

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут
матеріалознавства та зварювання імені Є. О. Патона
Кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій БОГОМОЛ

«__» _____ 2023 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»
спеціальності 132 «Матеріалознавство»
на тему: «Виробництво антифрикційних матеріалів, що працюють в умо-
вах агресивних середовищ»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ФН-91
Дерманський Олександр Ігорович

Керівник:

старший викладач
Руденький С.О.

Консультант з економічно-організаційного розділу:

Доцент, к.е.н., доцент
Нараєвський С.В.

Консультант з охорони праці:

Професор, д.т.н., зав.кафедрою
Левченко О.Г.

Нормоконтроль:

Доцент, к. т. н., доцент,
Бірюкович Л.О.

Рецензент:

Доцент, к. т. н., доцент,
Дудка О.І.

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання
ім. Є. О. Патона
Кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Юрій БОГОМОЛ
« ___ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Дерманському Олександрю Ігоровичу

1. Тема проєкту «**Виробництво антифрикційних матеріалів, що працюють в умовах агресивних середовищ**», керівник проєкту старший викладач Руденський С. О., затвержені наказом по університету від «01» червень 2023 р. № 2122 – с

2. Термін подання студентом проєкту 21.06.2023р.

3. Вихідні дані до проєкту: плановий обсяг виготовленої продукції 775 тис. шт/рік; аналіз стану виробництва порошкових підшипників ковзання; технологічний процес повинен забезпечувати більш високі техніко-економічні показники в порівнянні з тими, що існують на сьогодні.

4. Зміст пояснювальної записки: технологічний розділ, будівельний розділ, спеціальний розділ, розділ з охорони праці, енергетичний, організаційно-економічний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): апаратурно-технологічна схема цеху, що проєк-

тується; план ділянки, що проектується із зазначенням на ньому місцезнаходження технологічного обладнання; гідравлічний піч; муфельна штовхальна електропіч.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний	Нараєвський С.В., доцент	15.03.2023	17.05.23
Охорона праці	Левченко О.Г., професор	15.03.2023	02.06.23

7. Дата видачі завдання 15.03.2023р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Літературний пошук. Вибір матеріалу для виготовлення підшипників ковзання	22.03.2023р.	
2.	Вибір технологічного процесу та його опис.	31.03.2023р.	
3.	Матеріальні розрахунки. Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання.	16.04.2023р.	
4.	Розробка будівельного розділу	26.04.2023р.	
5.	Розробка спеціального розділу	02.05.2023р.	
6.	Розробка розділу з охорони праці	10.05.2023р.	
7.	Розробка організаційно-економічного розділу	18.05.2023р.	
8.	Виконання графічної частини проєкту	24.05.2023р.	
9.	Оформлення дипломної записки	02.06.2023р.	

Студент
Керівник

Олександр ДЕРМАНСЬКИЙ
Сергій РУДЕНЬКИЙ

РЕФЕРАТ

У даному дипломному проєкті текстова частина складає 147 ст. 29 ілюстрацій, 34 таблиці, 40 літ. джерел.

АНТИФРИКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, ВТУЛКА, ПРЕСУВАННЯ, ПРОСОЧЕННЯ, СПІКАННЯ

Метою даного проєкту є розробка і створення втулки середньої навантаженості з антифрикційних матеріалів, що використовується в обладнанні для текстильної промисловості і працює в умовах агресивного середовища, а також проєктування ділянки по її виготовленню. Для досягнення цієї мети було використано технологічну схему з просоченням виробу сіркою та подальшим відпадом. У результаті проведеної роботи було обрано найоптимальнішу технологічну схему виготовлення втулки для підшипника ковзання та спроектовано ділянку по її виготовленню з дотриманням усіх необхідних вимог.

					ФН91.04.4230.003.01ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	РЕФЕРАТ	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Дерманський</i>					<i>4</i>	<i>1</i>
<i>Перев.</i>	<i>Руденький</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Бірюкович Л.О.</i>					КПІ імені Ігоря Сікорського каф. ВТМ та ПМ гр. ФН-91	
<i>Затв.</i>	<i>Богомол Ю.І.</i>						

ABSTRACT

The text part of this thesis project consists of 147 pages, 29 illustrations, 34 tables, and 40 references.

ANTIFRICTION MATERIALS, BUSHING, PRESSING, IMPREGNATION, SINTERING

The purpose of this project is to develop and create a medium-load bushing made of antifriction materials used in equipment for the textile industry and operating in an aggressive environment, as well as to design a site for its manufacture. To achieve this goal, we used a technological scheme with sulfur impregnation and subsequent annealing. As a result of the work performed, the most optimal technological scheme for the manufacture of a sleeve for a sliding bearing was selected and a section for its manufacture was designed in compliance with all the necessary requirements.

					ФН91.04.4230.003.01ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	<i>ABSTRACT</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Дерманський</i>					5	1
<i>Керівн.</i>	<i>Руденький</i>						
<i>Консульт.</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Бірюкович Л.О.</i>						
<i>Затв.</i>	<i>Богомол Ю.І.</i>				КПІ імені Ігоря Сікорського каф. ВТМ та ПМ гр. ФН-91		

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	12
1.1 Вибір технологічного процесу	12
1.1.1 Вибір матеріалу	12
1.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного процесу	16
1.1.3 Висновки та поставка задачі проектування.....	34
1.2 Опис технологічного процесу	35
1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції і технічних умов на неї.....	35
1.2.2 Вибір головних видів сировини і технічні умовин на неї.....	37
1.2.3 Опис технологічних операцій	38
1.2.4 Технологічний контроль і контроль якості операції	55
1.3 Розрахунок і складання матеріального балансу.....	57
1.4 Вибір і розрахунок кількості обладнання	64
1.4.1 Обладнання для просіву	65
1.4.2 Обладнання для відпалу після просіювання	67
1.4.3 Обладнання для пресування.....	70
1.4.4 Обладнання для спікання	72
1.4.5 Обладнання для просочення	74
1.4.6 Обладнання для відпалу після просочення	76
1.4.7 Обладнання для калібрування	77
2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ	81
2.1 Вимоги до будівель.	84

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ		
		<i>ПІБ.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробн.</i>	<i>Дерманський О.І.</i>				Зміст	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівн.</i>	<i>Руденький С.О.</i>					6	2
<i>Кон-сульт.</i>						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91	
<i>Н/Контр.</i>	<i>Бірюкович Л.О.</i>						
<i>Зав/каф.</i>	<i>Богомол Ю.І.</i>						

3	СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	88
3.1	Розрахунок розмірів прес-форми.....	88
3.2	Розрахунок матриці на міцність.....	90
3.3	Розрахунок пуансонів на міцність	91
3.4	Розрахунок голки на міцність	92
4	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	94
4.1	Характеристика об'єкту та умови його експлуатації	94
4.2	Аналіз шкідливих і небезпечних факторів	102
4.3	Реальні та нормативні фактори безпеки	108
4.4	Загальні вказівки до заходів з охорони праці.....	115
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	118
5.1	Розрахунок чисельності виробничих робітників	118
5.2	Визначення фондів заробітної плати.....	120
5.3	Розрахунок продуктивності праці	125
5.4	Розрахунок витрат енергії на технологічні цілі	126
5.5	Розрахунок капітальних вкладень	128
5.6	Визначення планової собівартості одиниці продукції	133
	ВИСНОВКИ.....	140
	CONCLUSIONS.....	141
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	142
	ДОДАТКИ.....	147

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Як метод порошкова металургія існує приблизно 170 років, засновником її вважається Петро Григорович Соболевський, котрий винайшов можливість отримання платини із порошків.

Інтенсивного розвитку порошкова металургія зазнала в останні десятиріччя. Але вже в 20-і роки минулого сторіччя були створені тверді сплави на основі карбіду вольфраму, а в період другої світової війни порошкова металургія посідала неабияке місце у створенні набоїв та інструменту.

З появою нових металургійних процесів виникла можливість і необхідність синтезу нових композиційних матеріалів, застосування яких дозволило різко підвищити міцність, жароміцність, втомну міцність, жорсткість, в'язкість руйнування конструкцій. Окрім того, стало можливим регулювати в широких межах теплофізичні, електричні, магнітні й інші властивості матеріалів, а цього потребують без винятку всі галузі сучасної техніки. Головні напрямки, за якими порошкова металургія може успішно конкурувати з іншими, такі:

- можливість виготовлення виробів практично без механічної обробки;
- отримання сплавів і композицій з унікальними властивостями, котрі не можна продукувати методами лиття (дисперсно-зміцнені сплави, псевдосплави, пористі матеріали і тощо);

Промислове виробництво спечених матеріалів з'явилося коли був організований випуск твердих сплавів. У 1957 почала розвиватися порошкова металургія заліза. Надалі стали випускати порошки кольорових металів, тугоплавких сполук і рідкоземельних елементів. На цій базі і виникло виробництво спечених матеріалів і виробів [5].

Встановлено, що переклад кожної тисячі тон виробів загальномашинобудівного призначення на виготовлення методом порошкової металургії дозволяє

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ		
		ПІБ	Підпис	Дата			
Розробн.	Дерманський О.І.				Вступ	Лист	Листів
Керівн.	Руденький С.О.					8	4
Консульт.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91	
Н/Контр.	Бірюкович Л.О.						
Зав/каф.	Богомол Ю.І.						

заощадити 1500 т металу, трудові ресурси 190 осіб, звільнити 80 металообробних верстатів [6].

У перший період появи спечені антифрикційні матеріали розглядалися лише як замітники таких традиційних матеріалів, як бабіти та бронзи. Вирішувалося завдання заміни у масовому виробництві підшипників із кольорових дефіцитних металів менш дефіцитними. Однак швидкий розвиток машинобудування висунув завдання створення нових антифрикційних матеріалів, що мають підвищену зносостійкість, низьке значення коефіцієнта тертя, здатність працювати при високих швидкостях і великих навантаженнях, а також в агресивних середовищах. Так, найважливішою проблемою в авіа- та авто-будівництві стала проблема антифрикційних матеріалів, здатних працювати без мастила, оскільки відмова від неї суттєво спрощує конструкцію машин, що полегшує їх обслуговування, особливо за низьких температур, і підвищує надійність роботи.

Для хімічної, атомної та інших галузей техніки необхідний антифрикційні матеріали, які у агресивних середовищах (кислоті, лугах, розплавлених металах, розпечених газах). Антифрикційні матеріали, здатні працювати в умовах глибокого вакууму, а також при температурах, близьких до абсолютного нуля, потрібні для ракетної та криогенної техніки. Антифрикційні матеріали, які працюють при підвищених температурах, потрібні в турбобудуванні та інших галузях техніки.

Основними вимогами до всіх антифрикційних матеріалів є мінімальний коефіцієнт тертя і висока зносостійкість. Ці властивості визначають мінімум втрати енергії у вузлах тертя та максимальний термін їхньої служби. Крім того, кожен матеріал у конкретних умовах роботи повинен бути, наприклад, стійкий проти окислення при підвищених температурах, мати високий опір корозії під час роботи в агресивних середовищах і т.д. [7].

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 виробу, до складу яких входять, крім основного елементу – залізного порошку,

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

мідь, графіт, фосфор, хром, нікель, кобальт, свинець, марганець, сірка, молибден, можуть працювати в умовах високих швидкостей, температур, з мастилом і без нього. 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 [8]. Але це дійсно тільки при відносно крупному масштабі виробництва, так як вартість пічного та пресувального обладнання доволі висока і необхідно повне завантаження обладнання. Крім того висока вартість прес-форм окупається тільки при їх максимальному припустимому зносі.

Підшипники ковзання являють собою найдавніший вид деталей, які здатні передавати крутний момент, забезпечуючи нормальну роботу механізмів.

Підшипник ковзання коштує відносно недорого. При цьому він застосовується в багатьох галузях людської діяльності. Такі різновиди конструкцій застосовують там, де використання підшипників кочення неможливо або не вигідно:

- у виробках, в яких вали працюють в умовах підвищеної вібрації і ударів. Наприклад, це можуть бути двигуни внутрішнього згорання, молоти, прокатні стани, інше;
- у конструкції валів великого діаметру. Це може бути система гідротурбін, прокатних станів і т. д.;
- у високошвидкісних агрегатах, наприклад, центрифугах;

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- у пристроях високої точності, наприклад, опори механізмів телескопів, мікроскопів, шпинделі верстатів та інше;
- у побутовій техніці, тихохідних машинах і механізмах, приладах, які працюють у воді або агресивному середовищі;
- у пристроях з малим розміром валів, наприклад, в годиннику, хронометрах і т. д [9].

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вибір технологічного процесу

1.1.1 Вибір матеріалу

Сучасна техніка пред'являє до властивостей матеріалів високі вимоги, обумовлені зростаючою інтенсивністю навантаження машин, при одночасній вимозі зменшення їх металоємності. Порошкові матеріали, в деяких випадках по своїм експлуатаційним характеристикам перевершують ті, які використовуються традиційно. Методами порошкової металургії можна отримувати абсолютно щільні вироби з тими самими механічними якостями як і в литих сплавах. Проте в даний час економічно вигідніше виготовляти порошкові деталі з деякою пористістю (в межах 5–20 %), хоча їх механічні властивості дещо нижчі. Доволі часто наявність деякого відсотку пор, просочених маслом, є корисним, так як зменшує тертя та знос, покращується прироблюваність та зменшується шум під час роботи. Зазвичай пори складають від загального об'єму 10–13 % (фрикційні матеріали), 15–35 % (антифрикційні матеріали), 25–50 % (фільтри) та більше 50 % до 95–98 % (високопористі так звані піноматеріали).

Порошкові антифрикційні матеріали призначені для виробництва деталей з низьким коефіцієнтом тертя (зазвичай не більше 0.3, а при наявності мастила менше 0.1). В основному вони працюють при граничному змащуванні, швидкостях ковзання $v \leq 6$ м/с та тиску $p \leq 25$ МПа, тобто при pv не більше 150–200 МПа. Їх структура має бути гетерогенною, дрібнозернистою і відповідати правилу Шарлі, тобто являти собою поєднання твердих і більш м'яких компонентів, причому одним з них, м'яким, в таких антифрикційних матеріалах є пори – складова з нульовою твердістю; до того ж пори можуть бути заповнені мастилом.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ		
		ПІБ.	Підпис	Дата			
Розробн.	Дерманський О.І.				Технологічний розділ	Лист	Листів
Керівн.	Руденький С.О.					12	69
Консульт.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91	
Н/Контр.	Бірюкович Л.О.						
Зав/каф.	Богомол Ю.І.						

Саме метод порошкової металургії найбільш ефективний для виготовлення антифрикційних виробів різного хімічного складу з гарною припрацьованістю, високою зносостійкістю, низьким і стабільним коефіцієнтом тертя, гарною опірністю схоплювання та іншими корисними якостями. Наявність пор дозволяє надавати антифрикційні властивості матеріалам, які в литому стані ними не володіють.

Корпус і вкладиш підшипників можуть бути рознімними або нерознімними.

Роз'єм полегшує монтаж підшипника, дає можливість регулювання зазорів у підшипнику або виконувати його ремонт шляхом повторного розточування вкладиша при його спрацюванні.

Прості за конструкцією і дешеві нерознімні конструкції підшипників, вкладиш яких являє собою втулку з антифрикційного матеріалу, запресовану в корпус.

Для змащення підшипників ковзання в основному використовують рідкі мінеральні масла: індустриальне, турбінне, авіаційне, циліндрове та ін. Рідкі масла рівномірно розподіляються по поверхні тертя, добре працюють в значному діапазоні температур, здійснюють охолоджуючу дію. Іноді використовують як мастило воду, наприклад, для змащення підшипників з вкладишами із текстоліту, ДСП, деревини, деяких інших пластмас, гуми іноді використовують воду.

Використовують також пластичні мастила, які герметизують підшипники, допускають підвищений тиск: солідоли, консталіни. Пластичні мастильні матеріали використовуються в широкому діапазоні температур і режимів експлуатації.

Тверді мастильні матеріали (дисульфід молібдену, графіт, слюда тощо) використовують в підшипниках, які працюють при високих і низьких температурах, в агресивному середовищі, при глибокому вакуумі, коли за умов роботи неможливо використовувати рідкі та пластичні мастила.

Газоподібні мастильні матеріали (повітря, газ тощо) використовують в підшипниках швидкохідних і малонавантажених валів (шпинделі шліфувальних

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

верстатів, центрифуги тощо). Переваги повітряного змащення – малі втрати потужності на тертя в підшипниках і тепловиділення.

Матеріал вкладишів підшипників повинен мати: низький коефіцієнт тертя і високий опір заїданню; достатню стійкість проти спрацювання поряд із здатністю до припрацювання; високі механічні характеристики, особливо опір до крихкого руйнування. При виборі матеріалу вкладиша ураховують, що в процесі експлуатації підшипників ковзання повинен спрацьовуватися матеріал вкладиша, а не цапфа вала, так як вартість вала значно більша вартості вкладиша. Довговічність вкладиша значно зростає при збільшенні твердості поверхні цапфи вала, тому цапфу обробляють до високої твердості поверхні цапфи вала, тому цапфу обробляють до високої твердості.

Для виготовлення вкладишів використовують такі матеріали:

- бронзи олов'яні Бр010Ф1, Бр06Ц6С3 та ін. мають найкращі антифрикційні властивості. Безолов'яні свинцеві БрС30, алюмінієво-залізні БрА9Ж3, БрА9Ж3А та ін. мають низький коефіцієнт тертя, високі механічні характеристики, але погано припрацьовуються, сприяють окисленню мастила, приводять до підвищеного спрацювання цапф. Широко використовуються в крупносерійному та масовому виробництві;
- латуні ЛКС80-3-3, ЛМцЖ52-4-1 та ін. ефективні при порівняно високому навантаженні, але низьких колдових швидкостях;
- бабіт на олов'янистій (Б6, Б16, Б83, Б89), свинцевій та інших основах є найкращим матеріалом для вкладишів. Бабіт добре припрацьовується, не окислює мастило, мало спрацьовує вал, стійкий проти заїдання, але він має низьку температуру плавлення (110 °С), крихкий, дорогий. Бабітом заливають тільки робочу поверхню вкладишів. Його використовують для відповідальних підшипників при середніх і важких режимах роботи;
- антифрикційні чавуни АЧК-1, АЧВ-2 та ін. мають достатньо високі антифрикційні властивості, але припрацьовуються гірше, ніж бронзи і латуні; використовуються в тихохідних і помірно навантажених підшипниках;

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- неметалеві матеріали: пластмаси антегміт, АТМ–2, фторопласт, текстоліт, капрон, нейлон, гума, тверді дерева мають низький коефіцієнт тертя, високу стійкість проти спрацювання (в 5...6 разів вищу, ніж бронзи). Неметалеві матеріали використовують у підшипниках спіральних класифікаторів гірничорудної промисловості, у насосах у хімічному машинобудуванні, у гідротурбінах [10].

Щоб підвищити властивості міцності матеріалів на основі заліза, їх зазвичай легують такими елементами, як вуглець, хром, нікель, мідь, фосфор, марганець і молібден в різних комбінаціях. Поліпшення властивостей тертя в сплавах на залізній основі сприяє введення графіту, сірки, сульфідів, селенідів, фторидів, срібла та його сплавів та ін.

Підвищення властивостей міцності сплавів на основі міді досягається легуванням оловом, залізом, нікелем, алюмінієм, фосфором і деякими іншими елементами. Антифрикційні властивості композиційних матеріалів на основі міді зазвичай регулюються введенням графіту, свинцю, срібла, фторопласту (в пори методом просочення);

Зміна хімічного складу матеріалів дозволяє регулювати їх властивості в дуже широких межах. У кожному окремому випадку вибір основи та характеру легуючих присадок визначається майбутніми умовами його роботи. Так, матеріали для роботи в агресивних середовищах і при підвищених температурах повинні мати склад основи типу нержавіючих сталей з високим вмістом хрому і нікелю. Для роботи у воді вибираються переважно склади типу бронз чи сплавів нікель – мідь, нікель – залізо із високим вмістом нікелю тощо.

В даному дипломному проєкті розглянемо проєкт дільниці по виготовленню підшипника ковзання (втулки), що використовується в обладнанні текстильної промисловості для фарбування тканин, а саме в фарбувально-промивних машинах.

Підшипники ковзання в фарбувально-промивних машинах повинні відповідати наступним вимогам:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- Висока стійкість до впливу агресивних середовищ, які використовуються в процесі фарбування та промивання.
- Висока стійкість до зносу та корозії, оскільки підшипники ковзання в машинах працюють в умовах постійного тертя та вологи.
- Висока точність та надійність роботи, щоб забезпечити безперебійну роботу машини та уникнути аварій.

Враховуючи все вищевикладене для виготовлення підшипника вибираємо порошок на основі заліза з додаванням нікелю і хрому типу неіржавіючих сталей марки X18H15. Для підвищення жаростійкості і корозійної стійкості ці матеріали будемо піддавати сульфидуванню. Для покращення антифрикційних властивостей в порошок разом з залізом вводимо графіт.

Хімічний склад порошку високолегованої сталі: масова частка хрому – 16-20 %, нікелю – 12-16 %, титану не більше 0,08 %, вуглецю не більше 0,08 %, кремнію – 0,10 %, марганцю – 0,35 %, сірки - 0,15 %, фосфору – 0,03 %, кальцію – 0,15 %, кисню – 0,3 %. Розмір гранул середній – 160 мкм, насипна щільність – 2,1 г\ см³.

1.1.2 Вибір і обґрунтування технологічного процесу

В цілому технологічна схема процесу вибирається залежно від типу і призначення виробу і матеріалу, вживаного для його виготовлення.

Узагальнена технологічна схема виготовлення композиційних антифрикційних матеріалів має вигляд:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

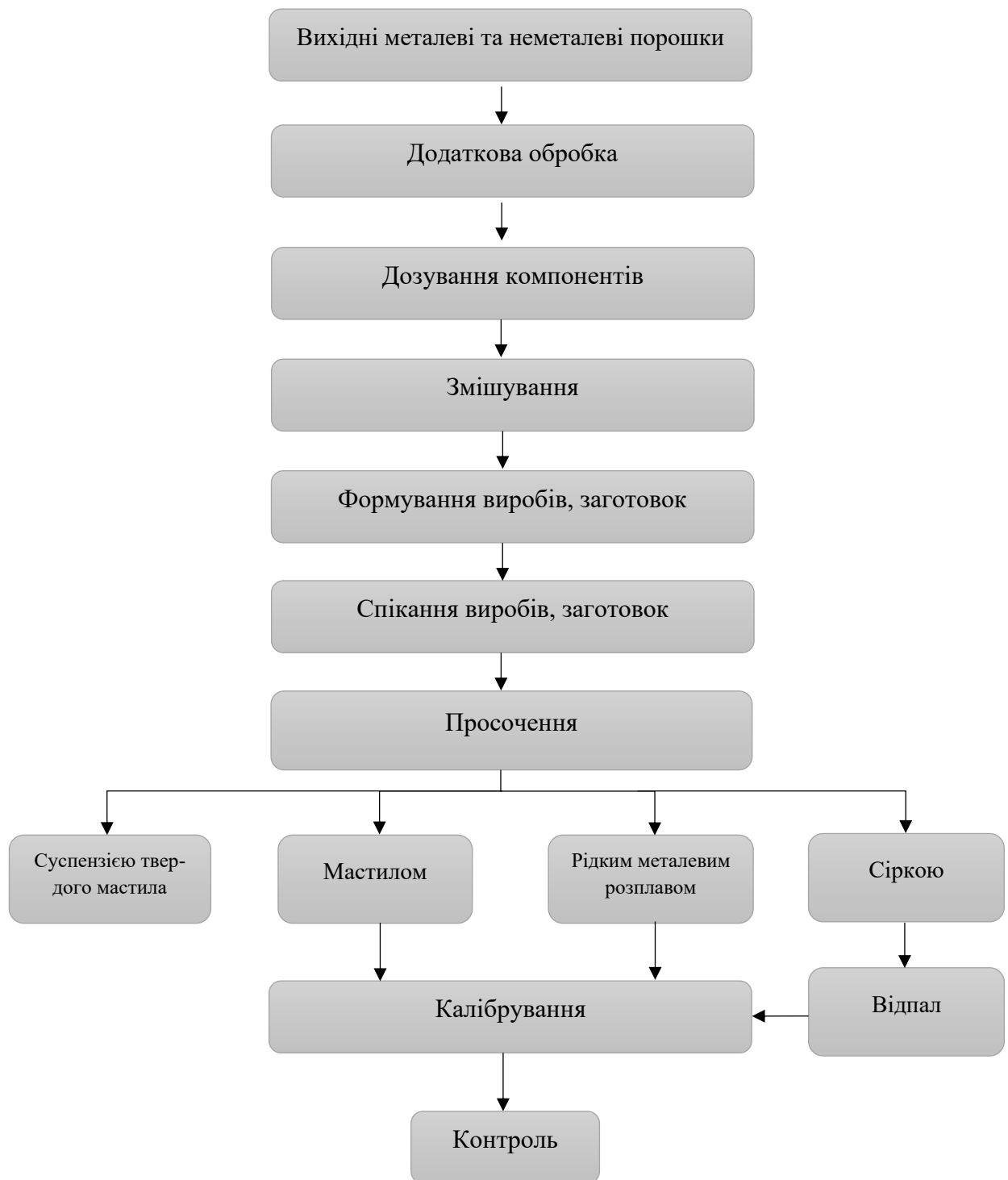


Рисунок 1.1 – Загальна технологічна схема виготовлення композиційних анти-фрикційних матеріалів

Детальніше про кожен з варіантів просочення:

Просочення суспензією твердого мастила. Просочення порошку суспензією твердого мастила - це процес, який використовується у виробництві металевих компонентів для поліпшення їх змащувальних властивостей. Процес

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		17

включає занурення металевого компонента в суспензію твердих мастильних частинок, які зазвичай виготовляються з таких матеріалів, як графіт, дисульфід молібдену або дисульфід вольфраму. Потім суспензія випаровується або висушується, залишаючи після себе тонку плівку мастила на поверхні металевого компонента.

Цей процес зазвичай використовується в тих випадках, коли металеві компоненти піддаються високому рівню тертя або зносу, наприклад, в підшипниках, шестернях або інших механічних компонентах. Використання твердих мастильних матеріалів може допомогти зменшити тертя і знос, підвищити ефективність роботи і продовжити термін служби компонента. Порошкове просочення особливо корисне там, де традиційні рідкі мастила можуть бути непридатними, наприклад, в умовах високих температур або високого вакууму.

Загалом, порошкове просочення суспензією твердого мастила є цінним виробничим процесом, який може значно підвищити продуктивність і довговічність металевих компонентів у різних сферах застосування.

