3 Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці

г. Всі норми по освітленості визначені згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Природне освітлення здійснюється через віконні прорізи, при цьому коефіцієнт природної освітленості КПО не нижче 1,5% за нормами ДБН В.2.5-28-2006. Робочі місця у приміщенні розташовані подалі від вікон таким чином, щоб сонячне світло не потрапляло на екран монітору. Вікна оснащені сонцезахисною плівкою з металізованим покриттям.

У тих випадках, коли одного природного освітлення недостатньо, використовується штучне освітлення, Штучне освітлення в приміщеннях здійснюється системою загального рівномірного освітлення. При цьому штучне освітлення застосовують не тільки в темний, але й у світлий час доби.

Найбільш прийнятними для приміщень є люмінесцентні лампи ЛБ (білого світла) потужністю 20, 40 або 80 Вт, які встановлюються в світильники типу ЛПО.

При застосуванні люмінесцентних ламп дотримуються наступних умов:

- температура навколишнього повітря не повинна бути нижче за 5 °С;
- напруга на освітлювальних приладах повинна бути не менше ніж 90% від номінальної.

Допускається застосування ламп розжарення у світильниках місцевого освітлення. Загальне освітлення варто виконувати у виді суцільних чи переривчастих ліній світильників, розташованих збоку від робочих місць.

д. У приміщенні на робочих місцях з комп'ютерною технікою КТ нормалізація параметрів повітряного середовища забезпечується згідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих

приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88* «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», що наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 Норми мікроклімату для приміщень з КТ

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка -1а	22-24	40-60	0,1
	легка -1б	21-23	40-60	0.1
Тепла	легка -1а	23-25	40-60	0.1
	легка -1б	22-24	40-60	0.2

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщення ОЦ відповідають санітарно-гігієнічним нормам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень», що наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 Рівні іонізації повітря приміщень з КТ

Рівні іонізації повітря	Кількість іонів в 1 см ³ повітря	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Оптимальний рівень легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях підтримується за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів.

У приміщенні забезпечений приплив свіжого повітря, кількість якого визначається техніко-економічним розрахунком і вибором схеми системи

вентиляції. Мінімальна витрата повітря визначається з розрахунку 50...60 м³/год на одну людину, але не менш дворазового повітрообміну за годину.

Для забезпечення постійних параметрів мікроклімату встановлені побутові кондиціонери типу MITSUBISHI ELECTRONIC MSZ-GE35VA з холодопродуктивністю 4300 ккал/год. При невеликому забрудненні зовнішнього повітря кондиціювання приміщень здійснюється із перемінними витратами зовнішнього повітря й рециркуляційного.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

е. До первинних засобів тушіння пожеж, призначених для ліквідації невеликих загорянь використовуються пожежні стволи, внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники. Згідно НАПБ Б.03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» при захисті від пожежі приміщення з ПЕОМ використовуються вуглекислотні вогнегасники ВВК-1,4, ВВК-2 або аерозольні водопінні вогнегасники ВВПА-400.

Згідно з НАПБ Б.03.001-2004 приміщення з ПЕОМ необхідно оснащувати переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку один вогнегасник ВВК-1,4 або ВВК-2 або ВВПА-400 на три ПЕОМ, але не менше ніж один вогнегасник, перелічених типів на приміщення.

У випадку пожежі передбачено шляхи евакуації робітників проходи, проїзди, евакуаційні виходи у відповідності до ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Евакуаційні виходи розташовано розосереджено у кількості не менше двох на споруду.

Коридори та проходи, що призначені для евакуації, мають як можна меншу довжину та мінімальну кількість поворотів. На усій протяжності

проходу відсутні пороги або проміжні ступені, відповідно з СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания».

Важливу роль у забезпеченні безпечного виходу людей грає протидимовий захист евакуаційних ходів. У будинках висотою до 9 поверхів незадимлюваність сходових кліток на час евакуації досягається їхньою ізоляцією від підвалів, горищ і поверхів. Для цього влаштовані відособлені входи в підвали, вхід на сходову клітку з поверхів здійснюють через тамбур - шлюз із підпором повітря, відокремлюють горища від сходових кліток перекриттями з негорючих матеріалів.

5.5 Заходи з забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Порядок дій сил цивільного захисту у вогнищі хімічного ураження.

Вогнища хімічного ураження (ВХУ) виникають у результаті застосування супротивником ОР, а також при руйнуванні хімічно небезпечних об'єктів, які виготовляють чи використовують у технології СДОР (такі вогнища прийнято називати вторинними). При надходженні перших даних про виникнення ВХУ начальники і штаби ЦО оповіщають населення в зоні зараження і у районах, яким загрожує небезпека від хмари зараженого повітря, яка поширюється, ставлять завдання хімічній і медичній розвідкам, віддають розпорядження про проведення заходів щодо захисту населення, приймають рішення й організують проведення РІНР у вогнищах. До РІНР залучаються окремі батальйони спеціального захисту, підрозділи хімічного захисту військових частин ЦО, зведені загони (команди) протирадіаційного і протихімічного захисту, медичні формування, команди знезаражування й інші спеціально підготовлені й оснащені підрозділи і формування. Особовий склад сил ЦО, що вводиться у ВХУ, забезпечується

ЗІЗ органів дихання і шкіри, антидотами, індивідуальними протихімічними пакетами.