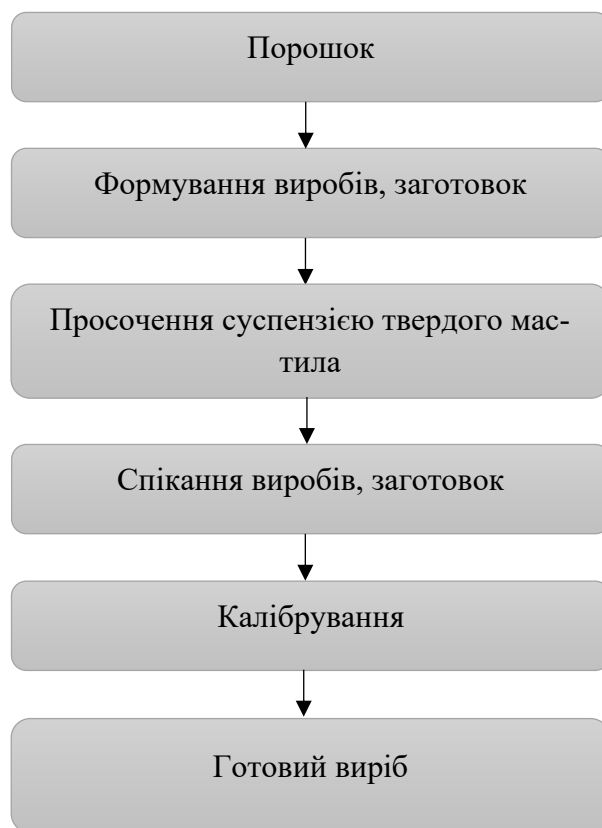


Рисунок 1.2 – Технологічна схема з використанням операції просочування суспензією твердого мастила

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Просочення мастилом. Просочення порошкових виробів мастилом - це процес, який використовується у виробництві пористих матеріалів, таких як спечені металеві деталі, фільтри та підшипники. Процес передбачає занурення порошкового продукту у ванну з мастилом, яка потім всмоктується в пори матеріалу завдяки капілярній дії. Надлишок масла видаляється центрифугуванням, вакуумуванням або продуванням стисненим повітрям, залишаючи в порах матеріалу контрольовану кількість мастила. Основна мета просочення мастилом - покращити змащувальні властивості пористого матеріалу. Заповнюючи пори мастилом, матеріал може зменшити тертя і знос, що призводить до збільшення терміну служби компонентів і підвищення продуктивності. Просочені мастилом, спечені підшипники експлуатують при температурах до 140-170 °С і відсутності дії на них корозійних середовищ та вакууму.



Рисунок 1.3 - Технологічна схема з використанням операції просочування мастилом

Просочення рідким металевим розплавом. Просочення порошку розплавом рідкого металу - це процес, який використовується у виробництві металоматричних композитів, тобто матеріалів, що складаються з металевої матриці,

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

армованої вторинною фазою, наприклад, керамічними частинками або волокнами. Процес включає занурення преформи або порошкового матеріалу у ванну з розплавленим металевим сплавом, який потім втягується в проміжки преформи або порошку завдяки капілярній дії. Потім надлишок розплавленого металу видаляється, а композит охолоджується і застигає.

Просочення порошку розплавом рідкого металу використовується у випадках, коли властивості отриманого композиту необхідно покращити порівняно з властивостями основного металу.

Цей процес особливо корисний для високотемпературних застосувань, де традиційні композити можуть бути непридатними через низьку температуру плавлення або коефіцієнт теплового розширення. Металеві матричні композити, отримані шляхом просочення порошку розплавом рідкого металу, мають чудову високотемпературну стабільність і стійкість до термічних ударів.

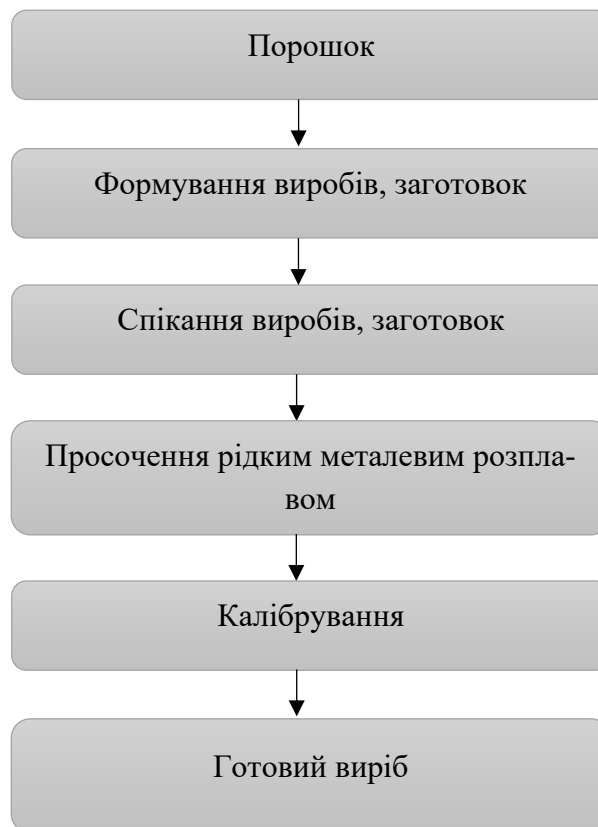


Рисунок 1.4 - Технологічна схема з використанням операції просочення рідким металевим розплавом

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Просочення сіркою. Метод використовується для поліпшення властивостей і характеристик порошкових втулок шляхом занурення їх у розплавлену сірку за температури близько 150°C на час 10-15 хвилин. У результаті такої обробки втулка стає твердішою і стійкішою до корозії, що робить її міцнішою і довговічнішою. Цей метод широко використовується в машинобудуванні та інших галузях промисловості для поліпшення якості виробів з порошкових матеріалів.



Рисунок 1.5 - Технологічна схема з використанням операції просочення сіркою

З метою додання початковим матеріалам характеристик, що забезпечують необхідні властивості виробів, що виготовляються, їх можна піддавати підготовчим операціям: відновному відпалу, помелу, розсіванню на фракції, просіву з метою видалення домішок і грудок, сушці або просмаженню.

Основні види та режими операцій при підготовці порошоків, наведені в таблиці (табл. 1.1).

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Основні види та режими операцій при підготовці порошоків

Матеріал	Підготовча операція	Режим операції
Порошок заліза	Просів	На ситі 0,16
	Відновлюваний відпал	В середовищі водню за 700-930 °С 0,5 – 2 години
Графіт	Відпал	В середовищі водню за 1000-1100 °С 1 – 2 години
Сірка	Розмел	У шаровому млині
	Просів	На ситі 016 – 0045*
	Сушка	У вакуумній шафі за темпе- ратури до 60 °С 1 – 2 год.
Сульфід цинку	Просів	На ситі 016 – 0045*
	Сушка	У вакуумній шафі за темпе- ратури до 60 °С
	Просів або протирання	На ситі 016 – 0071*

Підготовка порошоків для пресування необхідна як для отримання шихти певного хімічного складу, так і отримання певної дисперсності та інших фізичних властивостей порошоків.

Порошки змішують двома методами: механічним та хімічним. Ціль цієї операції – отримати однорідну шихту заданого хімічного складу.

Механічне змішування здійснюють у кульових млинах або різного виду змішувачів. Змішування у кульових млинах поєднується з процесом подрібнення порошку. Подолання тертя частинок одна об одну і їх подрібнення здійснюється за рахунок ударної дії куль. У частинок згладжуються виступи та нерівності, підвищується насипна щільність суміші. Також при змішуванні застосовують змішувачі переважно типу «п'яна бочка» (барабан з ексцентричною віссю обертання), двоконусний, шнековий і вібраційний.

Порошки різних металів поєднуються тим краще, чим ближче їх щільності.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Якщо змішують матеріали зі значною різницею в щільності, суміш може розшаруватися. Щоб уникнути цього, готують своєрідні лігатури найлегшого компонента з важким, а потім додають її до основної маси. При змішуванні порошків часто застосовують рідке середовище (спирт, бензин), змішування у повітрі чи газі. Застосування рідкого змішування вимагає додаткових операцій: відгону рідини, сушіння, часто і відновлювального відпалу.

Воду не завжди можна застосовувати як рідке середовище, а спирт досить дорогий, тому його застосовують тільки при змішуванні дорогих матеріалів, наприклад твердих сплавів.

Хімічний метод змішування застосовується рідше і полягає в тому, що розчинів на поверхні частинок основного металу осаджується метал-добавка, потім сіль металу-добавки випарюють і інтенсивно перемішують в суміш. Цей метод дає високу однорідність суміші, але технологічно досить складний.

Розсів порошку застосовують для поділу його на кілька фракцій з вузькими межами за розмірами. Надалі складають порошок, що містить фракції потрібного розміру в потрібному співвідношенні, що збільшує його насипну щільність та сприяє ущільнюваності. Для розсіву використовують різні вібраційні установки з комплектами сит, що мають необхідний розмір осередків. Відпал застосовують для відновлення оксидів та видалення легких домішок, одночасно знімається наклеп частинок порошку [11].

Підвищення міцності порошкових виробів досягається як шляхом вдосконалення технологічних процесів так і підбором порошкових матеріалів, а саме використання легуючих елементів.

Одним із способів отримання порошкових вуглецевих та легованих сталей з високими механічними характеристиками є застосування різних видів термічної та термомеханічної обробки. Широке застосування при легуванні сталі знайшов хром внаслідок ефективності його на властивості виробів і щодо невисокої вартості. Застосування хромистих сталей є перспективним під час виробництва відповідальних деталей із металевих порошків.

Хром застосовують для легування литих сталей з метою підвищення міцності, зносостійкості та надання їм особливих фізико-хімічних властивостей.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Для порошкових сталей легування хромом цікаве через ефективність його впливу, невисокої вартості і достатньої поширеності. Хром глибоко впливає на фізичні та фізико-хімічні властивості заліза. Хром зменшує теплопровідність та електропровідність фериту, зменшує коефіцієнт термічного розширення, знижує магнітне насичення, підвищує окалиностійкість та корозійну стійкість, підвищує поріг холодноламкості та знижує (при вмісті понад 1 %) ударну в'язкість.

Сталь, легована відновленим нікелем, має низьку пористість і високі властивості міцності, за величиною близькі до властивостей компактної кованої сталі аналогічного складу.

Проведені дослідження та промислове виробництво показали, що найефективнішим є комплексне легування одночасно кількома компонентами. Для порошкових сталей комплексне легування особливо сприятливе, оскільки воно сприяє гомогенізації сплавів внаслідок збільшення коефіцієнтів дифузії легуючих елементів залізо [11].

Підсумовуючи все вищевикладене, зазначимо, що виготовлення порошкової суміші є досить трудомісткий та енерговитратний процес. Для економії часу та енергоресурсів для виготовлення антифрикційного підшипника ковзання, що працює в агресивних умовах скористаємося готовою порошковою сумішшю високолегованої сталі марки ПХ18Н15-1.

Для виготовлення середньонавантажених деталей застосовують вуглецеві і леговані сталі, кольорові метали і сплави. Вироби можна виготовляти подвійним пресуванням і спіканням, гарячим або холодним штампуванням, гарячим пресуванням з подальшою термічною або хіміко-термічною обробкою, що дозволяє знизити їх пористість до 9-2 % і тим самим забезпечити необхідні фізико-механічні властивості.

Після термообробки такі матеріали характеризуються мартенситною або троостомартенситною структурою (вуглецеві сталі) і мартенситною або аустенітною з легуючими включеннями (леговані сталі). Межа міцності на розрив таких сталей досягає 200–580 МПа, твердість HRC – 45–52.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Для підвищення корозійної стійкості вироби просочують маслом, органічними мономерами, легкоплавкими металами.

Деталі зазначених груп після спікання можуть піддаватися калібруванню з метою усунення викривлення і підвищення точності розмірів. При калібруванні щільність деталі незначно підвищується (на 1–3 %).

При виготовленні деталей підвищеної складності застосовують механічну обробку, для деталей середньої складності — калібрування. Залежно від умов експлуатації деталі піддають термообробці.

Важконавантажені деталі, що експлуатуються в умовах високих статичних і динамічних навантажень, доцільно виготовляти з гомогенних порошків легованих сталей або сплавів пористістю менше 2 %. Вироби отримують гарячим або холодним штампуванням спечених порошкових заготовок з подальшою термічною, хіміко-термічною або термомеханічною обробкою.

Розглянемо основні технологічні процеси виготовлення деталей з порошкових матеріалів більш детально.

Найважливішою технологічною операцією виготовлення порошкових конструкційних деталей є формування заготовок.

Існує багато методів формування заготовок, але не всі вони застосовуються в промисловості. Це обумовлено тим, що при виборі методу формування необхідно вирішити такі завдання: досягти однорідності ущільнення заготовки по всьому об'єму при мінімальній пористості з одночасним поєднанням високої продуктивності та низької собівартості.

Методи формування можна розділити на дві групи: холодне і гаряче формування.

Пресування. Операція пресування є однією з найважливіших у технологічному циклі, оскільки вона визначає можливість отримання виробу необхідної геометричної форми та впливає на фізико-механічні властивості готового виробу. У процесі пресування порошкової заготовки відбувається деформація частинок порошку, а також переміщення частинок порошку та заповнення пор. Переміщення частинок може викликати збільшення контакту між ними, розрив,

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

створення або зміщення контактів, що, відповідно, відбивається на ході пресування та властивостях пресування .

Процес пресування надає вирішальний вплив на якість та вартість кінцевої продукції. Отримання в процесі пресування нерівномірної щільності призводить до нерівномірності усадки спеченого виробу, знижує його механічні властивості, є причиною зміни форми та розмірів.

Пресування може бути одностороннім чи двостороннім. При односторонньому пресуванні порошок ущільнюється одним пуансоном, другий (нерухомий щодо матриці пуансон) виконує роль дна прес-форми.

При двосторонньому пресуванні обидва пуансони, зближуючись, переміщуються щодо матриці та ущільнюють порошок [11]. У зв'язку з тим, що при досить великій висоті пресування весь тиск пуансона може бути врівноважений силами тертя, шар порошку біля дна прес-форми може не піддаватись стисненню. Одностороннє пресування застосовується коли висота пресовки є невеликою. Визначальний вплив на розподіл щільності має відношення висоти шару засипаного порошку H до висоти пресування h , яке має дорівнювати відношенню щільності пресування до насипної щільності порошку, тобто $H / h = \rho_{\text{п}} / \rho_{\text{н}}$.

Знижуючи висоту засипки за рахунок щільнішого укладання частинок, наприклад, за допомогою вібрації, можна трохи зменшити різницю. Зі зменшенням висоти засипки зменшується шлях пуансона, а отже, і величина переміщення пуансона і порошку щодо стінки матриці [11].

Тертя порошку стінки прес-форми призводить до нерівномірної щільності не тільки по висоті пресування, але і в горизонтальному напрямку. Найбільша щільність на торці пресування, що прилягає до пуансона, виходить у стінок матриці, там, де порошок при ущільненні зазнає найбільшого впливу сил тертя. На торці пресування, що прилягає до дна прес-форми, розподіл щільності по горизонталі носить зворотний характер: у стін прес-форми щільність найменша [11]. Величина горизонтальної різниці, пов'язаної з силами тертя порошку стінки прес-форми, дуже незначна, і її не враховують у практиці пресування виробів з порошків.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		26

Горизонтальна неоднорідність є помітним явищем для формованих виробів, які складаються з секцій різної висоти. У випадках, коли є значні перепади висоти, спеціальні прес-форми з кількома пуансонами розроблені для пом'якшення горизонтальної неоднорідності. Рух цих пуансонів пропорційний висоті виробу в різних точках. Однак, якщо неоднорідність мінімальна, достатньо одного пуансона з рельєфною поверхнею, що відповідає заданій конфігурації пресування.

Тиск пресування при виробництві коливається від 200 до 1000 МПа і підбирається для досягнення необхідної щільності ущільнення.

Використання мастильних матеріалів під час пресування є ефективним методом зменшення тертя та покращення процесу ущільнення порошку. Мастила покращують щільність ущільнення і забезпечують більш рівномірний розподіл щільності по об'єму.

Інертні мастила використовуються для зменшення тертя між порошком і стінками матриці без суттєвого впливу на сам порошок. Навпаки, активні мастила або спричиняють руйнування частинок, або полегшують деформацію, знижуючи силу адсорбції. Використовуються такі мастила, як різні масла, олеїнова кислота, полівініловий спирт, гліцерин, каніфоль, камфора, олівцевий графіт, стеарат цинку та ін.

У деяких випадках мастило використовується як розчин у легких органічних середовищах, таких як ацетон, бензин, бензол або чотирихлористий вуглець. Однак це ускладнює технологічний процес, оскільки необхідно видалити розчинники, часто шляхом випаровування.

Найбільш істотний вплив на процес пресування мають активні або поверхнево-активні мастила. Вони знижують міцність тонких поверхневих шарів частинок металу, поглинаючи їх і проникаючи в субмікроскопічні тріщини, пори та інші поверхневі дефекти. Це полегшує деформацію, руйнування частинок і ущільнення. Крім того, порошки, оброблені активними мастилами, виявляють підвищену стійкість до корозії. Варто відзначити, що використання мастил, особливо поверхнево-активних, може знизити міцність пресованих брикетів і підходить тільки для досить міцних порошків.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

У твердих і крихких порошках під час пресування використовуються адгезивні та пластифікуючі добавки, такі як камфора, парафін або каучук.

Спосіб введення мастила має вирішальне значення, незалежно від того, чи передбачає він додавання добавки до порошку, змащування стінок форми або комбінацію обох методів. Комбінований метод, хоч і поширений, є технічно складним і вимагає значної ручної праці. Найбільш поширеним підходом є додавання мастила безпосередньо до порошку.

Використання мастильних матеріалів дає різні переваги, включаючи зниження коефіцієнтів зовнішнього і міжчасткового тертя, зниження тиску пресування, необхідного для отримання брикету питомої щільності, зниження тиску викиду, покращення рівномірності розподілу щільності та запобігання схоплюванню. Ці переваги особливо важливі при пресуванні порошкоподібних хромистих, молібденових і ванадієвих сталей.

Щоб мінімізувати сили зовнішнього тертя, важливо зменшити шорсткість робочих поверхонь прес-форм шляхом їх полірування під час виготовлення. Шорсткість зазвичай становить від 0,025 до 0,50 мікрон [11].

Високоміцних властивостей сильно навантажених порошкових деталей, які працюють при значних статичних, ударних або циклічних навантаженнях, можна досягти з пористістю менше 2 %. Ця необхідна щільність досягається за допомогою високоенергетичних методів формування, просочення пористих заготовок легкоплавкими металами (такими як мідь, латунь, евтектичні сплави на основі заліза та інших металів), а також їх легування марганцем, нікелем, хромом і молібденом. .

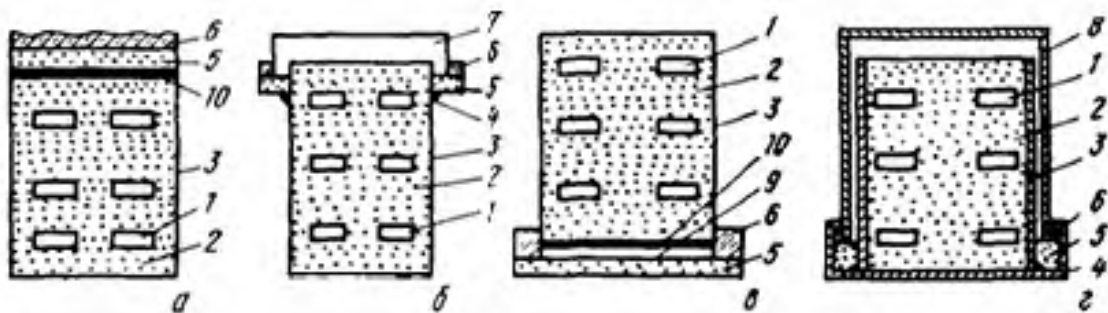
Продукти високої щільності можна виготовляти за допомогою різних технологій, включаючи ударне та гідродинамічне пресування, штампування, ізо-статичне пресування, екструзію та просочення пористих форм рідкими металами.

Спікання. Після формування заготовки піддають спіканню. Спікання є складною технологічною операцією, яка в основному визначає кінцеву структуру і властивості отриманої деталі. Спікання супроводжується зміною геометричних розмірів деталі (усадка або збільшення обсягу), зміною форми частинок

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		28

порошку і часу, які прагнуть придбати енергетично найбільш вигідну сферичну форму.

Спикання пористих втулок проводиться в захисній атмосфері, вміст окислювачів (H_2O , CO_2) в якій має бути мінімальним, так як втулки можуть окислюватися при нагріванні не тільки з поверхні, але і в об'ємі. Найчастіше застосовують печі безперервної дії - конвеєрні та штовхальні із захисною атмосферою, що складається з водню, дисоційованого аміаку, конвертованого або ендотермічного газу. Робоча температура спикання у таких печах до $1200\text{ }^\circ\text{C}$. Пресовки укладають на піддони з жароміцної сталі, які просувуються вздовж печі назустріч захисному газу. Знаходять застосування також камерні і шахтні печі. У цьому випадку заготовки укладають у контейнер або спеціальний бак, виготовлені з жароміцної сталі. Зверху ємність закривають щільно підігнутою кришкою, а всередину її вставляють труби, що газ підводить і відводить. Останнім часом розроблено зручний метод спикання виробів у контейнерах із жароміцної сталі з плавким затвором (рис. 1.6) з нітро- або боросилікатного скла для температур спикання $900\text{-}1200\text{ }^\circ\text{C}$ та борного ангідриду для нижчих температур спикання. Такі контейнери дозволяють спікати заготовки у печах будь-яких типів без захисної атмосфери, оскільки затвор герметизує внутрішній простір контейнера.



а - контейнер із верхнім затвором без кишень; б - контейнер із верхнім затвором; в - контейнер із нижнім затвором; г - контейнер з нижнім затвором і кожухом, що накриває;

1 - деталі, що обробляються; 2 - порошкоподібне засипання; 3 - контейнер; 4 - кишень; 5 - пісок; 6 - гранули матеріалу плавкого затвора; 7 - верхня кришка; 8 - кожух, що накриває; 9 - нижня кришка; 10 - прокладка (азбест)

Рисунок 1.6 – Конструкції контейнера з плавким затвором у стані упаковки

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		29

Просочення. Просочення пористих металевих пресовок розплавами металів і сплавів є поширеним способом отримання високоміцних деталей конструкційного призначення. Перевага цього способу полягає в тому, що просоченню можуть піддаватися заготовки з пористістю більше 15-20 %. Останнє дозволяє проводити пресування при низькому тиску, що підвищує стійкість пресформ. Відсутність усадки при просоченні дає можливість отримувати деталі точних розмірів.

Для запобігання окислення матеріалу заготовки, просочення проводять в захисному середовищі. Широке застосування знаходить також спосіб просочення пористих заготовок зануренням їх у розплав без застосування захисних середовищ. У цьому випадку заготовку спочатку просочують наповнювачами, температура плавлення яких нижче, ніж температура плавлення просоченого металу. Під час просочення заготовки розплавленим металом наповнювач витісняється з пор і, розкладаючись, перешкоджає окислення матеріалу основи. Режим просочення визначається температурою плавлення, плинністю наповнювача і розмірами деталей. Продуктивність процесу підвищується при поєднанні операцій просочення наповнювачами і попереднього нагріву деталей.

Можливе також просочування наповнювачем і металом в одному тиглі. При спільному розплавлюванні наповнювача і просочуються металу утворюється розслоєння. Внаслідок більш низької щільності наповнювач розташовується у верхній частині тигля, а розплавлений метал - у нижній. Пористу заготовку спочатку занурюють у верхній шар для прогріву і просочення наповнювачем, а потім - у нижній шар, де і відбувається просочування розплавленим металом.

При необхідності збільшення зносо- або корозійної стійкості конструкційних матеріалів на основі заліза застосовують просочення пористих заготовок неметалевими розплавами, наприклад, розплавленим склом, що здійснюється в середовищі водню або у вакуумі.

Для отримання щільніших антифрикційних матеріалів для підшипників ковзанням/торцевих і радіальних ущільнень і інших виробів з пористістю 10–15

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

% і що особливо містять речовини, що грають роль твердого мастила, застосовують двократне пресування і спікання або об'ємне обтискання порошкового брикету [12]. Отримання антифрикційних матеріалів на основі порошків неіржавіючий сталі, що містять сірку і призначених для роботи в агресивних середовищах, передбачає пресування з порошків пористого брикету, просочення його сіркою з подальшим сульфідуючим спіканням. Поліпшення антифрикційних властивостей підшипників, просочених сіркою, засноване не тільки на її змащувальній дії, але і на утворенні при цьому шару сульфідів, що виникають як при просоченні, так і в процесі роботи. Технологія сульфидування передбачає підігрів оброблюваних деталей до 100 – 120 ° С, просочення їх в рідкій розплавленій сірці при 120 – 160 ° С зануренням в неї на 15 – 60 хв, відпал деталей в герметизованій печі при 300 – 750 ° С в атмосфері азотно-водневої суміші. У цьому випадку допускаються вищі значення r_v , навантаження до 2,5 МПа, швидкості до 80 м/с і більший розігрів, а підшипники є практично повністю самозмащувані. Застосовують також газове сульфидування в процесі спікання виробів у контейнерах з плавким затвором, розташовуючи порошок сірки на дні контейнера.

Останні дослідження мастильних матеріалів спрямовані на методи хімічного одержання протизносних плівок і застосуванням добавок, здатних до утворення полімерів тертя або комплексних з'єднань.

Ефективність застосування мастильної речовини у вузлі тертя залежить від умов роботи вузла: температури, швидкості ковзання, навантаження тощо. Мастильні матеріали у вузлах тертя повинні зменшувати опір тертю й інтенсивність зношування рухомих елементів; відводити теплоту із зони тертя; зменшувати коливання, викликані процесами тертя; відводити продукти зношування із зони тертя [13].

Антифрикційний шар з політетрафторетилену, нанесений безпосередньо на основу з високоякісної сталі, надає матеріалу високу стійкість до впливів навколишнього середовища. Підшипники особливо зручні в застосуванні у шкідливих хімічних середовищах, кислотах, лугах і окислювачах.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Залежно від умов роботи, спечені конструкційні деталі поділяють на не-навантажені, мало-, середньо- і сильно навантажені, а за типом матеріалу - на основі заліза або кольорових металів і сплавів. Характеристика конструкційних матеріалів приведена в таблиці 1.2 [8].

Таблиця 1.2 – Характеристика порошкових конструкційних матеріалів та деталей з них

Група деталей по ступені навантаження	Характеристика порошкових матеріалів		
	Група щільності	Пористість %	Межа міцності, % межі міцності безпористих 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

Підсумовуючи все вищезазначене для виготовлення втулки підшипника ковзання середньої навантаженості, що працює в умовах агресивного середовища, а саме, застосовується в фарбувальному обладнанні текстильної промисловості, застосовуємо наступну технологічну схему:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

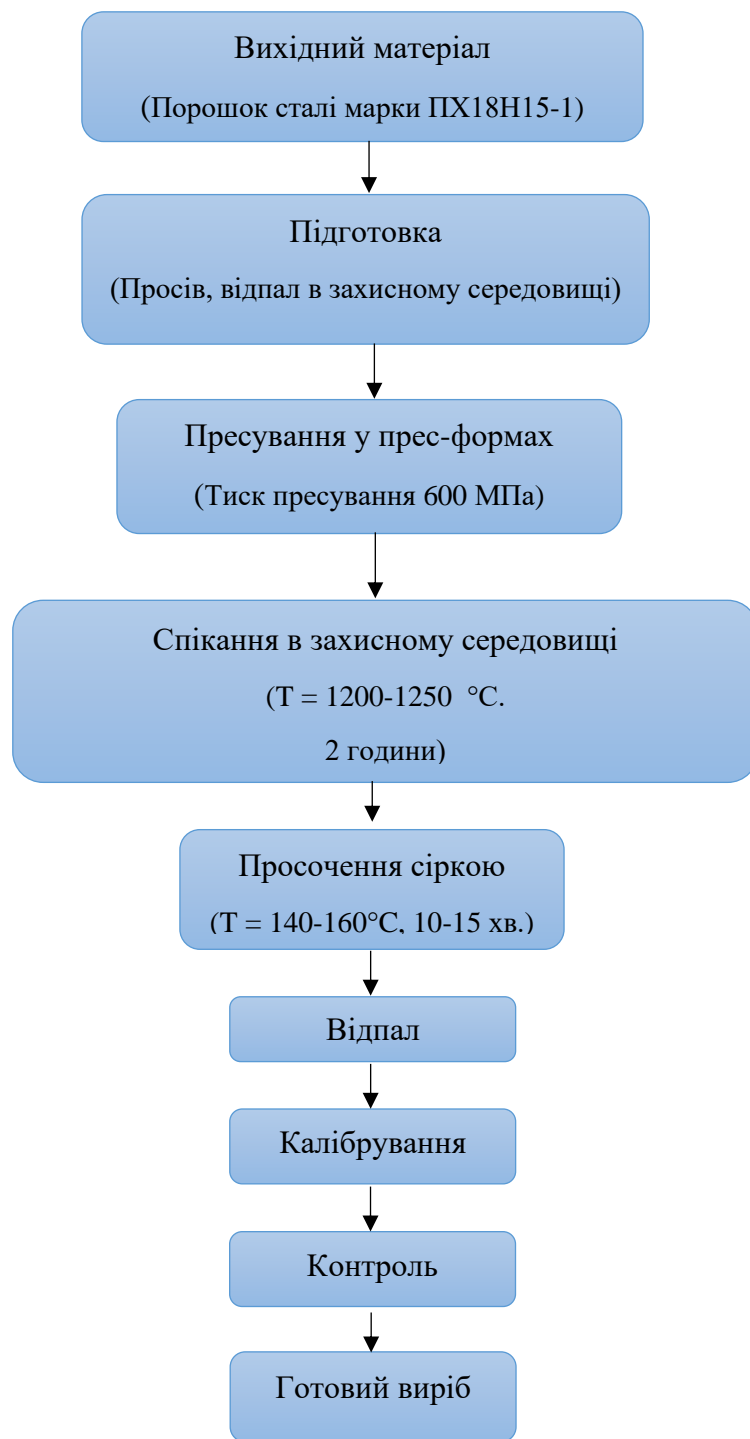


Рисунок 1.7 - Технологічна схема виготовлення втулки підшипника ковзання середньої навантаженості

В результаті аналізу даних технологічних схем (рис. 1.1 – 1.5) було обрано схему, у якій використовується операція просочення сіркою (рис. 1.7). Така

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		33

схема була обрана через свою простоту, економічну доцільність, найменш трудомістка та енергоємна, відповідає вимогам до умов роботи підшипника та має наступний ряд переваг:

- глибоке проникнення сірки: під час просочення сірка може проникати глибоко в пори виробу, що може поліпшити якість сульфидування. Це особливо важливо для пористих матеріалів з дрібними порами, де інші методи можуть не забезпечити достатнього проникнення сірки в пори;
- рівномірне покриття: під час просочення розчин сірки рівномірно розподіляється по всій поверхні виробу, що дає змогу домогтися рівномірного покриття сірки на всій поверхні та всередині пор. Це може забезпечити більш рівномірне сульфидування;
- менша кількість відходів: під час просочення виробу в розчині сірки, наноситься тільки необхідна кількість сірки на виріб, що може знизити кількість відходів порівняно з іншими методами, як-от нанесення пасти або розпорошення порошку;
- економічність: просочення може бути більш економічним методом нанесення сірки, оскільки вимагає менше матеріалів, енергії та часу порівняно з іншими методами, особливо для дрібних виробів;
- простота і зручність: просочення - це простий і зручний метод нанесення сірки, який не вимагає спеціального обладнання або навичок, і може бути виконаний в невеликому масштабі в домашніх умовах.

1.1.3 Висновки та поставка задачі проєктування

Проаналізувавши стан виробництва порошкових підшипників ковзання був обраний оптимальний технологічний процес, що забезпечує більш високі техніко-економічні показники. Задача даного проєкту є розробка робочої ділянки для виготовлення підшипників ковзання в кількості 775 тис. шт/рік.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

1.2 Опис технологічного процесу

1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції і технічних умов на неї

Підшипники ковзання – це опори, якими забезпечується обертальний рух валів і осей, взаємодія між якими здійснюється через тертя ковзання. Власне підшипник ковзання являється вкладишем у вигляді втулки 1 (рис. 1.8, а) або опорного кільця 2 (рис. 1.8, б) встановлених у корпусі 3.

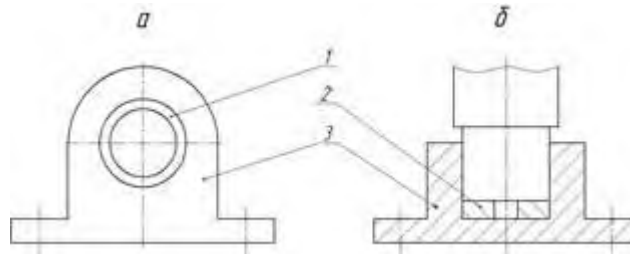


Рисунок 1.8 – Схема радіального підшипника ковзання

Підшипники ковзання класифікують за такими ознаками:

- за родом тертя: граничного або рідинного;
- за напрямом сприймання навантаження: радіальні; радіально-упорні; упорні (підп’ятники);
- за способом компенсації перекосів валів: несамоустановні;
- самоустановні.

Радіальні підшипники ковзання (рис. 1.8) складаються з корпусу 1 і установлених в ньому вкладишів у вигляді суцільної 2 і роз’ємної 3 втулок, на які опирається ось або вал. Конструктивно корпус підшипників ковзання виконують суцільними (рис. 1.9, а) або роз’ємними (рис. 1.9, б).

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

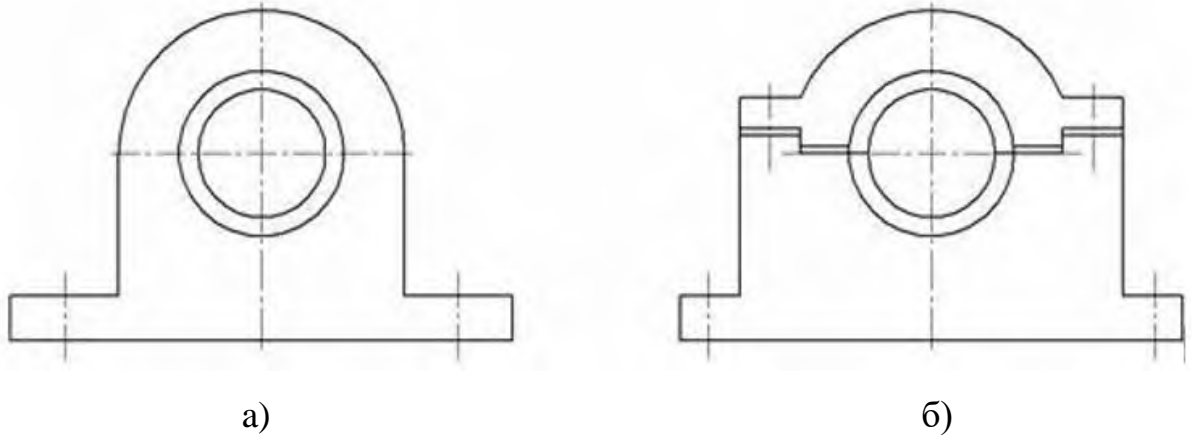


Рисунок 1.9 – Конструкції радіальних підшипників ковзання

Для суцільного підшипника вкладиш у вигляді втулки запресовують у суцільний корпус. Роз’ємний корпус підшипника складається з двох частин – основи і кришки, а вкладиш - роз’ємна втулка [14].

Для масового виготовлення вибрана деталь підшипника ковзання – антифрикційна втулка рис. 1.10



Рисунок 1.10 – Продукція виробництва (антифрикційна втулка)

Таблиця 1.3 – Технологічні характеристики на готову продукцію

Найменування	Характеристика			
	D3, мм	Dв, мм	h, мм	Вага, кг
Втулка №1	44	40	30	0,06

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		36

1.2.2 Вибір головних видів сировини і технічні умовин на неї

Як було зазначено вище, для нашого виробу було обрано матеріал на основі заліза легована сталь марки ПХ18Н15-1 (табл. 1.4). Вибір матеріалу обумовлено його економічною доступністю та можливістю отримання виробу з необхідними властивостями.

Таблиця 1.4 – Технічні умовин на сировину

Найменування	Характеристика	Державний стандарт
Легована сталь марки ПХ18Н15-1	Склад: Cr – 16-20 %, Ni – 12-16 %, Ti \leq 0,08 %, C \leq 0,08 %, Si – 0,10 %, Mn – 0,35 %, S – 0,15 %, P – 0,03 %, Ca – 0,15 %, O – 0,3 %. $\gamma=2\text{г/см}^3$	ГОСТ 13084-88 [41]
Водень	Очищений від O ₂ і N ₂	ГОСТ 3022-80 [42]
Сірка технічна	Масова частка сірки, %, не менше – 99,98 Масова частка золи, %, не більше – 0,02 Масова частка органічних речовин, %, не більше – 0,01 Масова частка кислот в перерахунку на сірчану кислоту, %, не більше – 0,0015 Масова частка миш'яку, %, не більше – 0,0000 Масова частка селену, %, не більше – 0,000 Масова частка води, %, не більше – 0,2	ДСТУ 2181-93 [43]

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		37

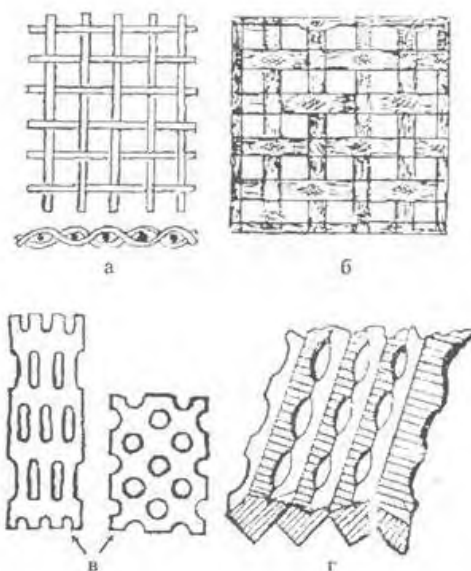
1.2.3 Опис технологічних операцій

Так як у дипломному проєкті було обрано технологічну схему виготовлення антифрикційних матеріалів яка представлена на рисунку 1.7, то відповідно до неї проводимо опис технологічних операцій.

Просіювання. Перед пресуванням готову порошкову суміш рекомендується просіяти. Це допоможе видалити можливий агломерат, домішки та інше, що може вплинути на якість виробу. Просіювання також сприяє покращенню властивостей виробу, що знижує ймовірність дефектів та підвищує точність виготовлення. Для просіювання порошку використовують ось такі види сит:

- **Обертові сита.** Являють собою барабан циліндричної, конусної або багатогранної форми, стінки якого виготовлені із сітки або перфорованих металевих листів. Багатогранні обертові барабани називаються бурати.

Циліндричне барабанне сито (рис. 1.12) обертається на валу й установлене похило до горизонталі (під кутом 4-7°). Щоб усунути розпилення матеріалу, барабан вмонтований у кожух. Ситова поверхня барабана складається із секцій $x = \frac{50a}{b}$. Кожна секція - плоске знімне сито з розмірами отворів, що збільшуються по ходу матеріалу. (рис. 1.11)



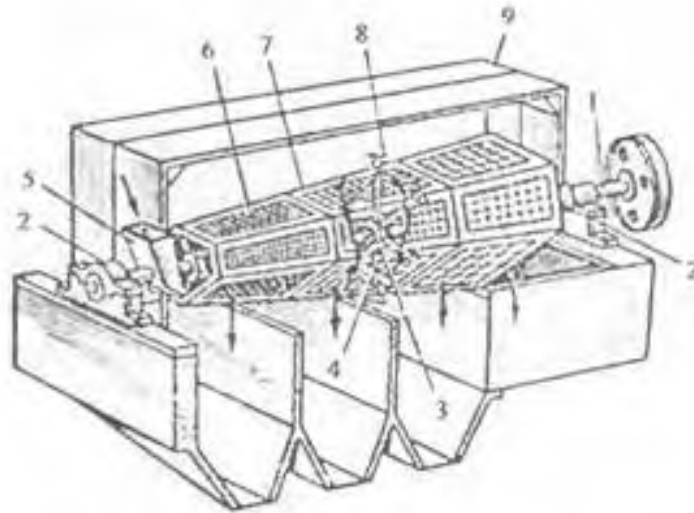
а, б – плетені (шовкові, металеві), в – штамповані, г – колосникові

Рисунок 1.11 – Види сіток сит (схема)

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Перевагою обертових сит є можливість диференціювання матеріалу на кілька фракцій з різним розміром часток. Швидкість обертання барабана невелика й залежить від радіуса барабана:

$$n = \frac{8}{\sqrt{R}} - \frac{4}{\sqrt{R}}$$



1 – горизонтальний вал, 2 – підшипники, 3 – втулки, 4 – хрестовини, 5 – приймальна воронка, 6 – барабан, 7 – каркас, 8 – барашки, 9 – кожух (схема)

Рисунок 1.12 – Циліндричне барабанне сито

Незважаючи на простоту конструкції й обслуговування, обертові сита застосовуються відносно рідко у зв'язку з невеликою продуктивністю на одиницю поверхні сита. Низька продуктивність сита пов'язана з тим, що при проходженні використовується тільки частина ситової поверхні. Крім того, отвори сітки легко забиваються, тому що матеріал не струшується.

- Хитні сита. Являють собою плоский хитний короб на пружних опорах, установлений похило під кутом 7-14° до горизонталі (рис. 1.13). Сито може бути здвоєне - для видалення великих часток і пилу. Готовий продукт збирається на нижньому ситі, звідки надходить у приймач. Коливальний рух створюється колінчатим валом, шатунно-кривошипним або ексцентриковим механізмами. Число коливань 60-400 кол/хв. Амплітуда

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		39

5-225 мм. Продуктивність невелика. Отвори сітки легко забиваються, тому що рух матеріалу плавний, у горизонтальній площині.

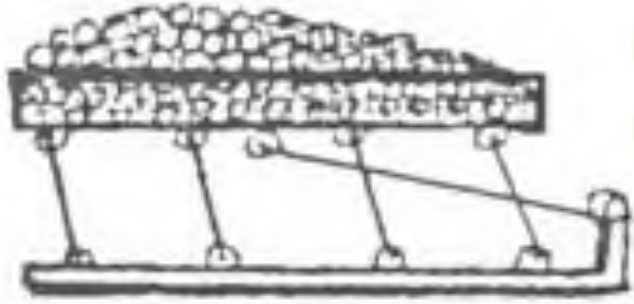


Рисунок 1.13 – Хитне сито

- Вібраційні сита. Вібраційні сита аналогічні хитним, але мають більшу частоту коливань (1800 кол/хв. і вище). Ці сита широко застосовуються у фармацевтичній промисловості в таблетковому виробництві. Їх велика продуктивність пояснюється тим, що при високій частоті коливань сита його отвори не забиваються матеріалом завдяки безперервному відриванню від сітки.

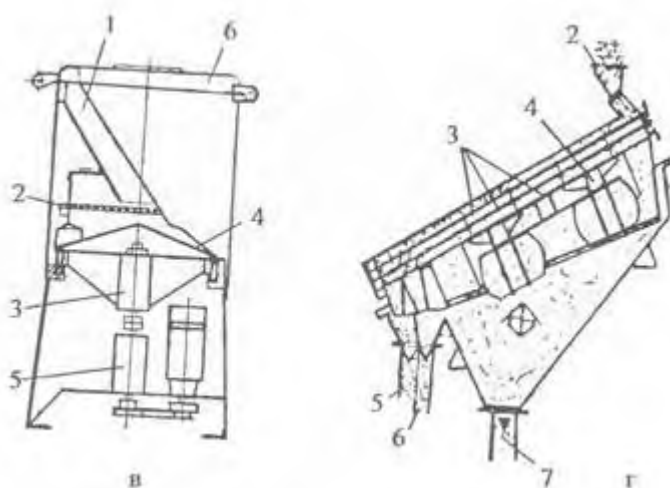
Обертально-вібраційне сито (рис. 1.14, в). Матеріал, який просівається, засипають у бункер 1, звідки він надходить на сито 2, де за рахунок роботи двох вантажів вібратора 3 створюється вібрація, що змушує порошок обертатися по ситі й конусу приймача 4. Просів і відсів надходять у різні лотки, з яких зсипаються у задалегідь при-готовлену тару.

Частоту коливань регулюють пасовою передачею привода 5, а амплітуду коливань – кутом розхилу вантажів вібратора. Сито в процесі роботи герметизується кришкою 6.

Вібраційне сито (рис. 1.14. г). Основною передумовою якісного розсіву служить рівномірний розподіл продукту по всій робочій поверхні, а також безперервна подача матеріалу. Подача продукту, збудник коливань поверхні й кут сита повинні бути погоджені один з одним залежно від матеріалу, що просіюється.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Привід сита здійснюється за допомогою електромагнітного генератора коливань. Ситова поверхня й генератор коливань з'єднані між собою по формі замикання через штовхач, що забезпечує точкове збудження поверхні. Кожна поверхня для просіювання має кілька точок збудження. Розміщення генераторів коливань під робочою поверхнею грохота дозволяє швидко замінити зношену тканину сита. Робоча поверхня сита встановлена з нахилом, регульованим у межах 20–40°, що забезпечує пересування продукту по поверхні сита. Одночасно це дозволяє вирішити завдання нерухомості приєднувальних фланців при перестановці кута просівання [15].



1 – корпус; 2 – бункер для подачі матеріалів; 3 – сита; 4 – електро-магнітні збудники коливань; 5,6,7 – крупної, середньої, дрібної фракції відповідно

Рисунок 1.14. в – Обертально-вібраційне сито (модель ВС-2) (схема); г – Схема вібраційного сита.

Для операції просіювання у нашому випадку застосовуємо ряд вібраційних сит, схема яких представлена на рисунку 1.15:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		41

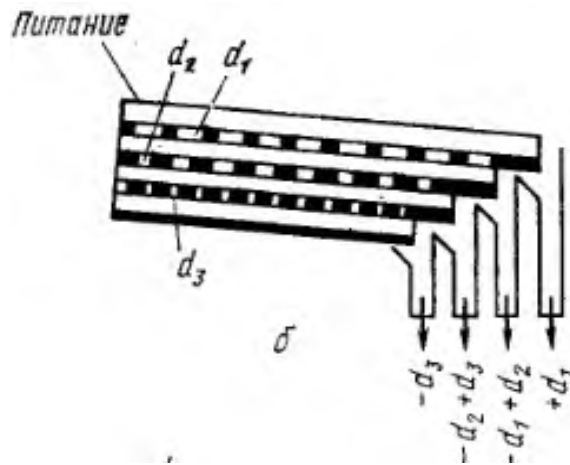


Рисунок 1.15 – Ряд вібраційних сит для просіювання металічного порошку

Відпал після просіву. Після просіювання готової порошкової суміші рекомендується виконати відпал порошку у спеціальній печі. Температура відпалу та час витримки залежать від складу порошку, його властивостей та вимог до якості виробу, що виготовляється. Зазвичай відпал проводять за температури від 700 до 1300 градусів Цельсія протягом кількох годин. Відпал порошкової суміші дозволяє видалити залишкові напруги в порошку, покращити його механічні властивості та забезпечити рівномірність структури матеріалу.

Існує кілька типів обладнання для відпалу, що використовується у виробництві металевих порошків, в тому числі:

- Конвеєрне обладнання для відпалу. Цей тип обладнання для відпалу складається з конвеєрної стрічки, яка переміщує металевий порошок через піч. Стрічка може бути виготовлена з різних матеріалів, таких як метал або кераміка, залежно від конкретних вимог порошку, що відпалюється. (рис. 1.18)
- Обладнання для періодичного відпалу. Обладнання для періодичного відпалу призначене для відпалу металевих порошків партіями. Це обладнання зазвичай складається з камери або посудини, яка заповнюється порошком, що підлягає відпалу. Потім камера нагрівається до потрібної температури і витримується при цій температурі протягом певного часу, після чого охолоджується. На рисунку 1.16 показано конструкцію термічної

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

камерної печі періодичної дії, що працює на мазуті. Піч складається з прямокутної камери з футерівкою 2 з шамотної цегли, перекритої склепінням і вміщеної в корпус 1 із листової сталі. Форсунку низького тиску 3 встановлено в торці печі. Спалювання палива відбувається в топковій камері 4, розміщеній під піддоном 6. Гарячі гази, які утворилися при згорянні палива, по вертикальному каналу 8 подаються в робочий простір 7, обмивають деталі (садку) 11 і, пройшовши горизонтальні канали 9, виходять через димову трубу. Деталі нагріваються теплотою гарячих газів та теплотою, яку випромінюють нагріті стінки, під і склепіння печі. Завантаження та розвантаження деталей здійснюються через вікно, що закривається заслінкою 5 за допомогою педального пристрою 10. Площа поду становить $0,32 \text{ м}^2$. Максимальна температура в печі - $900 \text{ }^\circ\text{C}$, продуктивність - 30 кг/год , витрата мазуту - $6-8 \text{ кг/год}$.

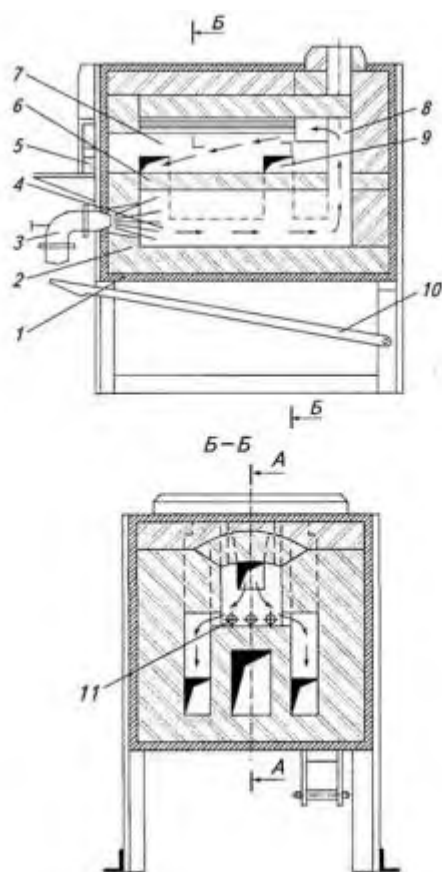
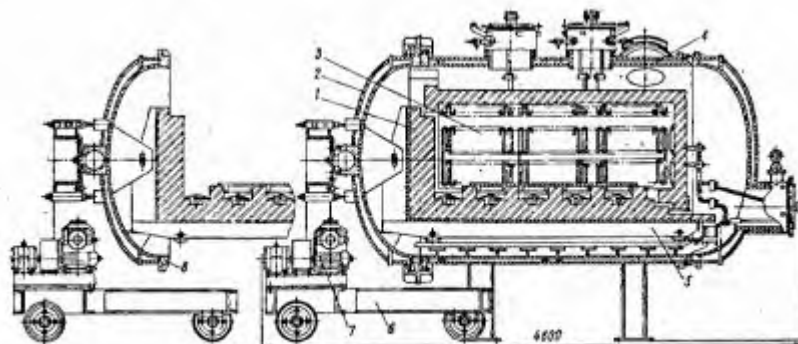


Рисунок 1.16 – Термічна камерна піч періодичної дії, яка працює на мазуті

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		43

- Обладнання для вакуумного відпалу. Обладнання для вакуумного відпалу використовується для відпалу металевих порошків у вакуумному середовищі. Цей тип обладнання часто використовується для порошків, які мають високу реакційну здатність або чутливі до окислення.



1 – футерівка; 2 – кожух; 3 – нагрівники; 4,5,6 – візок; 7 – електропривід; 8 – вакуумний затвор

Рисунок 1.17 – Схема вакуумної камерної печі

- Обладнання для відпалу в середовищі інертних газів: Обладнання для відпалу в інертному газі використовується для відпалу металевих порошків в атмосфері інертного газу, такого як азот або аргон. Цей тип обладнання часто використовується для порошків, чутливих до окислення або таких, що потребують контрольованої атмосфери для відпалу.

У даній роботі, відпал будемо проводити у муфельній штовхальній водневій печі з обігрівом в присутності водню при температурі 700 ° С на протязі 1 години. Схема печі представлена на рисунку:

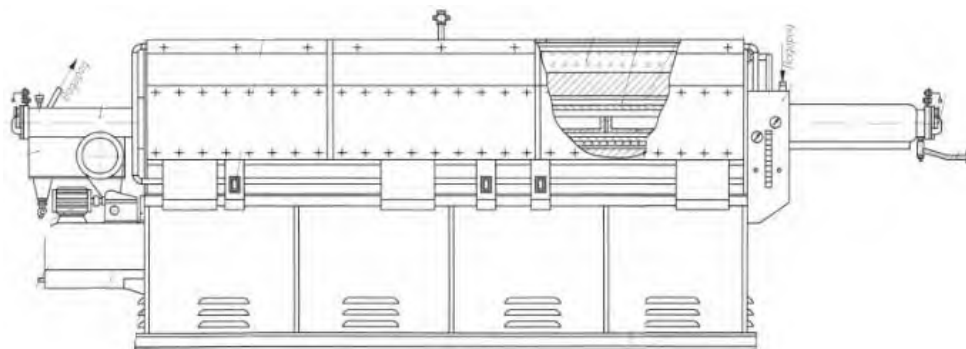


Рисунок 1.18 – Муфельна штовхальна воднева електропіч

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		44

Конструкція даної печі забезпечує:

- 1) Інтенсивний газообмін всередині шару оброблюваного порошку;
- 2) Прямий контакт пористої металевої стрічки-підкладки, яка виконує одночасно і роль несучого елемента конструкції, з оксидами відновлюваного металу та пришвидшення процесу їх відновлення за рахунок каталітичної дії на оксиди металу стрічки-підкладки;
- 3) Відсутність припікання кінцевого продукту – губчатого металу до металу транспортуючого пристрою – конвеєрної стрічки, що виключає необхідність у спеціальних пристроях для відділення металевої губки і очищення від неї конвеєрної стрічки.