Першими у ВХУ для надання допомоги ураженим уводяться медичні підрозділи військових частин і формування медичної служби ЦО, а також підрозділи хімічного захисту та формування протирадіаційного і протихімічного захисту. Основні завдання цих сил – надання негайної медичної допомоги ураженим, їх евакуація на незаражену місцевість і проведення дегазації території, споруд і техніки. У першу чергу евакуюють людей, які не мають засобів захисту органів дихання, потім тих, хто має протигази і вже одержали першу медичну допомогу; в останню чергу евакуюють людей, укритих в обладнаних фільтровентиляційними установками сховищах.

При проведенні рятувальних робіт у вторинному вогнищі ураження основні зусилля спрямовуються на локалізацію джерел отруйної речовини і запобігання її подальшого надходження на місцевість і в повітря.

Підрозділи хімічного захисту і формування протирадіаційного та протихімічного захисту в період проведення рятувальних робіт у ВХУ дегазують ділянки місцевості і доріг, будинки і споруди, проводять санітарну обробку особового складу військових частин, формувань і населення, знезаражують їх засоби захисту й одяг. Черговість проведення цих робіт визначається начальником ЦО, виходячи з конкретної обстановки. Для санітарної обробки населення, яке евакуюється з ВХУ, і дегазації транспортних засобів поблизу маршрутів евакуації на незараженій місцевості підрозділами хімічного захисту частин ЦО розгортаються пункти спеціальної обробки.

РІНР у ВХУ виконуються в протигазах і засобах захисту шкіри. Тривалість роботи змін у ВХУ залежить, головним чином, від припустимого часу безупинного перебування в ЗІЗ. Щоб уникнути перегріву і виходу його з

ладу через теплові удари застосовують спеціальні комбінезони, що екранують, і поливання захисних костюмів водою.

Роботи проводяться з максимальною інтенсивністю до повного їх завершення в найкоротший термін, із залученням необхідної кількості сил і засобів та з дотриманням заходів безпеки. Заміна формувань здійснюється за рахунок резервів і залучення додаткових спеціальних формувань. У залежності від хімічної обстановки у вогнищах РІНР можуть проводитися послідовно (спочатку в окремих, найбільш важливих місцях) або одночасне на всій території ВХУ. Вогнища вважаються ліквідованими, коли перебування людей без засобів захисту в них стає безпечним. На період проведення робіт вогнище ураження оточується, встановлюється комендантська служба й організовується охорона громадського порядку.

Перелік посилань

1. П.А. Витязь - путь в науке /НАН Беларуси, Ин-т порошковой металлургии; редколл. О.В. Роман, Ф. Ильющенко, П.А. Витязь,- Минск: Беларус. Наука, 2006.-192 с.
2. П.А. Витязь, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин. Фильтрующие материалы: свойства, области применения, технология изготовления. Минск: НИИ ПМ с ОП, 1999,- 304 с.
3. Витязь, П.А. Пористые порошковые материалы и изделия из них/ П.А. Витязь, В.М. Капцевич, К. Шелег. - Минск: Высшая школа, 1987. - 164 с.
4. Пористые порошковые материалы с анизотропной структурой для фильтрации жидкостей и газов/Л.П. Пилинович [и др.]; под ред. П.А.Витязя. - Минск: Топик, 2005. - 252 с.
5. К.Е. Белявин, В.В. Мазюк, Д.В. Минько, В.К. Шелег. Теория и практика электроимпульсного спекания пористых порошковых материалов,- Минск: Ремико, 1977,- 180 с
6. Сравнение результатов измерения пористости различными методами / В.М. Капцевич, В.К. Шелег, В.В. Савич и др. // Порошковая металлургия [Киев]. - 1989. - №2,- С. 48-52.
7. Применение метода вихревых токов для исследования распределения пористости в порошковых проницаемых материалах-П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич и др.//Порошковая металлургия [Киев]. - 1984. -№5,- С. 58-60.
8. Исследование распределения пор по размерам в пористых порошковых материалах различными методами/В.М. Капцевич, В.К. Шелег, А.Н. Сорокина и др.//Порошковая металлургия [Киев].- 1987.-№3.-С.57-59.

9. Применение методов ртутной порометрии для исследования поровой структуры спеченных проницаемых материалов //П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин //Порошковая металлургия [Киев]. - 1980. - № 10. - С. 74-78.
10. Газопроницаемость порошковых материалов при различных режимах течения // П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич и др. // Порошковая металлургия [Киев]. - 1984. -№8,- С. 71-74.
11. Федорченко И.М. Основы порошковой металлургии / И.М. Федорченко, Р.А. Андриевский// Киев.-1963.-325с.
12. Раковский В.С.Порошковая металлургия в машиностроении/ В.С. Раковский, В.В. Саклинский// М., Машиностроение.-1973.- 378с.
13. Либенсон Г.А. Основы порошковой металлургии/ М., Металлургия.- 1975.- 412с.
14. Говтвян Д.О. Звіт з переддипломної практики/ Запоріжжя, НУ «Запорізька політехніка».-2019.-22с.