Пресування. Деталі вузлів тертя пресують на гідравлічних або механічних пресах в прес - формах, виготовлених з загартованих легованих сталей або твердих сплавів. Сутність процесу: зменшення початкового об'єму порошку стисканням, тоді як при деформації компактного матеріалу його обсяг залишається постійним. Обсяг порошкового тіла при пресуванні змінюється в результаті заповнення пустот між частинками за рахунок їх зміщення і пластичної деформації. Для пресування металевих порошків використовується кілька видів обладнання, в тому числі:

- Преси. Преси - один з найбільш поширених видів обладнання для пресування металевих порошків. Існує кілька типів пресів, включаючи гідравлічні, механічні та пневматичні преси. Преси працюють, застосовуючи силу стиснення до металевого порошку, що змушує частинки сплавлятися разом.
- Прокатні вальці. Вальці - ще один тип обладнання, що використовується для ущільнення металевих порошків. Вони працюють, пропускаючи металевий порошок між двома валками, які чинять тиск на порошок, змушуючи частинки сплавлятися разом.
- Ізостатичні преси. Ізостатичні преси використовуються для пресування металевих порошків, які важко спресувати традиційними методами.

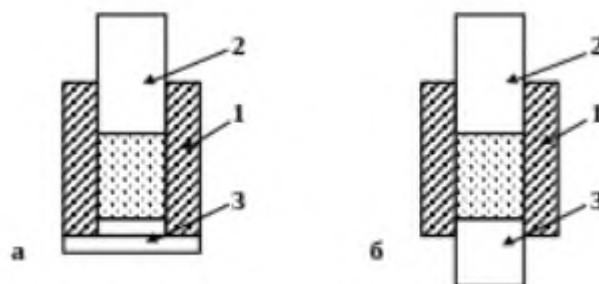
					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Ізостатичні преси тиснуть на металевий порошок з усіх боків, використовуючи рідке або газове середовище, що призводить до рівномірного ущільнення порошку.

- Екструдери. Екструдери використовуються для ущільнення металевих порошоків до безперервної форми, наприклад, стрижня або трубки. Металевий порошок подається в екструдер, де він змішується зі сполучною речовиною і продавлюється через фільтеру для отримання потрібної форми.
- Обладнання для лиття під тиском. Обладнання для лиття під тиском використовується для виробництва складних форм і деталей з металевих порошоків. Металевий порошок змішується зі сполучною речовиною і впрорскується у форму, де йому дають охолонути і затвердіти, перш ніж виштовхнути з форми.

При виготовленні втулок, підп'ятників, кілець та інших конфігурацій використовують методи прямого пресування в пресформах з одностороннім або двостороннім додатком тиску залежно від відношення висоти виробу (h) до його діаметру (d). Тому, при відношенні $\frac{h}{d} \leq 1$ застосовують одностороннє пресування, а при $\frac{h}{d} \geq 1$ – двостороннє, з метою отримання рівномірної пористості за всім обсягом виробу. Отже, маючи висоту втулки 30 мм, а діаметр – 44 мм, отримаємо відношення $\frac{30}{44} \leq 1$ при якому використовують одностороннє пресування.
(рис. 1.19, а)

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		



а – для одностороннього пресування

б – для двостороннього пресування

1 - матриця; 2 - верхній пуансон; 3 - нижній пуансон.

Рисунок 1.19 – Будова найпростішої прес-форми

Спiкання. Далi заготовка пiддається операцiї спiкання. Iснують рiзні типи обладнання, що використовуються для спiкання ущiльненого металевого порошку:

- Стрiчковi печi безперервної дiї. Цi печi використовуються для великотоннажного виробництва i можуть безперервно спикати металевi порошки в контрольованiй атмосферi.
- Печi перiодичної дiї. Цi печi використовуються для дрiбносерiйного виробництва i можуть працювати в повітряній, вiдновлювальній або iнертній атмосферi. Вони здатні досягати високих температур i тривалих циклiв спiкання.
- Штовхальнi печi. Цi печi використовуються у великосерiйному виробництві i можуть обробляти велику кiлькiсть спечених деталей за один раз. Вони використовують конвеєрну систему для перемiщення деталей через пiч.
- Вакуумнi печi. Цi печi працюють при низькому тиску i високих температурах, що робить їх iдеальними для спiкання хiмiчно активних металiв, таких як титан i цирконiй. Вони пропонують високоякiсну спечену продукцiю з мiнiмальним забрудненням.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	Недокум.	Пiдпис	Дата		

- Обладнання для мікрохвильового спікання. Ці печі використовують мікрохвилі для нагрівання і спікання металевого порошку. Вони забезпечують швидке нагрівання і швидкість спікання, а також можуть виробляти високоякісні спечені деталі з відмінними механічними властивостями.
- Обладнання для іскрового плазмового спікання. Це обладнання використовує комбінацію тиску та імпульсних електричних струмів для спікання металевого порошку. Воно здатне виробляти спечені деталі високої щільності з відмінними механічними властивостями за короткий проміжок часу.

В нашій схемі завантажуюмо заготовку у піч, де вона піддається спіканню при температурі 1200-1250 °С на протязі 2 годин у захисному середовищі водню. Водень добре підходить для використання як захисне середовище під час спікання через його унікальні властивості та хімічну інертність щодо більшості металів і сплавів.

По-перше, водень має низьку молекулярну масу, що дає йому змогу швидко проникати в пори і тріщини матеріалу, забезпечуючи ефективний захист від окислення та інших окислювальних процесів.

По-друге, водень хімічно інертний щодо більшості металів і сплавів, що дає змогу використовувати його як захисне середовище без ризику зміни хімічного складу матеріалу і погіршення його властивостей.

Крім того, водень має високу теплопровідність і здатний швидко відводити тепло від зони спікання, що сприяє більш рівномірному розподілу температури і запобігає можливості перегріву або переплавлення матеріалу.

Також водень є дешевим і екологічно чистим середовищем, що робить його привабливим вибором для промислового виробництва.

Загалом, використання водню як захисного середовища під час спікання забезпечує більш високу якість і більш рівномірні властивості матеріалу, а також покращує продуктивність і ефективність процесу виробництва.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Заготовки укладають на піддони з жароміцної сталі, які просуваються вздовж печі назустріч захисному газу. Спикання має основною метою збільшення міцності виробу. З конгломерату частинок створюється більш-менш щільний і однорідний матеріал. Під час спикання утворюються сульфідні шари спочатку на поверхні, а потім і в порах. Цей тонкий шар сульфідів забезпечує підвищену зносостійкість та твердість матеріалу.

У нашому випадку, для операції спикання скористаємось муфельною што-вхальною водневою піччю.

Просочення. Просочення порошкових виробів сіркою є ефективним методом для поліпшення їхніх властивостей та збільшення стійкості до агресивного середовища. Втулки підшипника ковзання, що працюють в умовах агресивного середовища, можуть бути особливо вразливими до корозії, що може призвести до зниження їх ефективності та скорочення терміну їх служби. Проте, просочення порошкових виробів сіркою може допомогти запобігти цьому.

Просочення порошкових виробів сіркою полягає у використанні розчину сірки, яким потім просочують деталь. Цей процес може бути виконаний різними способами:

- Просочення зануренням;
- Інфільтраційне просочення;
- Просочення під тиском;
- Просочення розпиленням;
- Просочення деталей у вакуумі в розплаві сірки.

У нашому випадку застосуємо спосіб занурення у сірку за температури 140-160°C на 10-15 хв. Під час просочення, сірка проникає в пори та тріщини поверхні виробу та реагує з металом, утворюючи сульфідний шар.

Відпал після просочення. Просочення сіркою широко використовується в порошковій металургії для поліпшення оброблюваності деталей. Оброблюваність - це здатність матеріалу піддаватися різанню або формуванню з мінімаль-

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

ним пошкодженням інструменту і без надмірного зносу. Сірка покращує оброблюваність, утворюючи з металом м'яку, легкоплавку евтектику, яка діє як мастило під час обробки.

Однак сірчане просочення може також мати негативний вплив на механічні властивості деталі, наприклад, знижувати її міцність і пластичність. Це відбувається тому, що сірка може дифундувати в металеву матрицю і утворювати крихкі сполуки, що призводить до зниження в'язкості та опору втомі. Тому після просочення сіркою часто застосовують відпал для відновлення механічних властивостей деталі.

Процес відпалу служить декільком цілям:

- Відновлення: Це процес відновлення механічних властивостей деталі до стану до просочення сіркою. Під час відпалу металева матриця нагрівається до температури, при якій дифузія сірки прискорюється, що дозволяє сірці дифундувати з металу і повернутися до свого початкового стану. Цей процес може тривати кілька годин, залежно від розміру та складності деталі.
- Рекристалізація: Це процес формування нових, дрібніших зерен в металевій матриці. Під час просочення сіркою металева матриця може деформуватися і деформуватися через утворення сполук сірки. Відпал допомагає зняти цю напругу, утворюючи нові, менші зерна, які не містять сірки.
- Зростання зерна: Це процес збільшення розміру нових зерен, що утворюються під час рекристалізації. Це можна контролювати температурою і часом відпалу, а також швидкістю охолодження після відпалу.

Загалом, відпал після сірчаного просочення є важливим етапом у порошковій металургії, щоб гарантувати, що механічні властивості деталі не будуть погіршені процесом сірчаного просочення. Процес відпалу можна оптимізувати для кожної конкретної деталі, щоб забезпечити досягнення бажаних механічних властивостей.

В цілому, для даної операції можемо скористуватись аналогічною піччю, яку використовували для операції спікання.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Калібрування. Останнім етапом у виготовленні деталі є калібрування, що проводиться з метою усунення викривлення та для отримання виробів із заданими кінцевими розмірами. Калібрування представляє собою своєрідне допресування спечених матеріалів при 10-30 % від тиску пресування. Воно забезпечує надання виробу остаточних необхідних розмірів, отримання поверхні високої чистоти та зменшення розміру заповнених сіркою порових каналів (що підвищує ресурс роботи підшипника в режимі самозмащування, бо дещо скорочує кількість сірки, що надходить на поверхні, що труться, за одиницю часу, не погіршуючи умов роботи вузла тертя) і зміцнює деталі.

У найпростішому випадку прес для калібрування являє собою модернізований прес для пресування порошку. Модернізація полягає в оснащенні такого преса спеціальним прес-інструментом і пристроєм для встановлення каліброваних заготовок у прес-інструмент. Існують наступні види обладнання для калібрування заготовок:

- Ексцентриково-кулачкові преси. Такі преси відрізняються незалежним рухом верхнього і нижнього пуансонів, оскільки у них відсутній постійний жорсткий зв'язок між головним валом і повзуном, характерний для кривошипних пресів. Ексцентрикові преси забезпечують більш тривале навантаження порошку під час пресування: кут повороту колінного вала кривошипного преса у фазі "навантаження" становить максимум 180° , ексцентрика - до 200° .

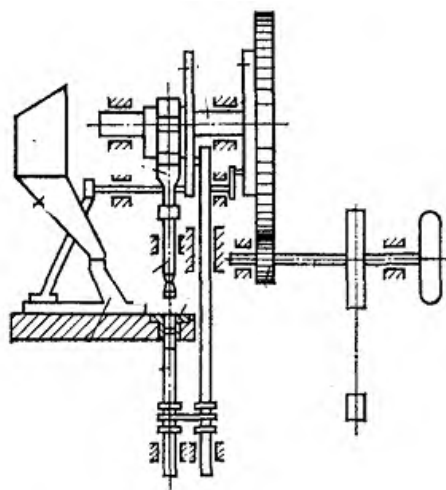
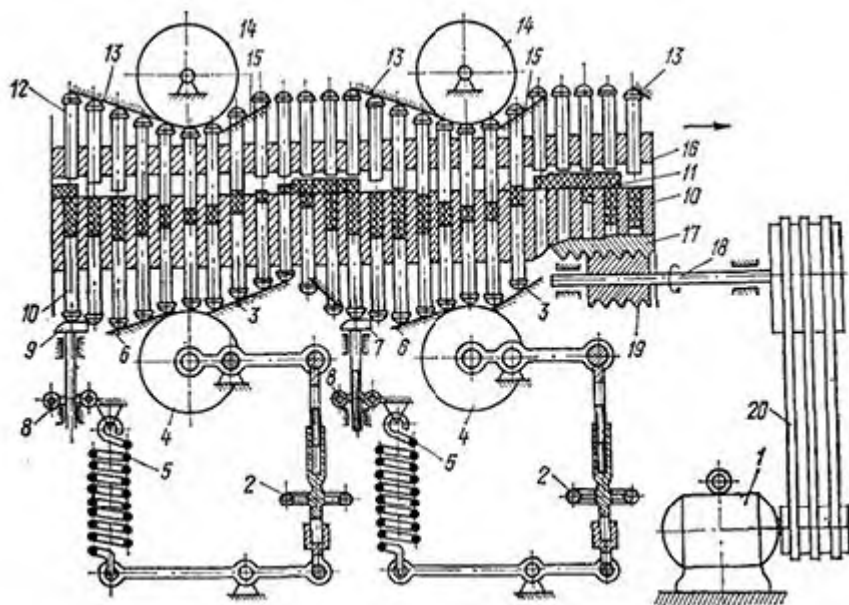


Рисунок 1.20 – Кінетична схема ексцентрикового пресу

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		51

- Роторний прес-автомат. Кінематична схема роторного преса-автомата представлена на рис. 1.21. Ротор 16 (обертотий стіл преса) приводиться в обертання від електродвигуна 1 через клиноремінну передачу 20 і черв'як 19. На поверхні ротора розташовані матриці прес-форм, у які засипають пресований порошок із касет-живильників 11. Над матрицями і під ними розташовані верхні 12 і нижні 10 пуансони, що ковзають по копіях. На ділянці копирів 7 і 9 відбувається остаточне дозування порошку, на ділянці копирів 6 і 13 порошок ущільнюється попередньо, а під час обминання пуансонами роликів 4 і 14 - остаточно, після чого пресування виштовхується нижніми пуансонами.

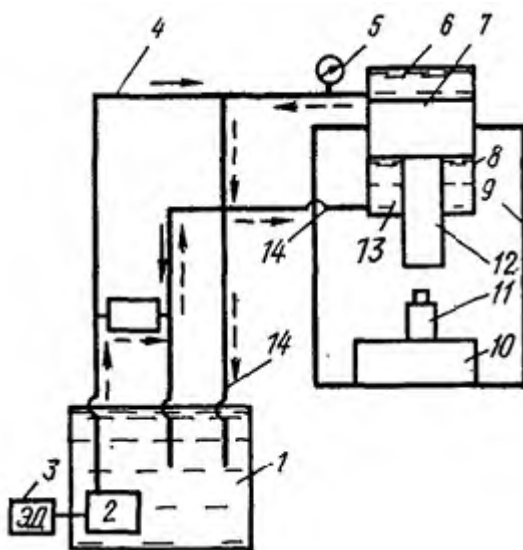


1 - електродвигун; 2 - маховик регулятора тиску; 3, 15 - копіри виштовхувача; 4, 14 - ролики; 5 - пружини; 6, 13 - копіри для пресування; 7, 9 - дозувальні копіри; 8 - маховик регулятора висоти пресовок; 10 - нижній пуансон; 11 - розподільник порошку з бар'єром для зштовхування пресовок; 12 - верхній пуансон; 16 - ротор; 17 - черв'ячний вінець; 18 - вал; 19 - "черв'як"; 20 - пасова передача

Рисунок 1.21 – Кінематична розгорнута схема роторного прес-автомату

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		52

- Гідравлічний прес. На рис. 1.22 показано основні компоненти гідравлічного преса. Гідравлічні преси мають низку переваг порівняно з механічними, зокрема відносно просту конструкцію, здатність створювати зусилля до 2000 тонн, менші габарити, меншу вагу та вартість, а також можливість плавного регулювання швидкості руху та зусилля пресування робочих частин. Однак гідравлічні преси мають деякі недоліки, такі як нижча продуктивність і надійність, які залежать від якості гідравлічного та електрогідравлічного обладнання.



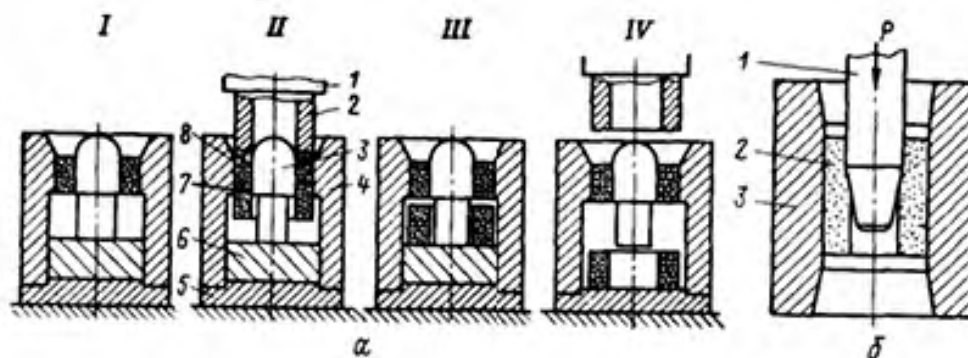
1 - масляний бак; 2 - насос; 3 - електропривід; 4 - напірний трубопровід; 5 - манометр; 6 - верхня порожнина основного циліндра; 7 - плунжер; 8 - основний циліндр; 9 - станина; 10 - стіл; 11 - прес-форма; 12 - шток; 13 - нижня порожнина основного циліндра; 14 - зливні трубопроводи.

Рисунок 1.22 – Основні елементи конструкції гідравлічного пресу

Зазвичай калібрування проводять за висотою і поперечним (зовнішнім або внутрішнім) розміром окремо або спільно. Тому заведено розрізняти такі способи калібрування: 1) за зовнішньою поверхнею; 2) за внутрішньою поверхнею; 3) за зовнішньою і внутрішньою поверхнями послідовно або одночасно з виштовхуванням деталі донизу або догори.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		53

На рис. 1.23 наведено принципові схеми калібрування спечених виробів по зовнішній і внутрішній поверхнях спільно (рис. 1.23, а) або окремо (рис. 1.23, б)



а - для спільного (комбінованого) калібрування: I - IV - цикли калібрування; 1 - пуансонотримач; 2 - верхній пуансон; 3 - калібрувальний пуансон; 4 - матриця;

5 - підставка; 6 - плита; 7, 8 - деталі, що калібруються;

б - для роздільного калібрування спочатку зовнішньої поверхні під час проходження втулки через матрицю, а потім її внутрішньої поверхні під час проходження пуансона через отвір у втулці: 1 - калібрувальний пуансон; 2 - втулка,

що калібрується; 3 - матриця

Рисунок 1.23 – Прес-форми для калібрування

У першому випадку (рис. 1.23, а) використовують незакріплений самовстановлювальний (плаваючий) пуансон, положення якого фіксують деталлю, що калібрується (I). Під час калібрування (II) втулка переміщається відносно матриці й одночасно плаваючого пуансона, який у цей момент утримується в матриці каліброваною деталлю й опорною плитою. Проштовхування деталі через калібрувальне вічко матриці здійснюється тиском верхнього пуансона на наступну деталь, що підлягає калібруванню. Після проштовхування першої деталі вниз (III) плаваючий пуансон утримується в матриці другою деталлю. Під час переміщення опорної плити на себе прокалібрована перша деталь падає на підставку (IV) і виштовхується з прес-форми під час повернення опорної плити в початкове положення. Потім цикли I - IV повторюються. У другому випадку

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		54

(див. рис. 1.23, б) калібрувальний пуансон проштовхують через внутрішній отвір деталі.

Використання прес-форми для роздільного калібрування дозволяє контролювати розміри внутрішньої та зовнішньої поверхні деталі окремо, але використання таких прес-форм може зайняти більше часу та потребувати більш важкого обладнання. Тоді як, прес-форми для спільного калібрування можуть бути кращим вибором, оскільки процес калібрування відбувається в одній операції, що забезпечує вищу продуктивність і ефективність. Однак, такі прес-форми можуть не забезпечувати такий самий рівень контролю розмірів, як прес-форми для роздільного калібрування. У випадку з втулками, які будуть використовуватися в текстильній промисловості, велика точність розмірів може не бути критичною, оскільки ці втулки зазвичай використовуються для передавання руху і не вимагають дуже точної геометрії. Отже, зупинимо свій вибір на прес-формі для спільного (комбінованого) калібрування (рис. 1.23, а).

1.2.4 Технологічний контроль і контроль якості операції

Технологічний контроль і контроль якості є критично важливими аспектами виробництва деталей порошкової металургії. Технологічний контроль стосується моніторингу та коригування різних етапів виробничого процесу, щоб забезпечити відповідність кінцевого продукту бажаним специфікаціям. Контроль якості, з іншого боку, передбачає тестування та перевірку готового продукту, щоб переконатися, що він відповідає необхідним стандартам якості.

У виробництві деталей порошкової металургії є кілька ключових етапів, на яких технологічний контроль має важливе значення. До них відносяться:

Виробництво порошку: Якість порошку, що використовується в порошковій металургії, має безпосередній вплив на кінцевий продукт. Тому виробництво високоякісного порошку вимагає ретельного контролю таких факторів, як розмір частинок, морфологія та хімічний склад.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Змішування: Змішування порошку з іншими добавками має вирішальне значення для досягнення бажаних характеристик кінцевого продукту. Технологічний контроль на цьому етапі передбачає моніторинг часу змішування, температури і тиску для забезпечення однорідності суміші.

Ущільнення: Ущільнення передбачає пресування порошкової суміші до певної форми та розміру. Технологічний контроль на цьому етапі передбачає контроль тиску, температури і часу процесу ущільнення, щоб гарантувати, що кінцевий продукт має бажану щільність і міцність.

Спікання: Спікання передбачає нагрівання спресованого порошку до високої температури для злиття частинок між собою. Технологічний контроль на цьому етапі передбачає контроль температури, атмосфери і часу процесу спікання, щоб гарантувати, що кінцевий продукт має бажану щільність, міцність та інші властивості.

Контроль якості у виробництві деталей порошкової металургії передбачає тестування та перевірку готового продукту, щоб переконатися, що він відповідає необхідним стандартам якості. Деякі з найпоширеніших тестів контролю якості включають:

Перевірка розмірів. Включає в себе вимірювання розмірів кінцевого продукту, щоб переконатися, що він відповідає необхідним специфікаціям.

Випробування на твердість. Вимірювання твердості кінцевого продукту, щоб переконатися, що він має необхідну міцність.

Аналіз мікроструктури. Аналіз мікроструктури кінцевого продукту, щоб переконатися, що він має бажані властивості, такі як пористість, розмір зерен і розподіл.

Візуальний контроль. Передбачає візуальний огляд кінцевого продукту, щоб переконатися, що він не має дефектів, таких як тріщини, порожнечі та інші недосконалості.

Загалом, поєднання технологічного контролю та контролю якості має важливе значення для забезпечення виробництва високоякісних деталей порошкової металургії, які відповідають необхідним специфікаціям і стандартам.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

1.3 Розрахунок і складання матеріального балансу

Матеріальний баланс - це співвідношення між кількістю сировини, матеріалів, напівфабрикатів і побічних продуктів, використаних у процесі виробництва, та фактичною кількістю готової продукції, відходів і втрат. Він відображає співвідношення між теоретично досяжним обсягом виробництва готової продукції та обсягом виробництва, який досягається на практиці. Це співвідношення ілюструється рівнянням матеріального балансу, яке має вигляд:

$$C_1 = (C_2 + C_3 + C_4) + C_5,$$

де C_1 – кількість вихідної сировини; C_2 – кількість готової продукції; C_3 – кількість побічних продуктів; C_4 – кількість відходів; C_5 – кількість втрат.

Матеріальний баланс лежить в основі регламенту виробництва і дає можливість оцінити рівень організації технологічного процесу, порівняти ефективність його проведення на різних виробництвах, що випускають однойменну продукцію. Тобто чим менша частка різного роду втрат, тим більш правильний процес виробництва. Таким чином, матеріальний баланс характеризує досконалість технологічного процесу, а отже, має велике практичне значення. Матеріальний баланс може бути поданий як у вигляді алгебраїчного рівняння, так і у формі таблиць надходження й витрат матеріалів, що є характерним для технологічних регламентів виробництва. У прибутковій частині балансу зазначається кількість матеріалів, уведених у виробництво, а у видатковій частині — кількість отриманих матеріалів і втрат. У підсумку прибуткова і видаткова частини балансу повинні становити однакові суми [16].

Складається матеріальний баланс як для технологічного процесу загалом, так і на кожному окрему стадію або технологічну операцію. Для складання матеріального балансу з окремих операцій і всьому технологічному процесу у цілому визначальним є продуктивність дільниці, яка вказується в завданні на проєкт, тобто 775 000 дет./ рік. Розрахунки ведуться відносно добової продуктивності, для визначення якої необхідно розрахувати час роботи обладнання на

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

рік. Час роботи обладнання залежить від кількості робочих днів на рік та простою на планово-попереджувальні ремонти. Число днів, необхідне для ремонту обладнання неавтоматизованого виробництва, визначають на підставі графіку планово – попереджувального ремонту, який складають за нормативними заводськими даними та досвіду роботи. При його складанні необхідно врахувати можливість організації та проведення ремонту у вихідні та святкові дні.

Таблиця 1.5 - Графік планово-попереджувального ремонту обладнання

Обладнання	1 квартал			2 квартал			3 квартал			4 квартал			Усього, год
	Місяці												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Просіювання (Вібраційне сито)								$\frac{20}{4}O$		$\frac{20}{8}C$			12
Відпал (Штовхальна піч)										$\frac{1-5}{40}K$			40
Спікання (Штовхальна піч)										$\frac{1-5}{40}K$			40
Просочення (система)						$\frac{20}{4}O$				$\frac{20}{4}O$			8
Відпал (Штовхальна піч)										$\frac{1-5}{40}K$			40
Пресування (односторонній прес)		$\frac{20}{4}O$				$\frac{20}{4}O$				$\frac{20}{8}C$			16
Калібрування (прес-форма для калібрування)						$\frac{20}{4}O$				$\frac{20}{8}C$			12
Усього												168	

Примітка: Чисельник - день місяця; знаменник - кількість годин; O - огляд; C - середній ремонт; K - капітальний ремонт.

Загальна кількість днів на ремонт: 168 год : 8 год = 21 день.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		58

Якщо в рокові при загальній кількості календарних днів 365 кількість вихідних та святкових становить 105 днів, час відведений на планово-ремонтні роботи обладнання – 21 день, та загальнонаціональні свята тривають в сумі 9 днів, то дійсний фонду часу роботи обладнання: $365 - 105 - 21 - 9 = 230$ робочих днів.

Таблиця 1.6 – Баланс часу роботи дільниці

№ п/п	Елементи балансу	Кількість днів
1	Календарне число днів	365
2	Час на планово-попереджувальний ремонт	21
3	Загальнонаціональні свята	9
4	Вихідні дні	105
5	Неробочі дні дільниці	129
6	Робочі дні дільниці	230

Добова продуктивність за готовою продукцією:

$$A = \frac{G}{n} = \frac{775\,000}{230} = 3369 \text{ дет.}$$

або

$$3369 \cdot 0,06 = 202,14 \text{ кг}$$

де G – кількість виробництва деталей в рік;

n – кількість робочих днів

Деталь, яка виготовляється показана на рисунку 1.10. Тому маса однієї деталі (втулки) з урахуванням щільності матеріалу – 0,06 кг.

У процесі переробки сировини мають місце втрати як технологічні, так і механічні, тому для визначення добової продуктивності вводити матеріали в процес потрібно з деяким надлишком для компенсації цих втрат. Як правило, технологічні втрати є незворотними. Механічні втрати можуть бути незворотними та зворотними. Якщо втрати можна повернути в технологічний процес безпосередньо або після відповідної переробки, запланованої на підприємстві,

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

то такі втрати є зворотними. Втрати враховуємо шляхом визначення виходу придатного φ . Обчисливши вихід придатного, можна визначити кількість матеріалу, яка має надходити на початок процесу з урахуванням втрат (A_0).

$$A_0 = A \cdot \frac{100}{\varphi},$$

Втрати на операціях з виготовлення втулок представлені у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Витрати на операціях з виготовлення втулок

<u>Незворотні витрати</u>	<u>Технологічний процес</u>	<u>Зворотні витрати</u>
0,5	Просів	0
0,2	Відпал	0,1
0,5	Пресування	0,2
0,8	Спікання	0
0,3	Просочення	0,1
0,2	Відпал	0,1
1	Калібрування	0

Для визначення виходу придатного проводимо такі розрахунки.

Прямий поопераційний витяг на кожній операції:

- На першій операції: $\eta_1 = 100 - (0,5 + 0) = 99,5$;
- На другій операції: $\eta_2 = 100 - (0,2 + 0,1) = 99,7$;
- На третій операції: $\eta_3 = 100 - (0,5 + 0,2) = 99,3$;
- На четвертій операції: $\eta_4 = 100 - (0,8 + 0) = 99,2$;
- На п'ятій операції: $\eta_5 = 100 - (0,3 + 0,1) = 99,6$;
- На шостій операції: $\eta_6 = 100 - (0,2 + 0,1) = 99,7$.
- На сьомій операції: $\eta_6 = 100 - (1,0 + 0) = 99,0$.

Загальний витяг на кожній операції φ відносно вихідного матеріалу визначаємо за формулою):

$$\varphi = \left(\frac{\eta_1}{100} \cdot \frac{\eta_2}{100} \cdot \frac{\eta_n}{100} \right) \cdot 100 = \frac{\eta_1 \eta_2 \dots \eta_n}{100^{n-1}},$$

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Отримаємо:

- $\varphi_1 = \eta_1 = 99,5;$
- $\varphi_2 = \varphi_1 \cdot \eta_2 / 100 = 99,5 \cdot 99,7 / 100 = 99,2015;$
- $\varphi_3 = \varphi_2 \cdot \eta_3 / 100 = 99,2015 \cdot 99,3 / 100 = 98,5071;$
- $\varphi_4 = \varphi_3 \cdot \eta_4 / 100 = 98,5071 \cdot 99,2 / 100 = 97,719;$
- $\varphi_5 = \varphi_4 \cdot \eta_5 / 100 = 97,719 \cdot 99,6 / 100 = 97,3281;$
- $\varphi_6 = \varphi_5 \cdot \eta_6 / 100 = 97,3281 \cdot 99,7 / 100 = 97,0362;$
- $\varphi_7 = \varphi_6 \cdot \eta_7 / 100 = 97,0362 \cdot 99,0 / 100 = 96,0658;$

Визначаємо кількість сировини, яку необхідно направляти на початок процесу в перший день. Для цього використовуємо формулу:

$$A_0 = A \cdot \frac{100}{\varphi},$$

$$A_0 = \frac{202,14 \cdot 100}{96,0658} = 210,4183.$$

Визначаємо втрати відносно вихідного матеріалу на кожній операції α_n (β_n) згідно з формулою:

$$a_n(\beta_n) = \frac{a_n(\beta_n)\varphi_{n-1}}{100}.$$

Отримаємо:

Таблиця 1.8 – Втрати відносно вихідного матеріалу на кожній операції

<u>Операції</u>	<u>Зворотні</u>	<u>Незворотні</u>
Перша	$a_1 = 0$	$\beta_1 = 0,5$
Друга	$a_2 = 0,1 \cdot \frac{99,5}{100} = 0,0995$	$\beta_2 = 0,2 \cdot \frac{99,2015}{100} = 0,1984$
Третя	$a_2 = 0,2 \cdot \frac{99,2015}{100} = 0,1984$	$\beta_3 = 0,5 \cdot \frac{98,5071}{100} = 0,4925$
Четверта	$a_4 = 0$	$\beta_4 = 0,8 \cdot \frac{97,7190}{100} = 0,7818$
П'ята	$a_5 = 0,1 \cdot \frac{97,719}{100} = 0,0977$	$\beta_5 = 0,3 \cdot \frac{97,3282}{100} = 0,2930$
Шоста	$a_6 = 0,1 \cdot \frac{97,3281}{100} = 0,0973$	$\beta_6 = 0,2 \cdot \frac{97,0362}{100} = 0,1941$
Сьома	$a_7 = 0$	$\beta_7 = 1 \cdot \frac{97,0658}{100} = 0,9607$

Розраховуємо абсолютні втрати у кілограмах за формулою:

$$q_n^a(q_n^b) = \frac{A_0 a_n(\beta_n)}{100}.$$

Отримаємо результати, які показані в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Абсолютні втрати відносно вихідного матеріалу на кожній операції

<u>Зворотні</u>	<u>Незворотні</u>
$q_1^a = 0$	$q_1^b = 0,5 \cdot \frac{210,4183}{100} = 1,0521$
$q_2^a = 0,0995 \cdot \frac{210,4183}{100} = 0,2094$	$q_2^b = 0,199 \cdot \frac{210,4183}{100} = 0,4175$
$q_3^a = 0,1984 \cdot \frac{210,4183}{100} = 0,4175$	$q_3^b = 0,4960 \cdot \frac{210,4183}{100} = 1,0364$
$q_4^a = 0$	$q_4^b = 0,7880 \cdot \frac{210,4183}{100} = 1,6449$
$q_5^a = 0,0977 \cdot \frac{210,4183}{100} = 0,2056$	$q_5^b = 0,2932 \cdot \frac{210,4183}{100} = 0,6144$
$q_6^a = 0,0973 \cdot \frac{210,4183}{100} = 0,2048$	$q_6^b = 0,1947 \cdot \frac{210,4183}{100} = 0,4084$
$q_7^a = 0$	$q_7^b = 0,9704 \cdot \frac{210,4183}{100} = 2,0214$

Далі, обчислюємо суму зворотних витрат і визначаємо масу матеріалу, яка має надходити кожен день на початок процесу (В) за формулою:

$$B = A_0 - \sum q_n^a,$$

$$B = 200,3803 - (0,2094 + 0,4175 + 0,2056 + 0,2048) = 209,3810 \text{ кг}$$

Визначаємо масу матеріалу, що надходить на кожну операцію і виходить з неї:

На першу операцію: - надходить: $209,3810 + 0,2094 = 209,5904$ кг;

- виходить: $209,590 - 1,0521 = 208,5383$ кг

На другу операцію: - надходить: $208,5383 + 0,4175 = 208,9557$ кг;

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		62

- виходить: $208,9557 - 0,4175 = 208,5383$ кг

На третю операцію: - надходить: 208,5383 кг;

- виходить: $208,5383 - 1,0364 = 207,5019$ кг

На четверту операцію: - надходить: $207,5019 + 0,2056$ кг = 207,7075;

- виходить: $207,7075 - 1,6449 = 206,0626$ кг

На п'яту операцію: - надходить: $206,0626 + 0,2048 = 206,2674$ кг

- виходить: $206,2674 - 0,6144 = 205,6530$ кг

На шосту операцію: - надходить: 205,6530 кг;

- виходить: $205,6530 - 0,4084 = 205,2446$ кг

На сьому операцію: - надходить: 205,2446 кг;

- виходить: $205,2446 - 2,0214 = 203,2232$ кг

Таблиця 1.10 – Поопераційний матеріальний баланс

Назва операції	Поопераційні втрати, %			Прямий поопераційний витяг, %	Загальний витяг, %	Втрати відносно введеного матеріалу, %		Абсолютні втрати, кг		Маса матеріалу, що надходить на операцію, кг			Маса матеріалу, що виходить з операції, кг
	Зворотні	Незворотні	Загальні			Зворотні	Незворотні	Зворотні	Незворотні	З попередньої операції	Зворотні втрати	Всього	
Просів	0	0,5	0,5	99,5	99,5	0	0,5	0	1,0521	209,3810	0	209,3810	208,5383
Відпал	0,1	0,2	0,3	99,7	99,2015	0,0995	0,1984	0,2094	0,4175	208,9557	0,2094	209,381	208,5383
Пресування	0,2	0,5	0,7	99,3	98,5071	0,1984	0,4925	0,4175	1,0364	208,5383	0,4175	209,1651	207,5019
Спікання	0	0,8	0,8	99,2	97,719	0	0,7818	0	1,6449	207,7075	0	208,9558	206,0626
Просочення	0,1	0,3	0,4	99,6	97,3281	0,0977	0,2920	0,2056	0,6144	206,2674	0,2056	207,7075	205,6530
Відпал	0,1	0,2	0,3	99,7	97,0361	0,0973	0,1941	0,2048	0,4084	205,6530	0,2048	206,473	205,2446
Калібрування	0	1	1	99,00	96,0658	0	0,9607	0	2,0214	205,2446	0	205,8578	203,2232

1.4 Вибір і розрахунок кількості обладнання

Ефективне та раціональне використання обладнання має важливе значення для максимізації обсягів виробництва при мінімізації собівартості продукції. У порошковій металургії вибір обладнання та розрахунок кількості необхідного обладнання може мати значний вплив на загальний успіх виробничого процесу.

Цей розділ дипломної роботи має на меті розглянути різні фактори, які впливають на вибір і розрахунок кількості обладнання, необхідного для виготовлення деталей з металевого порошку. У розділі будуть розглянуті основні типи обладнання, що використовуються в порошковій металургії, і параметри, що впливають на їх вибір. Крім того, буде розглянуто, як розраховується кількість необхідного обладнання на основі виробничих потужностей і бажаної продуктивності процесу.

Основна мета розділу - забезпечити комплексне розуміння вибору і розрахунку обладнання в порошковій металургії. Наприкінці цього розділу буде представлено повне уявлення про фактори, що впливають на вибір обладнання, а також про те, як розрахувати кількість обладнання, необхідного для конкретних процесів для виготовлення деталі з порошкових матеріалів.

Під час розрахунків кількості одиниць обладнання кожного типу слід виходити з поопераційного балансу матеріалів технологічного процесу, з якого відомо кількість матеріалу, перероблюваного на цьому обладнанні. Розрахункову кількість одиниць обладнання $n_{роз}$ визначають за формулою:

$$n_{роз} = \frac{G_m}{p\tau},$$

Де G_m – маса матеріалу, який необхідно переробити на операції за добу, кг;

p – продуктивність агрегату, кг/год;

τ - кількість годин роботи на добу.

Якщо при розрахунку значення $n_{роз}$ вийде дробовим числом, як це часто буває, то його округлюють до найближчого більшого цілого числа.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

З урахуванням того, що є обладнання котре потребує частого ремонту, беруть фактичну кількість обладнання n_{ϕ} на одиницю більше, тобто $n_{\text{роз}+1}$ щоб не допустити зупинки виробництва. На основі отриманих даних розраховують коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_3 = \frac{n_{\text{роз}}}{n_{\phi}}$$

Кількість матеріалу, що перероблюється на такому типі обладнання, визначають з матеріального балансу за кількістю матеріалу, що надходить на операцію в тому випадку, якщо кількість днів роботи на рік збігається з кількістю днів роботи дільниці (N_d), що була визначена під час розрахунку матеріального балансу. Якщо кількість днів роботи обладнання інша, то добове завантаження визначають додатково за формулою:

$$G_{\text{доб.}} = \frac{G_m N_d}{N_{\text{об}}},$$

де, G_m – кількість матеріалу, що надходить на операцію згідно з матеріальним балансом;

$N_{\text{об}}$ – кількість днів роботи обладнання протягом року.

Для того, щоб обрати необхідну кількість обладнання, важливо визначити продуктивність агрегату, яку розраховують для обраного обладнання відносно конкретних виробів або матеріалів, які планують виготовляти на виробництві.

1.4.1 Обладнання для просіву

Для отримання однорідності складу порошків, вони обов'язково піддаються операції сепарування: просіювання металевих частинок через спеціальні сита.

Продуктивність сит можна оцінити за формулою:

$$P = 36 \cdot h \cdot B \cdot K \cdot v \cdot \gamma \cdot 10^3,$$

де h – висота шару матеріалу в ситі, м; B – ширина сита, м; K – коефіцієнт розпушування порошку, $K = 0,4-0,6$; v – середня швидкість переміщення порошку, м/с; γ – густина матеріалу, кг/м³.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Визначаючи продуктивність сит необхідно враховувати, що крім параметрів процесу просіву і розмірів сит на їх продуктивність впливають спосіб подання матеріалу, властивості порошків (форма, розмір частинок, вологість), номер сітки, через яку проводиться просів [17].



Рисунок 1.24.1 – Вібраційне сито

Параметри вібраційного сита наведені в таблиці 1.11

Таблиця 1.11 – Характеристика вібраційного сита моделі М400

Модель	Розміри (мм)	Вага (кг)	Діаметр Вейлда (мм)	Площа сита (м ²)	Вхідний/ Вихідний діаметр (мм)	Потужність (КВт)	Висота сита (мм)	Середня швидкість переміщення (м/с)
М400	580*580*560	55	350	0,0962	150/110	0,25	90	0,08

Продуктивність обраного сита визначаємо за наведеною раніше формулою:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		66

$$P = 36 \cdot h \cdot B \cdot K \cdot v \cdot \gamma \cdot 10^3 = 36 \cdot 0,05 \cdot 0,58 \cdot 0,5 \cdot 0,08 \cdot 2 \cdot 10^3 = 83,52 \frac{\text{КГ}}{\text{ГОД}}$$

Необхідну кількість сит порахуємо за формулою:

$$n_{\text{роз}} = \frac{G_m}{p\tau} = \frac{200,9693}{83,52 \cdot 16} = 0,157.$$

Отже, достатньо одного сита з вищезазначеними характеристиками.

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_3 = \frac{n_{\text{роз.}}}{n_{\text{ф.}}} = \frac{0,157}{1} = 0,157.$$

Час роботи сита становить 16 годин на добу.

1.4.2 Обладнання для відпалу після просіювання

Відпал порошку є критично важливим етапом у виробництві високоякісних деталей порошкової металургії. Він передбачає нагрівання порошку до певної температури і витримування його там протягом певного часу, щоб забезпечити дифузію та гомогенізацію матеріалу. Параметри процесу, такі як температура, час витримки та атмосфера, мають значний вплив на якість кінцевого продукту. Тому точний розрахунок і проектування обладнання для відпалу порошку мають вирішальне значення для забезпечення виробництва високоякісних деталей порошкової металургії.

Конвеєрні печі застосовують для здійснення процесів термічної (спікання, відпал, загартування, відпуск) і хіміко-термічної (зневуглецювальний відпал, цементация тощо) обробки порошків і порошкових заготовок за температур не більше 1423 К. У конвеєрних печах горизонтального типу конвеєр, що складається з нескінченної стрічки-сітки, ведучого і веденого барабанів (зірочок), опорної частини, натяжного пристрою і приводу, переміщує вироби, укладені на стрічку, через багатозонну робочу камеру.

Муфельна штовхаюча електрична піч - це тип печі, який зазвичай використовується в порошковій металургії для відпалу і спікання металевого порошку.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Цей тип печей має штовхаючий механізм, який переміщує деталі через нагрівальну камеру, закриту муфелем. Муфель - це герметичний металевий контейнер, який захищає деталі від окислення і забруднення в процесі нагрівання.

Муфельна штовхаюча електрична піч має ряд переваг:

- **Контроль:** Механізм штовхача дозволяє точно контролювати процес нагрівання та охолодження, що має вирішальне значення для досягнення бажаних металургійних властивостей деталей.
- **Універсальність:** Муфельна штовхаюча електропіч може використовуватися для широкого діапазону розмірів і форм деталей, що робить її універсальним варіантом для порошкової металургії.
- **Ефективність:** Герметичний корпус муфеля мінімізує втрати тепла і знижує споживання енергії, роблячи процес більш ефективним і економічно вигідним.
- **Якість:** Корпус муфеля захищає деталі від окислення і забруднення, забезпечуючи високу якість і стабільність результатів.

Загалом, муфельна штовхаюча електрична піч є надійним і ефективним варіантом для відпалу і спікання металевого порошку в порошковій металургії. Здатність забезпечувати точний контроль, універсальність, ефективність і високоякісні результати роблять її популярним вибором у цій галузі.

У нашому випадку для операції відпалу після просіювання застосуємо муфельну штовхальну електропіч ЦЕП-144. Загальна схема муфельної печі представлена на рис. 1.25, а технічні характеристики обраної печі – в табл. 1.12.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.12. Характеристика штовхальної муфельної електропечі моделі ЦЕП-144

Характеристика	Модель
	ЦЕП-144
Продуктивність, кг/ч	10
Робоча температура, °С	1200
Потужність, кВт	28
Розмір робочого простору, м	0,14 x 0,25 x 1,0
Габаритні розміри, м	3,5 x 1,0 x 1,8
Робоче середовище	Водень
Вартість, грн	600 000

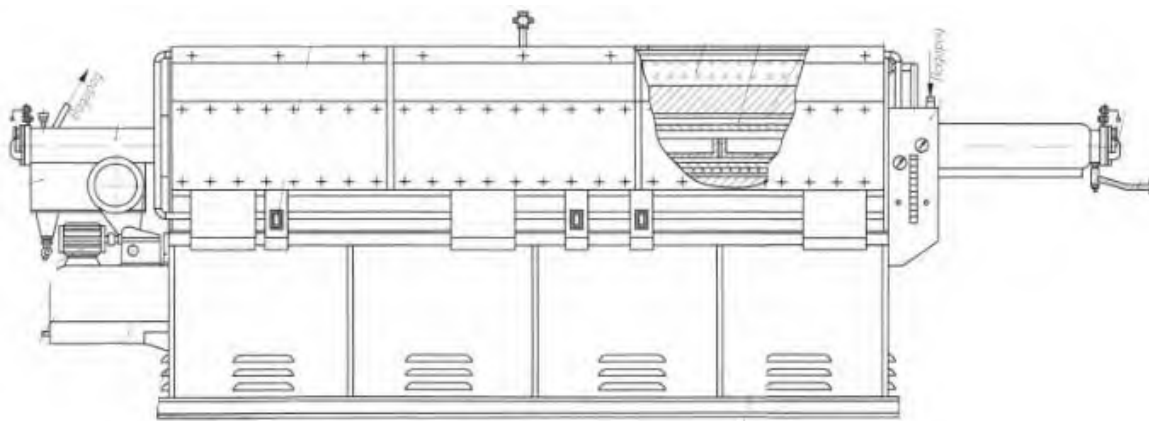


Рисунок 1.24.2 – Муфельна піч для відновлення у газовій атмосфері

Для початку розрахуємо необхідну швидкість проштовхування піддонів по довжині печі (мм/хв):

$$V_n = \frac{L}{t} = \frac{1}{60} = 0,05 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right) = 16 \text{ мм/хв},$$

де L – довжина зони нагріву, м;

t – час нагріву (ізотермічної витримки), хв.

Далі розрахуємо необхідний період проштовхування піддонів у печі:

$$N = \frac{l}{V_n} = \frac{500}{16} = 31,25 \text{ хв},$$

де l – довжина піддона (обираєм 500 мм).

Далі можемо розрахувати продуктивність печі:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		69

$$p_n = \frac{m60}{N},$$

де m – вага матеріалу порошку який можна завантажити на піддон (На піддон завантажуюємо 6 кг порошку)

Отримаємо:

$$m = 6 \text{ кг},$$

$$p_n = \frac{m60}{N} = \frac{6 \cdot 60}{31,25} = 5,88 \text{ кг/год}$$

Розрахункова кількість обладнання для відпалу після просіювання:

$$N_n = \frac{208,9557}{5,88 \cdot 24} = 1,481$$

Отже, необхідно дві печі з вищезазначеними характеристиками, для операції відпалу після просіювання

Коефіцієнт завантаження печей:

$$K_3 = \frac{1,481}{2} = 0,740$$

1.4.3 Обладнання для пресування

Процес пресування в порошковій металургії полягає в ущільненні сипучого металевого порошку до потрібної форми за допомогою механічного або гідравлічного преса. Порошок поміщається в порожнину матриці, і на частинки порошку чиниться тиск, в результаті чого вони деформуються і злипаються разом, утворюючи тверду масу. Площа пресування необхідних заготовок (рис. 1.10):

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{зов}} - S_{\text{отв}} = \frac{\pi}{4} * (D_{\text{зов}}^2 - D_{\text{вн}}^2) = \frac{3,14}{4} * (44^2 - 40^2) = 2,637 \text{ см}^2 .$$

Тиск пресування обираємо в межах 400 – 600 МПа

Для вибору пресу, визначаємо його зусилля використовуючи формулу:

$$P_{\text{пр}} = S_{\text{пр}} * p_{\text{пр}} * 1,25,$$

Де, $S_{\text{пр}}$ – площа пресування (2,637 см²)

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

$p_{пр}$ – тиск пресування (обираєм 400 МПа = 40 кН/см²)

Отримаємо зусилля пресу:

$$P_{пр} = S_{пр} * p_{пр} * 1,25 = 2,637 * 40 * 1,25 = 131,85 \text{ кН} .$$

Відповідно, обираємо обладнання – Енергас H-Frame Hydraulic Press P-392 (рис. 1.24.3) . Характеристики обладнання:

- Номінальне зусилля: 300 кН
- Найбільша висота засипки: 800 мм
- Найбільший розмір заготовок в плані: 500 мм x 500 мм
- Хід заготовки: 300 мм
- Кількість ходів пресуючого пуансону за хв: 20-25
- Потужність приводу: 8,5 кВт
- Габаритні розміри: 1600 мм x 1100 мм x 2200 мм
- Вага: приблизно 3500 кг

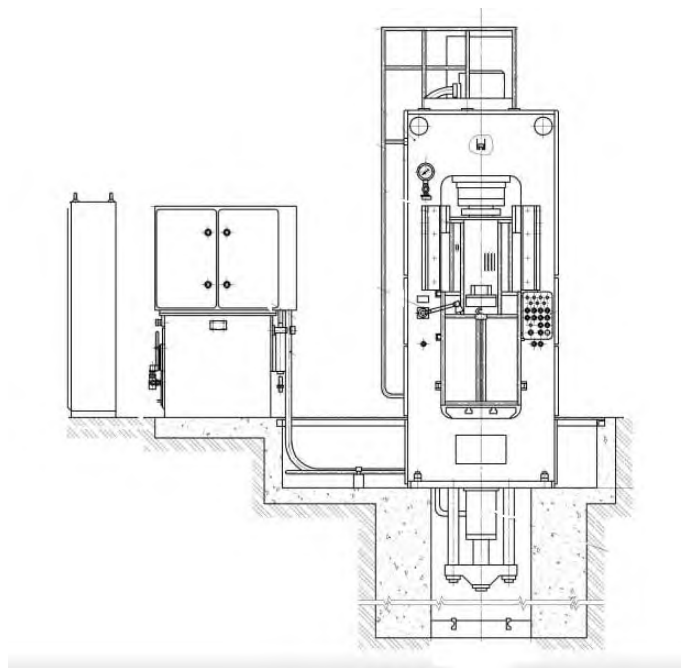


Рисунок 1.24.3 – Схематичне зображення гідравлічного пресу

Розрахуємо необхідну кількість пресів за формулою:

$$N_{пр} = \frac{N_{заг}}{(K_{пр} * 60 * \tau)}$$

де $N_{заг}$ – кількість заготовок яку потрібно спресувати за добу;

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

K_{np} – кількість ходів (пресувань) за хвилину (візьмемо 10 ход/хв)

Тоді,

$$N_{np} = \frac{3369}{(10 * 60 * 16)} = 0,351$$

Отже, достатньо одного пресу з вищезазначеними характеристиками.

Коефіцієнт завантаження пресу:

$$K_3 = \frac{0,351}{1} = 0,351$$

Час роботи преса становить 16 годин.

1.4.4 Обладнання для спікання

Для початку спікання просочених сіркою втулок нам знадобиться спеціалізоване обладнання, яке може працювати при високих температурах і забезпечувати необхідну атмосферу для процесу спікання.

Конкретне необхідне обладнання буде залежати від розміру, форми та кількості втулок, які ми спікаємо, а також від бажаних параметрів спікання.

Однак, як правило, для спікання металевих деталей використовується наступне обладнання:

- **Піч:** Високотемпературна піч необхідна для нагрівання втулок до необхідної температури спікання. Піч може бути періодичної або безперервної дії, а атмосферу всередині можна регулювати для досягнення певних умов спікання.
- **Лотки для спікання:** Втулки поміщаються в лотки для спікання, які призначені для того, щоб витримувати високі температури печі. Лотки повинні бути виготовлені з матеріалів, сумісних з матеріалом втулок і атмосферою спікання.
- **Система охолодження:** Після спікання втулки потрібно поступово охолоджувати, щоб запобігти розтріскуванню або деформації. Для цього зазвичай використовується система охолодження.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- **Система контролю газового потоку:** Якщо для процесу спікання необхідна певна атмосфера, може знадобитися система контролю газового потоку для регулювання потоку і складу газу всередині печі.

Важливо відзначити, що спікання - це складний процес, який вимагає ретельного контролю різних параметрів, таких як температура, час, атмосфера і тиск.

Отже, у нашому випадку скористаємось муфельною штовхальною електропеччю ЦЕП-144, такою ж, яку використовували для відпалу після просіву.

Для початку розраховуємо необхідну швидкість проштовхування піддонів по довжині печі, мм/хв:

$$V_n = \frac{L}{t} = \frac{1}{120} = 0,0083 \left(\frac{\text{М}}{\text{ХВ}} \right) = 8,3 \frac{\text{ММ}}{\text{ХВ}},$$

де L – довжина зони нагріву, м;

t – час нагріву (ізотермічної витримки), хв.

Далі, необхідно розрахувати період проштовхування піддонів у печі:

$$N = \frac{l}{V_n} = \frac{500}{8,3} = 60,241 \text{ хв},$$

Де l – довжина піддона (приймаємо за 500 мм)

Далі розраховуємо продуктивність печі за формулою:

$$p_n = \frac{q * 60}{N},$$

Де q – кількість матеріалу, що завантажується на один піддон.

На один піддон можна завантажити близько 165 деталей у три ряди по 0,06 кг, тоді:

$$q = 165 * 0,06 = 9,9 \text{ кг},$$

$$p_n = \frac{q * 60}{N} = \frac{9,9 * 60}{60,241} = 9,86 \text{ кг/год}$$

Розрахункова кількість обладнання: $N_{\text{п}} = 207,7075 / 9,86 \cdot 24 = 0,878$

В результаті, достатньо одної обраної печі для операції спікання.

Тоді, коефіцієнт завантаження складе:

$$K_3 = \frac{0,878}{1} = 0,878$$

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

1.4.5 Обладнання для просочення

Просочення - це процес заповнення пор матеріалу рідиною або газом, який може бути хімічним розчином або сумішшю речовин. Процес просочення може здійснюватися різними методами, такими як занурення, вакуумне просочення або просочення під тиском, залежно від матеріалу, що просочується, і бажаного результату.

У випадку сірчаного просочення втулок, виготовлених з порошкового металу, процес просочення, як правило, передбачає занурення в розчин, що містить сірку. Розчин може містити елементарну сірку, сполуки сірки, такі як сульфід натрію, або суміш сірки з іншими речовинами, такими як масло або смола.

Порошкові металеві втулки занурюються в розчин сірки, і розчин нагрівається до певної температури, щоб сприяти дифузії сірки в пори матеріалу. Точна температура і тривалість процесу просочення залежать від конкретних вимог до втулок і бажаного рівня вмісту сірки.

Під час процесу просочення молекули сірки дифундують в пори матеріалу втулки, заповнюючи порожнечі і створюючи багатий на сірку шар на поверхні втулки. Цей шар забезпечує самозмащувальний ефект, що покращує трибологічні властивості втулки, включаючи зносостійкість, коефіцієнт тертя і несучу здатність.

Після завершення процесу просочення втулкам зазвичай дають охолонути до кімнатної температури, а потім піддають фінішній обробці, такій як шліфування або хонінгування, щоб досягти бажаної шорсткості поверхні і точності розмірів.

Таким чином, просочення сіркою втулок, виготовлених з порошкового металу, передбачає занурення втулок в розчин, що містить сірку, який нагрівається для сприяння дифузії сірки в пори матеріалу. Процес просочення створює на поверхні втулки шар, багатий на сірку, що забезпечує ефект самозмащування, який покращує її трибологічні властивості.

Розмір просочувального бака, необхідного для серійного просочення, буде залежати від кількості та розміру втулок, що просочуються одночасно, а

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

також від просочувального розчину та умов обробки. Загалом, ємність повинна бути достатньо великою, щоб вмістити всі втулки, забезпечуючи при цьому належну циркуляцію просочувального розчину, з додатковим зазором близько 10 %.

Одним з варіантів просочення близько 205 кг втулок, кожна з яких важить 0,06 кг, за один робочий день є вакуумна просочувальна система моделі VPI-350 від Godfrey & Wing. Ця система призначена для просочення великих об'ємів і здатна обробляти велику кількість деталей.

Нижче наведені технічні характеристики цієї системи:

- Об'єм просочувального бака: 454 літри
- Максимальна вага деталі: 0,91 кг
- Час просочення: 20-60 хвилин
- Діапазон температур: до 204°C
- Діапазон тиску: до 150 psi
- Матеріал: нержавіюча сталь
- Електроживлення: 220В/380В, 50Гц/60Гц
- Розміри: 1830 мм (Д) x 990 мм (Ш) x 2286 мм (В)
- Потужність: 4,5 кВт
- Вага: 700 кг

Продуктивність вакуумної просочувальної системи моделі VPI-350 від Godfrey & Wing залежить від декількох факторів, включаючи розмір і кількість деталей, що просочуються, необхідний час просочення і конкретну конфігурацію системи.

Однак, виходячи з наданих специфікацій, ця система має велику ємність просочувального бака 454 літри і максимальну вагу деталі 0,91 кг, що робить її придатною для просочення великих обсягів. Час просочення для кожної партії може становити від 20 до 60 хвилин.

Припускаючи, що час просочення партії становить 60 хвилин, система може просочити 454 кг деталей за один 8-годинний робочий день (56,75 кг/год), або приблизно 7 566 втулок вагою 0,06 кг кожна.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Для розрахунку необхідної кількості установок скористаємось формулою:

$$N_B = \frac{G_1}{\rho_M \tau_M},$$

де G_1 – маса матеріалу, перероблюваного на операції за добу, кг;

ρ_M – продуктивність, кг/год;

τ_M – технологічний час роботи, год.

$$N_B = \frac{206,2674}{56,75 \cdot 8} = 0,454$$

Приймаємо 1 установку з коефіцієнтом завантаження:

$$K_3 = \frac{0,454}{1} = 0,454$$

Час роботи установки становить 8 годин на добу.

1.4.6 Обладнання для відпалу після просочення

Існує кілька типів обладнання, яке можна використовувати для відпалу після просочення сіркою в порошковій металургії, залежно від розміру і складності оброблюваних деталей. Деякі поширені варіанти, описані в роботі раніше, включають:

- Печі періодичної дії;
- Стрічкові печі;
- Штовхальні печі;
- Вакуумні печі;
- Інфрачервоні печі.

Загалом, вибір обладнання для відпалу залежить від конкретних вимог до оброблюваної деталі, а також від обсягу виробництва і бюджету виробника. У нашому випадку скористаємось такою ж моделлю печі, що використовувалась для відпалу після просіву та спікання – муфельна штовхальна електропіч ЦЕП-144.

Розрахункова кількість обладнання для відпалу після просочення:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

$$N_n = \frac{206,2674}{9,86 \cdot 24} = 0,872$$

Отже, у нашому випадку достатньо одної печі з вищезазначеними характеристиками для операції відпалу після просочення.

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$N_n = \frac{0,872}{1} = 0,872$$

1.4.7 Обладнання для калібрування

Коли мова йде про калібрування антифрикційних втулок, механічний прес є широко використовуваним обладнанням. Це пов'язано з тим, що механічний прес може забезпечити необхідну силу і прецизійність, необхідні для точного калібрування втулок відповідно до їх бажаних специфікацій.

Під час процесу спікання/відпалу втулки можуть деформуватися або спотворюватися, що може вплинути на їх продуктивність і термін служби. Тому важливо відкалібрувати їх, щоб переконатися, що вони мають правильну форму і розмір, а також усунути будь-які дефекти або недосконалості на їхніх поверхнях.

Перевага використання механічного преса для калібрування антифрикційних втулок полягає в тому, що він дозволяє точно контролювати величину прикладеної сили. Це важливо, оскільки різні втулки можуть потребувати різного рівня зусилля для досягнення бажаної форми і розміру. За допомогою механічного преса оператор може регулювати силу, що прикладається до втулки, поки вона не досягне необхідних специфікацій.

Крім того, механічний прес може рівномірно прикладати зусилля по всій поверхні втулки, гарантуючи, що вона буде рівномірно відкалібрована і не матиме нерівних ділянок або дефектів. Це має вирішальне значення для забезпечення продуктивності та терміну служби втулки.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Таким чином, механічний прес є важливим елементом обладнання для калібрування антифрикційних втулок після спікання. Завдяки його здатності забезпечувати точне і рівномірне зусилля, можна точно калібрувати і видаляти дефекти, забезпечуючи оптимальну продуктивність і термін служби втулки

Отже, враховуючи все вищезазначене, обираємо механічний прес – КБ 0626 (рис. 1.24.4). Ось характеристики цього пресу:

- Номінальне зусилля, кН: 400
- Найбільша висота засипки порошку, мм: 80
- Найбільший діаметр деталі в плані, мм: 50
- Хід пресуючої голівки, мм: 10-25
- Число ходів за хвилину: 12
- Потужність приводу, кВт: 7,5
- Габаритні розміри, м: 1,23 x 2,1 x 2,8
- Вартість, тис. грн.: 100 – 150

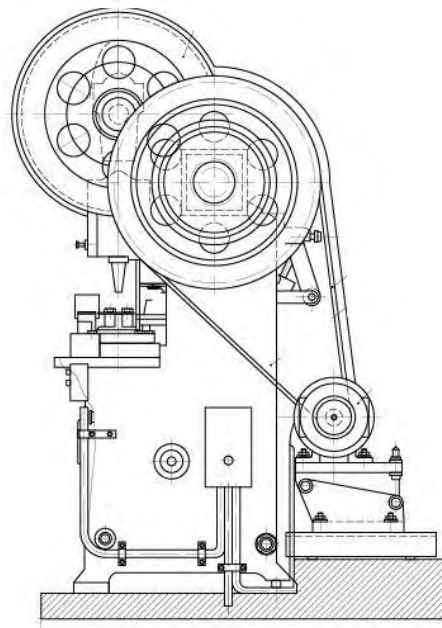


Рисунок 1.24.4. – Схематичне зображення механічного пресу

Важливо відзначити, що продуктивність преса буде залежати від таких факторів, як розмір і складність втулок, що калібруються, бажана якість і точ-

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		78

ність готової продукції, а також рівень кваліфікації оператора. Крім того, фактична продуктивність може бути нижчою за максимальну, заявлену виробником, залежно від таких факторів, як час налаштування, вимоги до технічного обслуговування та необхідність проведення перевірок контролю якості.

Розрахуємо необхідну кількість пресів за формулою:

$$N_{np} = N_{заг} * (K_{np} * 60 * \tau),$$

Де, $N_{заг}$ – кількість заготовок яку потрібно відкалібрувати за добу;

K_{np} – кількість ходів (пресувань) за хвилину (12 ход/хв)

У нашому випадку:

$$N_{np} = \frac{3369}{(6 * 60 * 16)} = 0,585$$

Отже, достатньо одного пресу з вищезазначеними характеристиками.

Коефіцієнт завантаження пресу:

$$K_з = \frac{0,585}{1} = 0,585$$

Час роботи преса становить 16 годин.

Таблиця 1.13 – Зведена відомість обладнання ділянки

Назва операції	Назва обладнання	Продуктивність, кг/год	Кількість годин роботи за добу	Необхідна кількість устаткування	Коефіцієнт завантаження	Встановлена потужність, кВт
Просів	Вібраційне сито моделі M400	83,52	16	1	0,157	0,25
Відпал (після просіву)	Штовхальна муфельна піч ЦЕП-144	5,88	24	2	0,740	28
Пресування	Енеграс H-Frame Hydraulic Press P-392	140-169	16	1	0,351	8,5
Спікання	Штовхальна муфельна піч ЦЕП-144	9,86	24	1	0,878	28

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		79

Продовження таблиці 1.13

Просочення	VPI-350 від Godfrey & Wing	56,75	8	1	0,454	4,5
Відпал (після просо- чення)	Штовхальна муфе- льна піч ЦЕП-144	9,86	24	1	0,872	28
Калібрування	Механічний прес КБ 0626	90-120	16	1	0,585	7,5

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		80

2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Вибираючи приміщення для виготовлення втулок методом порошкової металургії, необхідно враховувати кілька факторів. До них відносяться: рівень вібрації і шуму, якість повітря і забруднення, а також розмір і планування приміщення.

Перш за все, приміщення має бути розташоване в районі, який добре підходить для промислової діяльності, з мінімальною житловою або комерційною активністю поблизу. Це допоможе звести до мінімуму скарги на шум від мешканців прилеглих будинків і гарантувати, що виробничий процес не буде порушений зовнішніми факторами.

З точки зору вібрації та шуму, важливо вибрати приміщення, яке добре ізольоване і розташоване подалі від джерел зовнішньої вібрації та шуму. До них можуть належати автомагістралі, залізничні колії або інші промислові об'єкти, які можуть генерувати багато шуму або вібрації. Крім того, може знадобитися встановлення спеціалізованого обладнання для зменшення шуму та вібрації, що генеруються самим виробничим процесом, наприклад, віброгасильних прокладок або шумозахисних огорожень.

Ще одним важливим фактором, який слід враховувати при виборі приміщення для виробництва втулок методом порошкової металургії, є якість повітря та забруднення. Виробничий процес може генерувати значну кількість пилу та інших повітряних частинок, які можуть бути шкідливими для працівників та навколишнього середовища, якщо не контролювати їх належним чином. Важливо вибрати приміщення з хорошою вентиляцією та системами фільтрації повітря, щоб мінімізувати ризик впливу шкідливих забруднювачів.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ		
		<i>ПІБ.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробн.</i>	<i>Дерманський О.І.</i>				Будівельний розділ	Лист	Листів
<i>Керівн.</i>	<i>Руденький С.О.</i>					81	7
<i>Консульт.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91</i>	
<i>Н/Контр.</i>	<i>Бірюкович Л.О.</i>						
<i>Зав/каф.</i>	<i>Богомол Ю.І.</i>						

Коли справа доходить до вибору приміщення для виробництва втулок методом порошкової металургії, існує ряд стандартів і правил, які необхідно враховувати. Це можуть бути місцеві будівельні норми та правила зонування, а також галузеві стандарти безпеки, контролю якості та впливу на навколишнє середовище. Важливо тісно співпрацювати з регуляторними органами та галузевими експертами, щоб переконатися, що обране приміщення відповідає всім необхідним стандартам і вимогам.

Отже, на додаток до згаданих вище факторів, таких як рівень шуму і вібрації, якість повітря і нормативні стандарти, є ще кілька важливих міркувань, які слід враховувати при виборі приміщення для виготовлення втулок методом порошкової металургії.

Однією з ключових вимог є забезпечення того, щоб система вентиляції була одночасно ефективною для контролю забруднювачів навколишнього середовища та гігієнічною для запобігання потенційним загрозам для здоров'я. Це має вирішальне значення для безпеки і благополуччя співробітників, які працюють на виробництві.

Іншим важливим фактором, який слід враховувати, є висота та розмір виробничих приміщень. Висота виробничої зони повинна бути не менше 3,2 метра, що необхідно для розміщення необхідного обладнання та механізмів. Об'єм і площа виробничого приміщення також повинні відповідати певним нормам, щоб забезпечити належні умови праці для працівників. Згідно з ДСанПіН 3.3.2-007-98, на одного користувача комп'ютера має припадати не менше 6 м² площі та 20 м³ об'єму.

Важливо переконатися, що планування виробничого простору розроблено з урахуванням ефективності та безпеки. Наприклад, планування має мінімізувати потребу працівників у переміщенні важкого обладнання або матеріалів на великі відстані, що може підвищити ризик виробничого травматизму. Крім того, простір повинен бути спроектований таким чином, щоб забезпечити легке переміщення матеріалів та обладнання, а також належне зберігання сировини та готової продукції.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Також, одним із факторів є температура та якість повітря у виробничому приміщенні. Надмірне нагрівання та викиди шкідливих газів, пари або пилу можуть становити значний ризик для здоров'я та безпеки працівників, а також для якості кінцевого продукту. Щоб зменшити ці ризики, важливо розмішувати виробничі дільниці з надлишковим тепловиділенням або викидами біля зовнішніх стін будівель, а також на верхніх поверхах у багатоповерхових будівлях. Це може допомогти мінімізувати ризик впливу шкідливих речовин і забезпечити безпечне та здорове робоче середовище.

Ще одним важливим фактором є підлога у виробничому приміщенні. Підлога повинна бути рівною, теплою, щільною і стійкою до ударів, з неслизькою поверхнею, яка легко миється. Крім того, вона повинна бути стійкою до хімічних речовин і не вбирати їх. Це особливо важливо в таких галузях, як порошкова металургія, де в процесі виробництва може утворюватися значна кількість пилу та інших частинок, які з часом можуть накопичуватися на поверхнях.

Коли мова йде про стіни виробничих і побутових приміщень, необхідно виконати кілька ключових вимог. До них відносяться шумо- і теплозахист, легкість очищення і миття, а також покриття, яке запобігає поглинанню або відкладенню токсичних речовин. Для виконання цих вимог у таких приміщеннях часто використовують керамічну плитку та олійну фарбу.

Якщо мова йде про приміщення, в яких на виробництві виділяються шкідливі та агресивні речовини, такі як кислоти, луги, ртуть, бензол, сполуки свинцю тощо, стіни, стелі та конструкції будівлі повинні бути спроектовані та оздоблені таким чином, щоб запобігти сорбції цих речовин. Це має вирішальне значення для забезпечення безпеки і благополуччя працівників та запобігання забрудненню кінцевого продукту. Крім того, ці поверхні повинні легко чиститися і митися, щоб запобігти накопиченню небезпечних речовин з часом. Тому важливо ретельно продумати матеріали, з яких виготовлені ці поверхні, і переконаватися, що вони стійкі до речовин, які використовуються у виробничому процесі.

У приміщеннях зі значним виділенням пилу, наприклад, на дільницях шліфування та заточування, важливо передбачити ефективні методи очищення. Для ефективного прибирання цих приміщень можна використовувати пилососи

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

або гідромийки, які запобігають накопиченню пилу та інших частинок, що можуть становити небезпеку для працівників і впливати на якість кінцевого продукту. Необхідно переконатися, що використовувані методи очищення відповідають конкретним потребам виробничого процесу і не становлять ризику для працівників і навколишнього середовища.

Ще одним моментом при виборі приміщення для виробництва порошкової металургії є наявність достатньої кількості складських приміщень для зберігання сировини та готової продукції. Зона зберігання повинна бути відокремлена від виробничої зони і спроектована таким чином, щоб відповідати певним стандартам безпеки, таким як належна вентиляція та протипожежні заходи.

Крім того, планування виробничих приміщень має вирішальне значення для забезпечення ефективності та безпеки виробничого процесу. Планування повинно бути розроблене таким чином, щоб мінімізувати потребу працівників у переміщенні важкого обладнання або матеріалів на великі відстані, що може підвищити ризик виробничого травматизму.

2.1 Вимоги до будівель.

Окрім основного виробництва, допоміжні приміщення та будівлі відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки, комфорту та добробуту працівників і відвідувачів. До таких приміщень належать адміністративні офіси, вбиральні, кухні та заклади громадського харчування, медичні заклади, культурно-розважальні заклади, конструкторські бюро, навчальні заклади та громадські організації.

Адміністративні офіси є важливим компонентом будь-якого виробництва і необхідні для управління діловими аспектами виробничого процесу. Ці офіси повинні бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити комфортне та ефективне робоче середовище, з належним освітленням, вентиляцією та акустикою

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

[35, 36]. Вони також повинні бути оснащені відповідними меблями, обладнанням та комунікаційними технологіями, що сприятимуть продуктивності та співпраці.

Санітарно-гігієнічні приміщення, включаючи вбиральні та душові, необхідні для підтримання належних стандартів гігієни та санітарії для працівників. Ці приміщення мають бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити приватність, комфорт і доступність, з належною вентиляцією, освітленням і сантехнікою.

Об'єкти громадського харчування, наприклад столова, необхідні для забезпечення працівників поживними стравами та прохолодними напоями в робочий час. Ці об'єкти повинні бути спроектовані відповідно до стандартів гігієни та безпеки, а також мати достатню кількість місць для сидіння та зони обслуговування для розміщення робочої сили.

На території підприємства повинні бути доступні медичні пункти для надання медичної допомоги та першої медичної допомоги працівникам у разі нещасних випадків або хвороб. Ці заклади повинні бути укомплектовані кваліфікованими медичними працівниками та оснащені необхідним медичним обладнанням і матеріалами.

Культурні та рекреаційні об'єкти, такі як бібліотеки, спортзали або спортивні майданчики, є важливими для надання працівникам можливостей для особистого та професійного зростання, відпочинку та зняття стресу. Ці об'єкти мають бути спроектовані відповідно до потреб та інтересів працівників, а також бути легкодоступними та добре підтримуватися в належному стані.

Конструкторські бюро та навчальні заклади відіграють важливу роль у розробці нових продуктів та вдосконаленні виробничих процесів. Вони повинні бути оснащені відповідними технологіями та ресурсами, а також забезпечувати комфортні умови для спільної роботи дизайнерів та інженерів.

В ідеалі, допоміжні приміщення повинні розташовуватися в одній будівлі з виробничими приміщеннями або в їхніх прибудовах. Це допомагає впорядку-

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

вати операції та мінімізувати час на дорогу для працівників. Крім того, це гарантує, що об'єкти розташовані в зонах з найменшим впливом шкідливих факторів, таких як надмірна спека або викиди шкідливих газів.

Однак у деяких випадках може виявитися неможливим розмістити допоміжні приміщення в одній будівлі з виробничими об'єктами. У таких випадках може виникнути необхідність розмістити їх в окремих будівлях. Це може бути життєздатним варіантом за умови, що до них є легкий доступ і що їхня діяльність не заважає виробничому процесу.

При виборі місця розташування допоміжних приміщень важливо враховувати такі фактори, як близькість до транспортної інфраструктури, наявність комунальних послуг та доступність для працівників і відвідувачів. Крім того, місце розташування слід оцінити на предмет потенційних небезпек, таких як стихійні лиха або забруднення навколишнього середовища.

Висота і розміри виробничих будівель і допоміжних приміщень регламентуються різними стандартами для забезпечення безпеки і комфорту працівників. Висота поверхів в окремих будівлях і прибудовах повинна бути не менше 3,3 м, з висотою 2,2 м від підлоги до низу стелі і 1,8 м в місцях нерегулярного проходу. Допоміжні приміщення, розташовані у виробничих будівлях, повинні мати висоту не менше 2,4 м. Площа приміщень повинна бути достатньою для кількості працівників та їхніх відповідних функцій, з розрахунку не менше 4 кв. м на одне робоче місце в диспетчерській та 6 кв. м в конструкторських бюро.

Санітарно-побутові приміщення, включаючи гардеробні, душові, туалети, умивальні та курильні кімнати, повинні бути виконані з вологостійких матеріалів світлих тонів висотою до 1,8 м. Гардеробні повинні бути обладнані шафами для зберігання робочого одягу працівників з розмірами, що відповідають кількості працівників. До групи санітарно-побутових приміщень слід також віднести приміщення для знешкодження, сушіння та знепилення спецодягу, особистої гігієни жінок та годування немовлят, а також приміщення для обігріву працівників.

У виробничих приміщеннях бетонна підлога, фундамент стрічкового типу шириною 0,8 м і висотою 1,5 м (підземна частина - 1,3 м). У зовнішніх стінах

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

розміщені вікна розміром 3,2×4 м з подвійними скляними рамами для природного бічного освітлення, а також штучне освітлення. У промислових зонах скляні поверхні, як правило, мають великі розміри, а віконні рами зазвичай виготовляються з дерева або сталі. Одна віконна панель зазвичай має ширину 1,5 м і висоту 1,2 м, і, збираючи такі рами, можна отримати скляні поверхні будь-якого розміру.

У випадку з виробництвом антифрикційних втулок дільниця розташована в одноповерховій будівлі розміром 18 м на 30 м з висотою 5 м, загальною площею 540 м². Будівля поділена на зони складу вихідної і готової сировини, кімнату майстра, кімнату контролю якості та основну виробничу дільницю. Важливо відзначити, що виробнича дільниця відноситься до категорії пожежної небезпеки Г, а тому всі елементи будівлі виконані з негорючих матеріалів, що відповідають I і II ступеням вогнестійкості.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

У спеціальному розділі проекту проведено розрахунок розмірів прес-форми, що використовується для пресування виробів, які виготовляються на даній ділянці, а також розраховано матрицю на розрив і пуансони на стиснення.

3.1 Розрахунок розмірів прес-форми

Вихідними даними для розрахунків розмірів прес-форми є наступні величини:

- a) розміри готового виробу (висота $h = 30$ мм, поперечний розмір $D = 44$ мм, розмір отвору $d = 40$ мм, об'єм $V = 7,917$ см³);
- b) щільність готового виробу $\gamma = 5,85$ г/см³ і її межі (нижня $\gamma_1 = 5,1$ г/см³, верхня $\gamma_2 = 6,6$ г/см³);
- c) пружна післядія по лінійних розмірах після пресування у відсотках $\Delta l = 3$ % (в абсолютній величині $l_n = 4,6$ мм);
- d) об'ємна усадка при спіканні у відсотках $\delta = 12$ %
- e) усадка по лінійних розмірах при спіканні у відсотках по висоті $\beta = 8-10$ %, по діаметру – 5-6 %, або в абсолютній величині $\varepsilon = 12$ мм;
- f) зменшення площі поперечного перерізу при спіканні $x = 14$ %;
- g) насипна щільність $\gamma_n = 2,1$ г/см³

Розмір спресованого виробу у випадку усадки при спіканні $D_{пр}$:

$$D_{пр} = D_{сп} + \varepsilon = 44 + 12 = 56 \text{ мм};$$

Розмір робочої порожнини матриці D_m :

$$D_{m2} = D_{пр} - l_n = 56 - 4,6 = 51,4 \text{ мм};$$

Припуск на зношування матриці:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	
		ПІБ.	Підпис	Дата		
Розробн.	Дерманський О.І.				Лист	Листів
Керівн.	Руденький С.О.				88	6
Консульт.					Спеціальний Розділ КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91	
Н/Контр.	Бірюкович Л.О.					
Зав/каф.	Богомол Ю.І.					

$$\Delta D = D_{M1} - D_{M2} - A_M,$$

Де D_{M1} - максимально припустимий розмір отвору матриці; A_M - дійсний допуск отвору матриці при її виготовленні.

Розмір D'_M визначається з виразу:

$$D_{M1} = D_{\text{макс}} - l_n \pm \varepsilon \pm \Pi_k - l_k$$

$$D_{M1} = 44,5 - 4,6 + 12 = 51,9 \text{ мм};$$

$$\Delta D = D_{M1} - D_{M2} - A_M = 51,9 - 51,4 - 0,15 = 0,35 \text{ мм}.$$

Межі ваги готового виробу:

Нижній $G_1 = \gamma_1 \cdot V = 5,1 \cdot 7,917 = 40,376 \text{ г};$

Верхній $G_2 = \gamma_2 \cdot V = 6,6 \cdot 7,917 = 52,251 \text{ г}.$

Щільність виробу після спікання $\gamma_{\text{сп.сп}}$:

$$\gamma_{1\text{сп}} = \gamma_1 - \frac{\tau \cdot \gamma_1}{100} = 5,1 - 0,051 = 5,049 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

$$\gamma_{2\text{сп}} = \gamma_2 - \frac{\tau \cdot \gamma_2}{100} = 6,6 - 0,066 = 6,534 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

$$\gamma_{\text{сп.сп}} = \frac{\gamma_{1\text{сп}} + \gamma_{2\text{сп}}}{2} = 5,792 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Межі ваги спресованого виробу:

Нижній $g_1 = G_1 + \frac{\xi + G_1}{100} = 40,780; (\xi = 0);$

Верхній $g_2 = G_2 + \frac{\xi + G_2}{100} = 52,773; (\xi = 0).$

Об'єм спресованого виробу:

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{сп}} \pm \frac{\delta \cdot V_{\text{сп}}}{100} = 7,917 + 0,0095 = 7,926 \text{ см}^3.$$

Щільність спресованого виробу:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

$$\gamma_{1\text{пр}} = \frac{g_1}{V_{\text{пр}}} = \frac{40,780}{7,926} = 5,1448 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

$$\gamma_{2\text{пр}} = \frac{g_2}{V_{\text{пр}}} = \frac{52,773}{7,926} = 6,6580 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

$$\gamma_{\text{пр.ср}} = \frac{\gamma_{1\text{пр}} + \gamma_{2\text{пр}}}{2} = \frac{5,1448 + 6,6580}{2} = 5,9014 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

Висота пресовки $h_{\text{пр}}$ у випадку усадки при спіканні:

$$h_{\text{пр}} = h_{\text{сп}} \cdot \frac{100 + x}{100} \cdot \frac{100 + \xi}{100} \cdot \frac{\gamma_{\text{сп.ср}}}{\gamma_{\text{пр.ср}}} = 1 \cdot \frac{100 + 14}{100} \cdot \frac{100 + 0}{100} \cdot \frac{5,7915}{5,9014} = 1,1188 \text{ мм}$$

Визначення висоти завантажувальної камери.

$$H = k \cdot h_{\text{пр}} = \frac{\gamma_{\text{пр.ср}}}{\gamma_{\text{н}}} \cdot h_{\text{пр}} = \frac{5,9014}{2,1} \cdot 1,1188 = 3,144 \text{ мм};$$

Визначення загальної висоти матриці:

$$H_{\text{м}} = H + h_{\text{н}} + h_{\text{в}}$$

Де $h_{\text{н}}$ – величина заходу в матрицю верхнього пуансона; $h_{\text{н}} = 20 \text{ мм}$;

$h_{\text{в}}$ – величина заходу в матрицю нижнього пуансона; $h_{\text{в}} = 20 \text{ мм}$;

$$H_{\text{м}} = 3,1440 + 20 + 20 = 43,1440 \text{ мм.}$$

3.2 Розрахунок матриці на міцність

Як матеріал матриці і пуансонів було вибрано інструментальну сталь У12. При цьому дані деталі піддавалися термічній обробці, після чого їх твердість повинна досягати 52-58 HRC.

Знаходимо боковий тиск:

$$P_{\text{бок}} = P_{\text{пр}} \cdot \frac{v}{1-v}.$$

Враховуючи, що $\frac{v}{1-v} = \xi$, де $\xi = 0,4$ – коефіцієнт бокового тиску,

$$P_{\text{бок}} = 400 \text{ МПа} \cdot 0,4 = 160 \text{ МПа};$$

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Припускаючи, що допустиме напруження на розрив для матеріалу матриці (сталі) $[\sigma_p] = 1700 \text{ МПа}$, можна розрахувати коефіцієнт a :

$$a = \sqrt{\frac{[\sigma_p]}{[\sigma_p] - 2P_{\text{бок}}}} = \sqrt{\frac{1700}{1700 - 2 \cdot 160}} = 1,110$$

Відповідно до формули $a = \frac{r_H}{r_B}$ визначимо зовнішній радіус матриці:

$$r_H = 1,1 \cdot 22 = 24,418 \text{ мм};$$

Знаходимо товщину матриці:

$$t = 24,418 - 22 = 2,418 \text{ мм.}$$

Тобто, щоб забезпечити міцність матриці, потрібно щоб її товщина дорівнювала приблизно $t = 2,5 \text{ мм}$.

3.3 Розрахунок пуансонів на міцність

В даному підрозділі буде проведено розрахунок міцності пуансону. Пуансон - це елемент машин або конструкцій, який використовується для передачі сили або стиску на робочу поверхню. Розрахунок міцності пуансону є важливим етапом при проектуванні та виробництві механічних систем, оскільки він дозволяє визначити, чи витримає пуансон навантаження, які на нього діють, без пошкоджень або деформацій, і чи не перевищує напруження в матеріалі пуансону його межі міцності. В даному розрахунку ми використовуватимемо відомі параметри, такі як площа поперечного перерізу (A) та тиск пресування (P), для визначення напруження та перевірки межі міцності пуансону.

- Радіус пуансону (r):

$$r = d / 2 = 44 \text{ мм} / 2 = 22 \text{ мм} = 2.2 \text{ см}$$

- Об'єм пуансону (V):

$$V = A * h = 2.639 \text{ см}^2 * 30 \text{ мм} = 79.17 \text{ см}^3$$

- Зусилля, що діє на пуансон (F):

$$F = P * A = 400 \text{ МПа} * 2.639 \text{ см}^2 = 1055.6 \text{ МПа} * \text{см}^2$$

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- Напруження в пуансоні (σ):

$$\sigma = F / A = (1055.6 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2) / 2.639 \text{ см}^2 = 399.62 \text{ МПа}$$

- Момент інерції поперечного перерізу (I):

Для геометрії циліндричного перерізу момент інерції можна обчислити за формулою:

$$I = (\pi \cdot d^4) / 64 = (\pi \cdot (44 \text{ мм})^4) / 64 = 2737.09 \text{ мм}^4$$

- Момент згину (M):

$$M = \sigma \cdot I / r = (399.62 \text{ МПа}) \cdot (2737.09 \text{ мм}^4) / (2.2 \text{ см}) = 495344.55 \text{ МПа} \cdot \text{мм}^3$$

- Перевірка межі міцності:

Межа міцності сталі У12 (σ_{max}) = 500 МПа

Перевіряємо, чи не перевищує напруження в пуансоні межу міцності:

$$\sigma \leq \sigma_{\text{max}}$$

$$399.62 \text{ МПа} \leq 500 \text{ МПа}$$

За наданими даними, пуансон витримує навантаження і має напруження, яке менше за межу міцності сталі У12.

3.4 Розрахунок голки на міцність

В данному підрозділі буде проведено розрахунок міцності голки пресу, з використанням відповідних параметрів, таких як площа поперечного перерізу голки, тиск пресування та її розміри. Розрахунок міцності голки відіграє важливу роль у визначенні можливості голки витримувати навантаження та уникненні її поломки під час процесу пресування. Це допоможе встановити, чи голка забезпечує необхідну міцність і безпеку при використанні. Розрахунки включають в себе визначення напруження в голці, моменту інерції поперечного перерізу, моменту згину та перевірку на межу міцності матеріалу. Правильні розрахунки міцності голки допоможуть забезпечити ефективну та безпечну роботу пресу та гарантувати тривалу експлуатацію голки з урахуванням навантажень, яким вона піддається. Отже, розрахунки:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- Радіус голки (r):

$$r = d / 2 = 40 \text{ мм} / 2 = 20 \text{ мм} = 2 \text{ см}$$

- Об'єм голки (V):

$$V = A * h = 12,566 \text{ см}^2 * 30 \text{ мм} = 376,98 \text{ см}^3$$

- Зусилля, що діє на голку (F):

$$F = P * A = 400 \text{ МПа} * 12,566 \text{ см}^2 = 5026,4 \text{ МПа} * \text{см}^2$$

- Напруження в голці (σ):

$$\sigma = F / A = (5026,4 \text{ МПа} * \text{см}^2) / 12,566 \text{ см}^2 = 399,85 \text{ МПа}$$

- Момент інерції поперечного перерізу (I):

Для геометрії циліндричного перерізу момент інерції можна обчислити за формулою:

$$I = (\pi * d^4) / 64 = (\pi * (40 \text{ мм})^4) / 64 = 804,25 \text{ мм}^4$$

- Момент згину (M):

Для оцінки міцності голки можна розрахувати момент згину, використовуючи формулу:

$$M = \sigma * I / r = (399,85 \text{ МПа}) * (804,25 \text{ мм}^4) / (2 \text{ см}) = 161,47 \text{ МПа} * \text{мм}^3$$

- Перевірка межі міцності:

Перевіряємо, чи не перевищує напруження в голці межу міцності:

$$\sigma \leq \sigma_{\text{max}}$$

$$399,85 \text{ МПа} \leq 500 \text{ МПа}$$

За наданими даними, голка витримує навантаження і має напруження, яке менше за межу міцності сталі У12.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

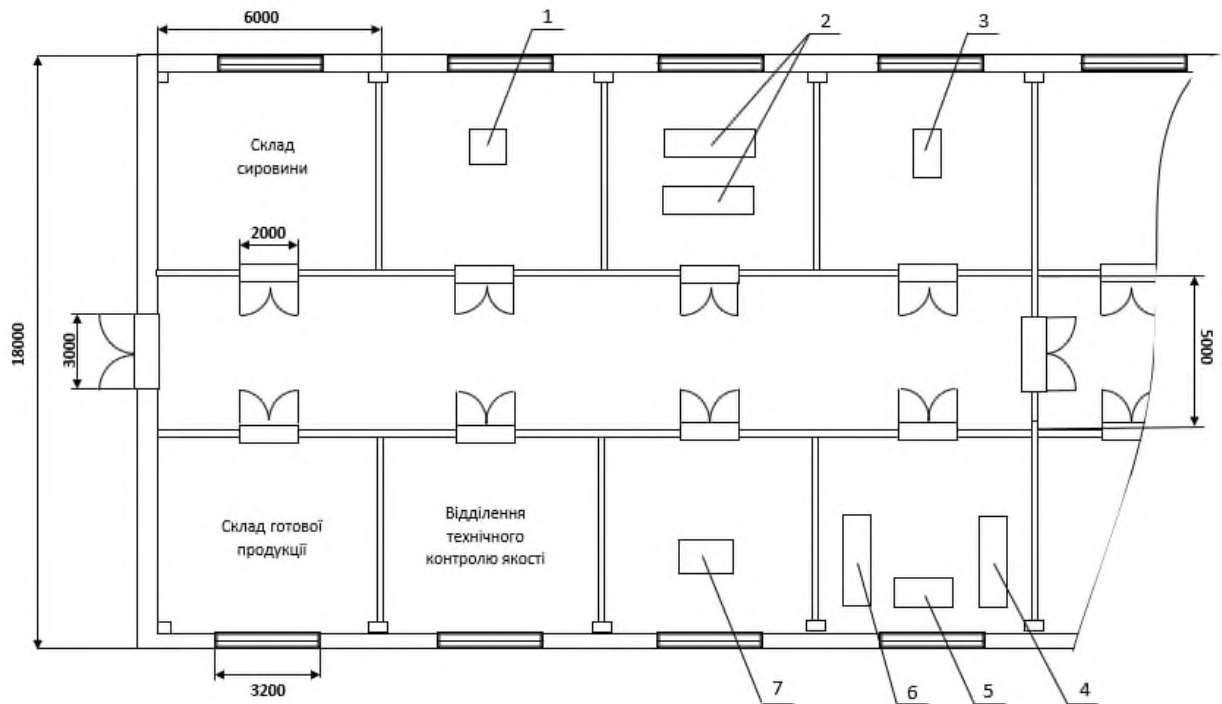
4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В рамках дипломного проекту розробляється підприємство для задоволення зростаючого попиту на високопродуктивні підшипники ковзання, які відмінно працюють в агресивних середовищах. У цій роботі розглядаються основні аспекти діяльності підприємства, висвітлюється його орієнтація на виробництво підшипників, спеціально розроблених для роботи в складних умовах. Використовуючи сучасні матеріали та передові виробничі процеси, це підприємство прагне надавати надійні рішення для галузей промисловості, які використовують деталі, що працюють в умовах середніх навантажень в агресивних середовищах.

4.1 Характеристика об'єкту та умови його експлуатації

Дільниця, що спеціалізується на виготовленні втулок для підшипників ковзання, які працюють в агресивних середовищах, складається з кількох окремих дільниць, оснащених спеціальним обладнанням, і працює у визначених умовах (рис. 1.25). Об'єкт спроектований таким чином, щоб забезпечити ефективні виробничі процеси з пріоритетом заходів з охорони праці (згідно з ДБН В.2.2-28:2010 [33], ДБН В.2.5-67:2013 [34] та ДБН В.2.5.28-2006 [35]). У цьому розділі описані характеристики підприємства та умови його експлуатації, з акцентом на кожне приміщення та відповідне обладнання.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ		
		ПІБ.	Підпис	Дата			
Розробн.	Дерманський О.І.				Охорона праці	Лист	Листів
Керівн.	Руденький С.О.					94	25
Консульт.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91	
Н/Контр.	Бірюкович Л.О.						
Зав/каф.	Богомол Ю.І.						



1 – обладнання для просіву, 2 – піч, 3 – гідравлічний прес, 4 – піч, 5 – обладнання для просочення, 6 – піч, 7 – механічний прес.

Рисунок 1.25 – План дільниці

1. Приміщення для просіювання металевих порошків:

Призначення: Приміщення для просіювання металевих порошків слугує початковим етапом виробничого процесу, де сирі металеві порошки ретельно перевіряються та просіюються для забезпечення однорідності та усунення домішок.

Обладнання: Це приміщення оснащене обладнанням для просіювання металевих порошків, яке зазвичай складається з сит, грохотів і вібраційних сепараторів.

Умови експлуатації: У приміщенні підтримуються контрольовані умови навколишнього середовища, наприклад, відповідні системи вентиляції та пило-відведення, щоб мінімізувати вплив частинок, що переносяться повітрям, і підтримувати стандарти якості повітря. Належне освітлення забезпечує чітку видимість під час просіювання.

2. Приміщення для відпалу після просіювання:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		95

Призначення: Приміщення для відпалу після просіювання призначене для процесу відпалу, який включає термічну обробку для покращення механічних властивостей і стабільності просіяних металевих порошоків.

Обладнання: Це приміщення оснащено обладнанням для відпалу, таким як відпалювальні печі або духовки.

Умови експлуатації: Приміщення призначене для проведення процесу відпалу з належним контролем температури, вентиляцією та заходами безпеки. Для безпечної експлуатації обладнання для відпалу передбачено достатньо місця, а також вжито заходів пожежної безпеки.

3. Приміщення для пресування:

Призначення: У пресувальному цеху просіяні та відпалені металеві порошки формуються в компактні форми за допомогою процесу пресування, створюючи базову структуру для втулок.

Обладнання: У цьому приміщенні розміщується пресове обладнання, як правило, гідравлічні або механічні преси.

Умови експлуатації: Пресове приміщення забезпечує безпечне та контрольоване середовище для роботи пресів. Для розміщення обладнання передбачено достатній простір, а також заходи безпеки, такі як захисні кожухи та кнопки аварійної зупинки. Вживаються заходи щодо зниження рівня шуму, а також дотримуються вимоги щодо засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), таких як захисні рукавички та захисні окуляри [38,40].

4. Приміщення для спікання:

Призначення: Приміщення для спікання призначене для процесу спікання, де пресовані металеві компакти нагріваються до високої температури, щоб зв'язати частинки між собою, утворюючи міцні втулкові структури.

Обладнання: Це приміщення обладнане печами для спікання або обпалювальними печами.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Умови експлуатації: Приміщення для спікання спроектоване з контрольованими температурними та атмосферними умовами для полегшення процесу спікання. Для мінімізації впливу будь-яких потенційних викидів або газів, що виділяються, встановлені відповідні системи вентиляції та витяжки. Приміщення також оснащено засобами безпеки, такими як системи виявлення та гасіння пожежі, для забезпечення безпечної роботи.

5. Приміщення для просочення:

Призначення: У приміщенні для просочення спечені втулки проходять процес просочення, в ході якого в пори втулок вводяться мастильні речовини або присадки для підвищення їх самозмащувальних властивостей.

Обладнання: У цьому приміщенні знаходиться обладнання для просочення, наприклад, резервуари для просочення або вакуумні просочувальні системи.

Умови експлуатації: Приміщення для просочення обладнане відповідними вентиляційними та витяжними системами для контролю випарів і підтримання якості повітря. Приміщення обладнане заходами безпеки для запобігання витоку або розливу просочувальних речовин. Вимоги до ЗІЗ, включаючи рукавички та захисний одяг, є обов'язковими.

6. Приміщення для відпалу після просочення:

Призначення: Приміщення для відпалу після просочення полегшує процес відпалу після просочення, забезпечуючи оптимальні властивості і стабільність просочених втулок.

Обладнання: Це приміщення обладнане відпалювальними печами або духовками.

Умови експлуатації: Як і в приміщенні для відпалу після просіювання, в приміщенні для відпалу після просочення підтримується контрольована температура, вентиляція та заходи безпеки для забезпечення безпечних і ефективних операцій відпалу.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

7. Приміщення для калібрування продукції:

Призначення: У приміщенні для калібрування виробів відбувається остаточна механічна обробка та калібрування просочених і відпалених втулок, забезпечуючи точні розміри та якість поверхні.

Обладнання: У цьому приміщенні знаходиться обладнання для калібрування виробів, наприклад, токарні, фрезерні або шліфувальні верстати. У нашому випадку – механічний прес.

Умови експлуатації: Приміщення для калібрування виробів забезпечує добре освітлене і належним чином вентильоване середовище для процесів обробки. Заходи безпеки, в тому числі огороження верстатів, захисні екрани та належне поводження з ріжучими інструментами, суворо дотримуються, щоб мінімізувати ризики нещасних випадків або травм.

Умови роботи на підприємстві:

Здоров'я та безпека: На всьому підприємстві потрібно дотримуватися суворих правил охорони праці та впроваджувати комплексні заходи з охорони здоров'я та безпеки. Вони включають навчання працівників техніці безпеки, належні знаки, чіткі плани евакуації (рис. 1.27) на випадок надзвичайних ситуацій, а також регулярні перевірки обладнання та техніки для забезпечення їхньої безпечної експлуатації.

Засоби індивідуального захисту: Працівники зобов'язані носити відповідні ЗІЗ, такі як захисні окуляри, рукавички, захисне взуття та захисний одяг, залежно від конкретних небезпек, присутніх у кожній зоні.

Вентиляція та якість повітря: На об'єкті встановлені належні системи вентиляції для підтримання достатнього потоку повітря, контролю пилу, диму та викидів, а також забезпечення комфортного робочого середовища для працівників.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Пожежна безпека: По всьому підприємству встановлені системи виявлення та гасіння пожежі з чітко позначеними аварійними виходами та вогнегасниками, стратегічно розміщеними для швидкого реагування на будь-які інциденти, пов'язані з пожежею.

Заходи пожежної безпеки на підприємстві:

- **Технічні заходи:**

Технічні заходи мають вирішальне значення для запобігання та мінімізації ризику виникнення пожеж. На підприємстві було встановлено найсучасніші системи виявлення пожежі та сигналізації на всіх наших об'єктах. Ці системи регулярно перевіряються та обслуговуються для забезпечення їх належного функціонування. Крім того, впроваджено автоматичні системи пожежогасіння, такі як спринклери та системи пожежогасіння, які стратегічно розміщені для ефективного контролю та гасіння пожеж, мінімізуючи потенційні збитки.

- **Організаційні заходи:**

Значна увага приділяється просуванню культури пожежної безпеки та забезпеченню швидкого реагування на надзвичайні ситуації. Було розроблено та впроваджено комплексну політику та процедури пожежної безпеки, включаючи чіткі плани евакуації та протоколи реагування на надзвичайні ситуації. Регулярно проводяться протипожежні навчання для ознайомлення співробітників з процедурами евакуації та оцінки ефективності реагування на надзвичайні ситуації.

Призначено та підготовлено групу пожежних наглядачів і персоналу з реагування на надзвичайні ситуації, які відповідають за допомогу в евакуації та гасінні пожеж. Проводяться постійні навчальні програми для того, щоб співробітники були добре проінформовані та підготовлені до належного реагування у разі виникнення пожежі. Створено відкриті лінії зв'язку для заохочення оперативного інформування про пожежну небезпеку та потенційні ризики.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- **Заходи режимного характеру:**

Дотримання всіх відповідних норм і стандартів пожежної безпеки є надзвичайно важливим. Суворо дотримуються місцеві будівельні норми і правила пожежної безпеки під час проектування, будівництва та експлуатації об'єктів. Регулярно проводяться перевірки з боку органів пожежної безпеки, щоб забезпечити дотримання вимог і виявити будь-які сфери, які потребують вдосконалення. Ведеться вичерпну документацію щодо заходів пожежної безпеки, включаючи записи про перевірки, технічне обслуговування та навчання працівників.

- **Заходи ергономіки та технічної естетики:**

При плануванні було ретельно спроектовано об'єкт з урахуванням заходів ергономіки та технічної естетики, які сприяють пожежній безпеці. При плануванні пріоритетними є чіткі та безперешкодні шляхи евакуації, а також впровадження належних процедур зберігання та поводження з легкозаймистими матеріалами, гарантуючи, що вони зберігаються у спеціально відведених для цього місцях подалі від потенційних джерел займання. Дотримується достатня відстань між машинами та обладнанням, щоб запобігти перегріванню та зменшити ризик виникнення пожежі. Використовуються вогнестійкі матеріали в будівництві, включаючи вогнестійкі стіни, підлогу та двері, щоб локалізувати та обмежити розповсюдження пожежі.

Впровадивши ці комплексні заходи пожежної безпеки, було зроблено значні кроки для мінімізації ризику виникнення пожеж на виробничих об'єктах. Безпека і благополуччя співробітників та захист активів мають першорядне значення. Надалі продовжується регулярний перегляд та оновлення заходів пожежної безпеки, щоб забезпечити їх відповідність останнім досягненням у галузі технологій пожежної безпеки та найкращим галузевим практикам.

Характеристики приміщення що розглядається зведені у таблиці 4.1, а сам план цього приміщення на рисунку 1.25.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1. Параметри виробничого приміщення

Довжина, м	30
Ширина, м	18
Висота, м	5
Площа, м ²	540
Об'єм, м ³	2700

Відповідно вимогам до виробничих будівель/приміщень, висота у них повинна бути не менша за 3,2 метри, а об'єм та площа – не менше ніж 15 м³ та 4,5 м³ для кожного працівника. Оскільки під час виробництва на ділянці буде працювати близько 13-и чоловік, то площа на людину складає $S_{л} = 540/13 = 41,54$ м²/чол. , а об'єм – $V_{ч} = 2700/13 = 207,69$ м³/чол. В результаті, приміщення відповідає основним вимогам за геометричними параметрами.

Також, необхідно розробити дизайн/колір інтер'єру за вимогами. Стандарт визначає кольорову гаму для різних типів поверхонь, а також властивості та характеристики кольорів, що використовуються.

Згідно зі стандартом , колір внутрішніх поверхонь у виробничих приміщеннях слід вибирати, виходячи з декількох факторів, включаючи характер виконуваної роботи, умови освітлення і бажані візуальні ефекти. Стандарт рекомендує використовувати світлі кольори для стін і стель, щоб забезпечити світліший і просторіший вигляд, а також для відбиття світла і зменшення споживання енергії на освітлення.

Крім того, стандарт визначає, що колір підлоги у виробничих приміщеннях слід обирати, виходячи з виду діяльності, що здійснюється на об'єкті. Наприклад, підлоги в приміщеннях, де використовується важка техніка, повинні бути пофарбовані в темний колір, щоб мінімізувати видимість бруду і жиру, в той час як підлоги в приміщеннях, де чистота є пріоритетом, наприклад, на харчових виробництвах, повинні бути пофарбовані в світлий колір, щоб було легше виявити бруд і сміття.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		101

Стандарт також встановлює вимоги до властивостей і характеристик використуваних фарб, включаючи їх стійкість до зносу, подряпин і хімічних речовин. Фарби, що використовуються у виробничих приміщеннях, повинні мати хорошу покривну здатність і непрозорість, а також бути легкими в очищенні та обслуговуванні.

Отже, проаналізувавши усі фактори, в нашому випадку для стін обираємо яскравий відтінок салатового кольору, а підлога залишиться у своєму природньому сірому відтінку.

Висновок:

Спеціалізована діляниця з виробництва втулок для підшипників ковзання, що працюють в агресивних середовищах, складається з окремих ділянок, оснащених спеціальним обладнанням. Кожна ділянка призначена для забезпечення ефективного виробничого процесу з пріоритетом заходів з охорони праці. Дотримуючись визначених умов експлуатації, впроваджуючи заходи безпеки та проводячи відповідне навчання, підприємство створює безпечне та сприятливе робоче середовище для своїх працівників.

4.2 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Виробництво антифрикційних втулок відіграє важливу роль у різних галузях промисловості, включаючи автомобільну, аерокосмічну та машинобудівну. Ці втулки призначені для мінімізації тертя і зносу, забезпечуючи плавний і ефективний рух в механічних системах. Однак виробничі процеси, пов'язані з їх виробництвом, можуть піддавати працівників впливу різних шкідливих і небезпечних факторів, які становлять ризики для їхнього здоров'я та безпеки.

Цей розділ дипломної роботи має на меті надати комплексний аналіз шкідливих і небезпечних факторів, присутніх у виробництві антифрикційних втулок. Аналіз буде зосереджений на виявленні джерел небезпек, розумінні їх причин та оцінці потенційних наслідків. Отримавши уявлення про ці фактори, можна розробити відповідні заходи безпеки та стратегії пом'якшення наслідків,

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

щоб забезпечити благополуччя працівників і загальну цілісність виробничих процесів.

Для полегшення структурованого аналізу буде представлено таблицю (табл. 4.2), яка класифікує виявлені шкідливі та небезпечні фактори за їхніми джерелами, причинами та наслідками. Ця таблиця слугуватиме цінним довідником для оцінки ризиків, пов'язаних з конкретними виробничими процесами, здійсненими у виробництві втулок без тертя.

Аналіз охоплює різні етапи виробництва, включаючи просіювання металевих порошків, відпал, пресування, спікання, просочення та калібрування. Кожен процес буде розглянуто окремо, з виділенням потенційних небезпек, характерних для кожного етапу.

Таблиця 4.2. Основні небезпеки, які створюються в технологічному процесі

№ п.п.	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Обладнання для просіву	Вдихання частинок металевих порошків	Недостатні заходи боротьби з пилом або неналежне поводження з металевими порошками	Вдихання частинок металевих порошків може призвести до проблем з дихальними шляхами, таких як подразнення легенів, респіраторний дистрес або довготривалих захворювань, таких як лихоманка від металевих парів.
2	Обладнання для відпалу	Перегрів або тепловий викид	Недостатній контроль температури або несправність обладнання	Деградація матеріалу, виділення шкідливих газів або парів, пожежа.
		Відсутність належної вентиляції або недостатній контроль газової атмосфери	Неналежна система вентиляції або несправність газопостачання	Накопичення токсичних газів, погіршення якості повітря, порушення процесу відпалу.
		Несправність електрики або неналежне поводження	Несправність електричної системи, несправність електропроводки, неправильне поводження з компонентами	Ураження електричним струмом, пожежа, порушення процесу відпалу.

Продовження таблиці 4.2

3	Обладнання для пресування	Защемлення або затягування	Недосконалість захисних механізмів, неправильна експлуатація або проблеми з технічним обслуговуванням	Серйозні травми або смертельні випадки через защемлення або затискання між рухомими частинами, переломи кісток, внутрішні травми.
4	Обладнання для спікання	Високі температури, виділення токсичних газів.	Недостатня вентиляція, неправильний контроль температури та атмосфери.	Вдихання токсичних парів, теплові травми, пожежі
5	Обладнання для просочення	Вплив небезпечних хімічних речовин	Неправильне поводження або зберігання хімікатів, невідповідні засоби індивідуального захисту	Подразнення шкіри, проблеми з диханням, хімічні опіки, довгострокові наслідки для здоров'я.
6	Обладнання для калібрування	Рухомі частини, гострі краї, уламки, що розлітаються.	Неправильне використання калібрувального обладнання, недостатня підготовка, недостатні заходи безпеки.	Порізи, подряпини, колоті рани, травми очей, рвані рани, потенційне пошкодження обладнання.

Для забезпечення безпеки під час цих операцій необхідно впровадити відповідні протоколи безпеки, забезпечити належне навчання персоналу, використовувати належні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), проводити регулярне технічне обслуговування та перевірки, а також дотримуватися відповідних інструкцій та правил безпеки.

1. Аналіз робочого місця: Приміщення для відпалу

Серед перелічених робочих місць і робочих зон, приміщення для відпалу виділяється як одне з найнебезпечніших через характер процесів і обладнання (рис. 1.26). Цей аналіз буде зосереджений на приміщенні для відпалу, зокрема, на роботі муфельної штовхаючої електричної печі. У даній зоні існує кілька потенційних небезпек, які вимагають ретельної уваги та відповідних заходів безпеки.

Ідентифікація небезпеки:

Високі температури: Процес відпалу передбачає вплив високих температур на порошки в муфельній електричній печі. Це створює ризик опіків або

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		104

ошпарювання для працівників, якщо вони контактують з гарячими поверхнями або поводяться з гарячими компонентами без належного захисту.

Тепловий стрес: Підвищена температура в приміщенні для відпалу може призвести до теплового стресу серед працівників, особливо якщо середовище не вентилується належним чином або якщо працівники повинні носити засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), що обмежують тепловіддачу.

Викиди та якість повітря: Процес відпалу може спричинити викиди, включаючи гази та тверді частинки. Недостатня вентиляція або неналежні заходи контролю можуть призвести до накопичення шкідливих парів або пилу в повітрі, що становить небезпеку для дихальних шляхів працівників.

Небезпека ураження електричним струмом: Використання муфельної штовхаючої електричної печі пов'язане з електричним обладнанням, яке може призвести до ураження електричним струмом, короткого замикання або пожежі в разі неналежного технічного обслуговування або експлуатації.

Вплив шуму: робота електропечі та пов'язаного з нею обладнання може генерувати високий рівень шуму, що потенційно може спричинити пошкодження слуху або погіршити зв'язок, якщо не вживати належних заходів захисту слуху та контролю шуму [40].

Заходи щодо зменшення ризиків:

Для забезпечення безпеки і благополуччя працівників у приміщенні для відпалу необхідно вжити низку заходів щодо зниження ризиків:

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Працівники повинні бути забезпечені відповідними ЗІЗ, включаючи термостійкі рукавички, захисні окуляри, термостійкий одяг і термостійке взуття, щоб захистити їх від опіків, теплового стресу і потенційних уламків, що розлітаються.

Системи вентиляції: Приміщення для відпалу повинно бути обладнане ефективними вентиляційними системами, включаючи місцеву витяжну вентиляцію, для уловлювання та видалення викидів і забезпечення належної якості повітря. Регулярне технічне обслуговування та перевірка вентиляційних систем необхідні для забезпечення їх належного функціонування.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Моніторинг температури: Повинні бути встановлені системи безперервного моніторингу температури для попередження працівників у разі перегріву або аномальних коливань температури всередині печі. Належні знаки та маркування повинні вказувати на гарячі поверхні та зони з високою температурою.

Заходи електробезпеки: Для запобігання небезпеки ураження електричним струмом слід проводити регулярний огляд і технічне обслуговування електрообладнання. Під час технічного обслуговування та ремонту слід дотримуватися протоколів безпеки, таких як процедури блокування/вимикання.

Контроль шуму: Заходи з контролю шуму, такі як встановлення шумозахисних бар'єрів або забезпечення засобами захисту слуху, повинні бути впроваджені для зниження рівня впливу шуму та захисту слуху працівників.

Навчання та обізнаність: Працівники повинні пройти всебічне навчання щодо небезпек, пов'язаних з процесом відпалу, безпечних робочих процедур, протоколів реагування на надзвичайні ситуації та правильного використання ЗІЗ. Регулярні інструктажі та нагадування з техніки безпеки допоможуть підтримувати безпечне робоче середовище.

Таблиця 4.3.1 Специфікація технологічного обладнання та оснащення вибраного приміщення

№ п.п.	Найменування	Розміри Д/Ш/В, м	Основні характеристики	Кількість	Позиція на рисунку
1	Муфельна штовхальна електропіч ЦЕП-144	3,5 x 1,0 x 1,8	Продуктивність, кг/ч – 10 Робоча температура, °С – 1200 Потужність, кВт – 28 Робоче середовище – Водень	2	2

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		106

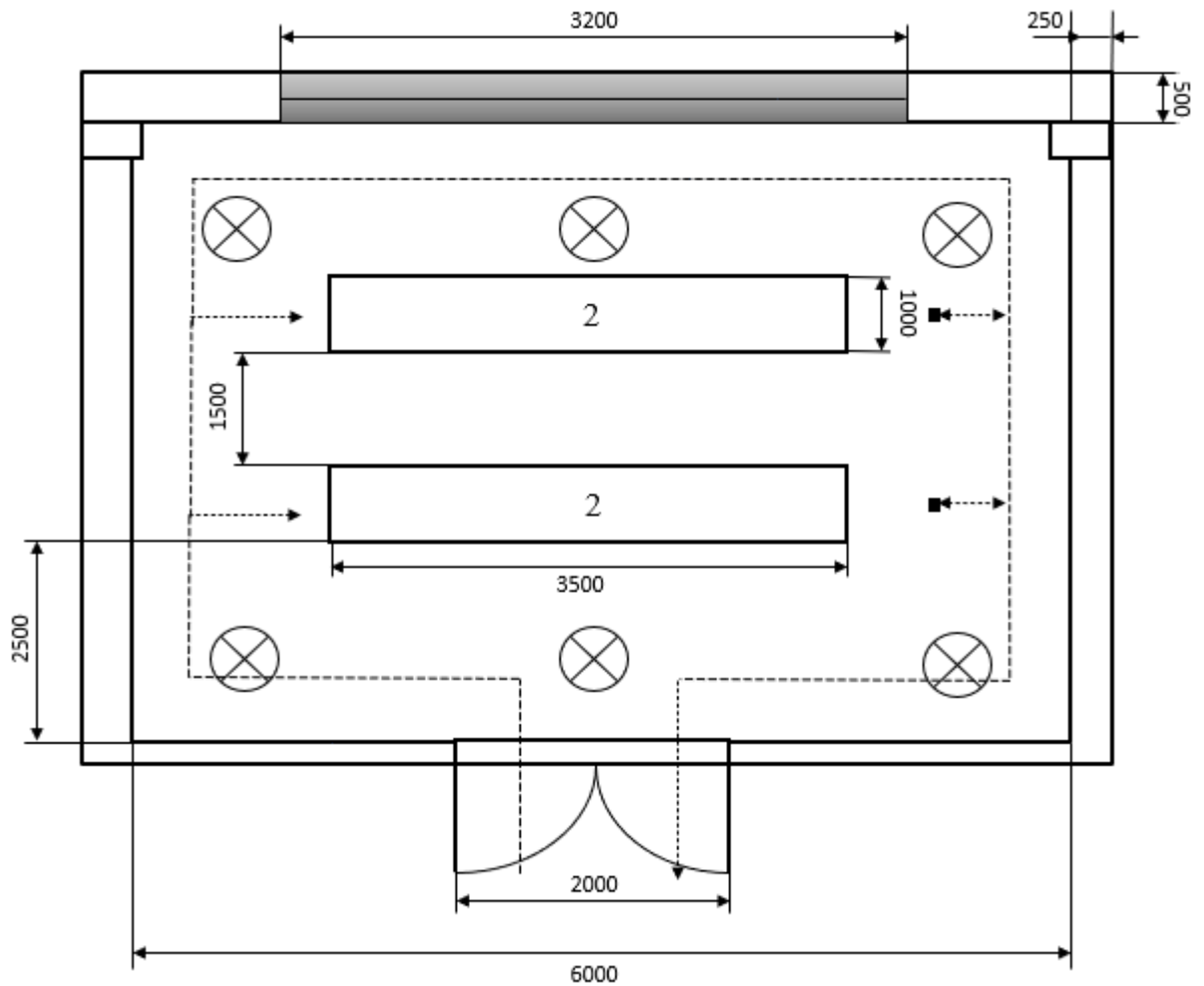
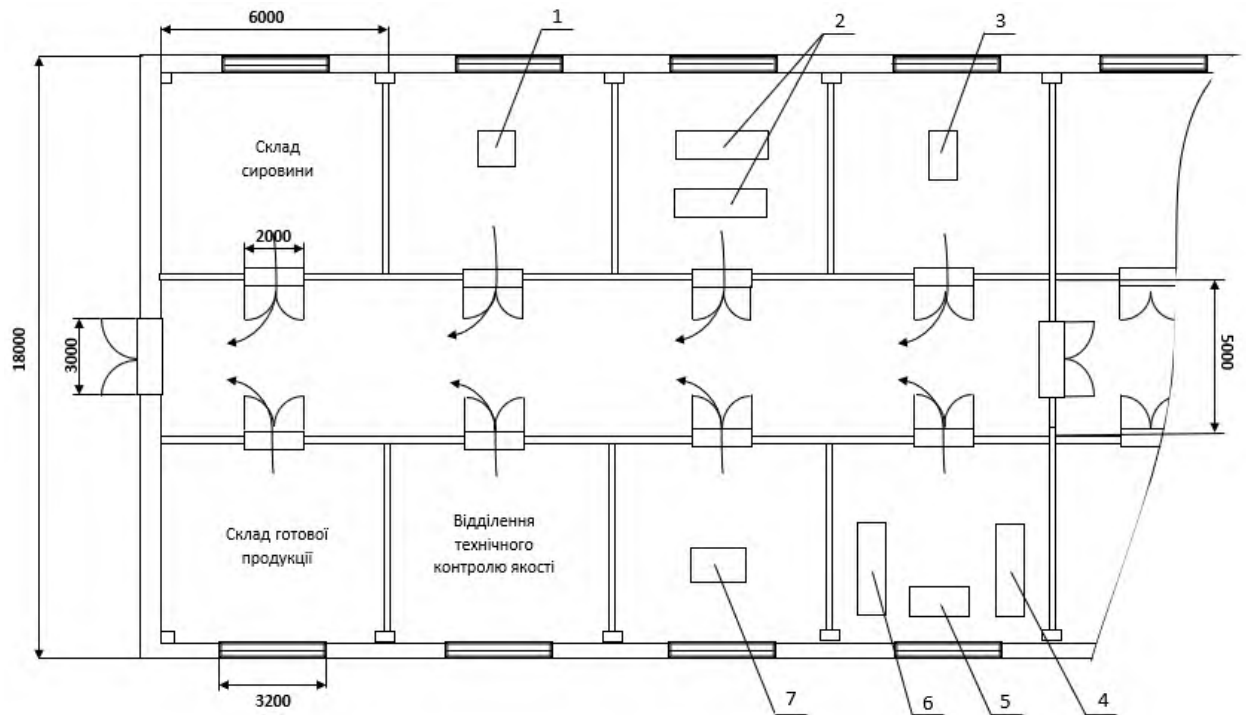


Рисунок 1.26 – План приміщення для операції відпалу

Висновок:

У приміщенні для відпалу, де працює муфельна штовхаюча електрична піч, існує кілька небезпек, які потребують ретельної уваги. Виявивши ці небезпеки та впровадивши відповідні заходи щодо зниження ризиків, такі як забезпечення ЗІЗ, обслуговування вентиляційних систем, моніторинг температури, забезпечення електробезпеки, контроль рівня шуму та проведення навчання, можна ефективно створити безпеку і благополуччя працівників у приміщенні для відпалу.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		107



1 – Обладнання для просіву, 2 – Піч, 3 – Гідравлічний прес, 4 – Піч, 5 – Обладнання для просочення, 6 – Піч, 7 – Механічний прес.

Рисунок 1.27 – План евакуації дільниці

4.3 Реальні та нормативні фактори небезпеки

У контексті дипломного проєкту, дуже важливо розглянути реальні та нормативні небезпеки, які виникають під час технологічного процесу. Цей розділ має на меті проаналізувати та оцінити потенційні ризики, пов'язані з виробництвом цих спеціалізованих підшипників. Розуміючи та ефективно керуючи цими небезпеками, підприємство може забезпечити безпечне робоче середовище для своїх працівників, дотримуючись при цьому відповідних норм і стандартів.

Для полегшення всебічного вивчення небезпек буде створена відповідна таблиця (табл. 4.3.2). Ця таблиця забезпечить структурований огляд різних реальних і нормативних ризиків, що зустрічаються в технологічному процесі, що дозволить систематично оцінювати їх вплив і впроваджувати відповідні заходи безпеки. Виявивши та пом'якшивши ці небезпеки, підприємство може посилити заходи з охорони праці, зменшити кількість нещасних випадків та сприяти підвищенню добробуту робочої сили.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		108

За допомогою цього аналізу дипломний проєкт має на меті сприяти розробці ефективних стратегій управління ризиками та охорони праці в конкретному контексті виробництва антифрикційних втулок ковзання. У цьому розділі будуть розглянуті питання ідентифікації, оцінки та контролю небезпек, що в кінцевому підсумку сприятиме створенню більш безпечного та захищеного робочого середовища для працівників, задіяних у виробничому процесі.

Таблиця 4.3.2. Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№ п.п.	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Інтенсивність ІЧ випромінювання, Вт/м ²	710	2450
2	Шум, дБ	70-100	125
3	Температура повітря, °С	22-25	23-25
4	Відносна вологість, %	~50	60-40
5	Швидкість руху повітря, м/сек.	0,3	0,4

* Усі реальні значення в таблиці задавались відповідно до значень, які було отримано після встановлення вентиляції та інших засобів контролю температури, вологи і т.д.

Пояснення до таблиці 4.3.2:

1. Інтенсивність ІЧ випромінювання, Вт/м².

Виходячи з технічних характеристик муфельної печі ЦЕП-144, яка має робочу температуру 1200 градусів Цельсія і потужність приблизно 26 кВт, можна оцінити середні значення теплового потоку для спікання і відпалу втулок з антифрикційного матеріалу.

Припустимо, що камера муфельної печі має приблизну площу поверхні 0,5 квадратних метра (0,5 м²).

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		109

Враховуючи розмір приміщення 36 квадратних метрів (36 м²) на додаток до технічних характеристик печі, можна оцінити скоригований середній тепловий потік для спікання та відпалу втулок з антифрикційного матеріалу.

Щоб розрахувати скоригований середній тепловий потік, потрібно розділити потужність (26 кВт) на сумарну площу поверхні камери муфельної печі та приміщення:

Скоригований середній тепловий потік = Потужність / (Площа поверхні печі + Площа поверхні приміщення)

$$\text{Скоригований середній тепловий потік} = \frac{26 \text{ кВт}}{0,5 \text{ м}^2 + 36 \text{ м}^2}$$

Скоригований середній тепловий потік $\approx 0,71$ кВт/м²

Отже, враховуючи розміри приміщення, скоригований середній тепловий потік для муфельної печі ЦЕП-144 для спікання та відпалу втулок з антифрикційного матеріалу становить приблизно 0,71 кіловат на квадратний метр (710 Вт/м²). Керуючись таблицею допустимої тривалості безперервного інфрачервоного опромінення та регламентованих перерв протягом години обирається «найгірше» значення, тобто – 2450 Вт/м².

Нормативні значення взято з нормативного документа ДСН 3.3.6.042-99.

2. Шум

Обладнання з найвищим рівнем шуму серед усіх варіантів, як правило, є гідравлічним пресом, що використовується для пресування металевого порошку. Хоча енергоспоживання обладнання не має прямого зв'язку з рівнем шуму, гідравлічні преси, як правило, створюють значний шум через механічні компоненти, що беруть участь у процесі пресування. Сила, що прикладається гідравлічним пресом, генерує вібрації та удари, які можуть призвести до високого рівня шуму.

Важливо зазначити, що фактичні рівні шуму можуть відрізнятися залежно від конкретної конструкції, стану та експлуатаційних факторів кожного облад-

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

нання. На рівень шуму можуть впливати такі фактори, як ізоляція, заходи з гасіння вібрації, практика технічного обслуговування та відстань від джерела шуму.

Рівень шуму, виробленого гідравлічним пресом, може змінюватися в залежності від декількох факторів, включаючи конструкцію, стан і робочі параметри конкретного преса, а також середовище, в якому він використовується.

Умовно можна сказати, що гідравлічні преси зазвичай генерують рівень шуму від 70 дБ до 100 дБ. На фактичний рівень шуму гідравлічного преса можуть впливати різні фактори, такі як швидкість роботи, тип гідравлічної системи, матеріали, що пресуються, а також наявність віброізоляції або звукоізоляційних заходів. Крім того, такі фактори, як планування робочого простору, навколишні конструкції і загальне акустичне середовище можуть впливати на рівень шуму, що сприймається. Щоб отримати більш точну оцінку рівня шуму для конкретного гідравлічного преса, необхідно звернутися до специфікацій виробника та провести вимірювання шуму за допомогою відповідного обладнання.

3. Температура повітря

Розглядаючи температуру повітря, пов'язану з обладнанням, згаданим у роботі, важливо оцінити потенційні теплові умови, яким можуть піддаватися працівники під час роботи. Належне управління температурою повітря має вирішальне значення для забезпечення безпечного та комфортного робочого середовища з точки зору професійної гігієни та безпеки. Нижче наведено загальний аналіз згаданого обладнання з огляду на міркування щодо температури повітря:

- Обладнання для просіювання металевого порошку: це обладнання, як правило, безпосередньо не впливає на температуру повітря, оскільки в ньому відбуваються механічні процеси без значного виділення тепла. Однак важливо забезпечити належну вентиляцію в робочій зоні для підтримання комфортної температури навколишнього середовища.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- Обладнання для відпалу металевого порошку (муфельна піч): Відпал передбачає нагрівання металевого порошку до високих температур. Муфельна піч, яка використовується для цього процесу, може створювати підвищену температуру в камері печі. Хоча сама піч може не мати значного впливу на температуру навколишнього повітря в робочій зоні, для запобігання накопиченню тепла та підтримання безпечного робочого середовища необхідно забезпечити належну вентиляцію та теплоізоляцію.
- Обладнання для пресування металевого порошку (гідравлічний прес): Гідравлічний прес, як правило, не впливає на температуру повітря, оскільки його основна функція полягає в механічному стисненні. Однак, якщо гідравлічна система генерує тепло під час роботи, важливо забезпечити належну вентиляцію та відведення тепла для підтримання відповідної робочої температури.
- Обладнання для спікання (така ж муфельна піч, як і для відпалу): Подібно до муфельної печі, що використовується для відпалу, процес спікання передбачає високі температури. Для запобігання надмірному накопиченню тепла та підтримання безпечного робочого середовища необхідна належна вентиляція, теплоізоляція та заходи з управління тепловим режимом.
- Обладнання для просочення виробі: Обладнання, що використовується для просочення сіркою, може містити нагрівальні елементи або процеси, які можуть впливати на температуру повітря. Важливо відстежувати і контролювати температуру, щоб вона залишалася в безпечних і комфортних для працівників межах. За необхідності слід забезпечити належну вентиляцію та теплоізоляцію.
- Обладнання для калібрування (механічний прес): Механічний прес, що використовується для калібрування, зазвичай не виробляє значного тепла, яке могло б безпосередньо вплинути на температуру повітря. Однак, як і у випадку з іншим обладнанням, у робочій зоні слід підтримувати належну вентиляцію та комфортну температуру навколишнього середовища, щоб забезпечити комфорт і безпеку працівників.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Важливо зазначити, що конкретний вплив на температуру повітря буде залежати від таких факторів, як тривалість роботи обладнання, задіяні механізми генерації тепла та загальні теплові умови в робочому приміщенні. Проведення регулярних вимірювань температури, впровадження відповідних систем вентиляції та забезпечення дотримання відповідних правил охорони праці та техніки безпеки сприятиме підтримці температури повітря на рівні, необхідному для гарного самопочуття та комфорту працівників.

4. Відносна вологість повітря

Щоб проаналізувати відносну вологість у виробничому приміщенні та визначити середнє значення, необхідно врахувати різні фактори, які можуть впливати на рівень вологості. Нижче наведено загальний огляд, яким можна керуватися при оцінці:

- Умови навколишнього середовища: На відносну вологість у виробничому приміщенні можуть впливати навколишні умови навколишнього середовища. Такі фактори, як клімат, погодні умови та географічне розташування, можуть впливати на базовий рівень вологості.
- Вентиляція та потік повітря: Ефективність вентиляційної системи та потік повітря у виробничому приміщенні можуть впливати на вологість. Належна вентиляція допомагає підтримувати відповідний баланс вологості, запобігаючи надмірному накопиченню вологи.
- Фактори, пов'язані з процесом: Певні процеси або обладнання у виробничому приміщенні можуть впливати на рівень вологості. Наприклад, муфельні печі, що використовуються для відпалу та спікання, можуть виділяти вологу під час роботи, що може вплинути на загальну вологість у приміщенні.

Щоб визначити середню відносну вологість у виробничому приміщенні, рекомендується проводити регулярні вимірювання за допомогою гігрометра, який необхідно розмістити у різних місцях виробничої зони, щоб отримати репрезентативне уявлення про рівень вологості.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

5. Швидкість руху повітря

Аналіз швидкості руху повітря у виробничому приміщенні передбачає врахування різних факторів та обладнання, що є на підприємстві. Швидкість руху повітря має вирішальне значення для підтримки здорового і комфортного робочого середовища. Ось загальний аналіз, заснований на санітарних нормах для виробничих приміщень:

Система вентиляції: Основним фактором, що впливає на рух повітря, є система вентиляції. Добре спроектована система вентиляції повинна забезпечувати достатній повітрообмін, запобігати застою повітря і підтримувати постійний рух повітря по всьому приміщенню. Система повинна належним чином обслуговуватися і відповідати вимогам, викладеним у санітарних нормах для виробничих приміщень.

Врахування особливостей обладнання: Кожна одиниця обладнання може по-різному впливати на рух повітря через свою конструкцію та роботу. Нижче наведені конкретні міркування щодо згаданого вами обладнання:

Просіювальне обладнання: Просіювальне обладнання, як правило, не створює значних потоків повітря самостійно. Однак важливо переконатися, що вентиляційна система забезпечує достатню циркуляцію повітря поблизу обладнання, щоб підтримувати здорове робоче середовище.

Муфельні печі (для відпалу та спікання): Муфельні печі можуть генерувати тепло і конвективні потоки повітря в своїх камерах. Конструкція печі, включаючи її витяжну систему і вентиляцію, повинна сприяти належному руху повітря для відведення тепла і будь-яких потенційно шкідливих побічних продуктів.

Гідравлічний прес (для пресування металевого порошку): Гідравлічний прес безпосередньо не впливає на рух повітря. Однак для підтримки якості повітря важливо забезпечити, щоб вентиляційна система ефективно видаляла будь-які тверді частинки, що утворюються в повітрі під час процесу пресування.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Обладнання для просочення: Обладнання, що використовується для просочення, може потребувати належної вентиляції для контролю будь-якого потенційного виділення шкідливих газів або парів. Система вентиляції повинна бути спроектована таким чином, щоб ефективно видаляти ці речовини і підтримувати безпечне робоче середовище.

Механічний прес (для калібрування): Механічний прес сам по собі не має значного впливу на рух повітря. Однак забезпечення належної вентиляції та циркуляції повітря в зоні, де працює прес, має важливе значення для підтримання комфортного та здорового середовища.

Щоб точно оцінити швидкість руху повітря у виробничому приміщенні, рекомендується проконсультуватися з професіоналами, що спеціалізуються на ОВіК (опалення, вентиляція та кондиціонування повітря) або промисловій гігієні. Вони можуть провести вимірювання повітряного потоку, оцінити ефективність вентиляційної системи та забезпечити дотримання відповідних санітарних норм.

4.4 Загальні вказівки до заходів з охорони праці

Цей розділ містить набір загальних рекомендацій щодо заходів з охорони праці та здоров'я, заснованих на ретельному аналізі умов праці. Забезпечення добробуту та безпеки працівників має першорядне значення на будь-якому робочому місці, і ці настанови покликані слугувати цінним ресурсом для створення безпечного та здорового робочого середовища.

Представлені тут настанови були розроблені на основі ретельного аналізу різних факторів, що впливають на умови праці, включаючи, але не обмежуючись фізичними небезпеками, ергономічними міркуваннями та факторами навколишнього середовища. Розглядаючи ці ключові аспекти, роботодавці та працівники можуть співпрацювати, щоб запровадити ефективні заходи безпеки та сприяти розвитку культури охорони здоров'я та безпеки на робочому місці.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Аналіз умов праці включає оцінку використовуваного обладнання, такого як просіювальне обладнання, муфельні печі, гідравлічні преси, обладнання для просочення сіркою та механічні преси. Кожна одиниця обладнання була оцінена на предмет потенційних небезпек і ризиків, пов'язаних з її експлуатацією, з урахуванням таких факторів, як рівень шуму, температура повітря, відносна вологість і рух повітря.

І так, заходи забезпечення охорони праці в умовах технологічного процесу оформлено у вигляді таблиці (табл. 4.3.3)

Таблиця 4.3.3. Заходи забезпечення охорони праці в умовах технологічного процесу

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні заходи	Захист від випромінювання (надмірного нагрівання)	Непрозорий і поглинаючий екран з теплоізоляційної цегли, що забезпечує ефективний захист, послаблюючи або блокуючи випромінювання, що випускається муфельними печами, які використовуються для спікання і відпалу втулок.
		Обладнання для захисту машин	Захисні огороження з блокуваннями, що забезпечують дотримання норм і правил безпеки та запобігають доступу до небезпечних зон машин.
		Системи аварійного відключення	Надійні системи аварійного вимкнення, включаючи кнопки або вимикачі аварійної зупинки, що забезпечують швидке та ефективне вимкнення обладнання в разі виникнення аварійних ситуацій.
		Заходи зі зниження рівня шуму	Звуконепроникні корпуси або акустичні бар'єри, що включають звукопоглинальні матеріали для мінімізації рівня шуму, що генерується обладнанням.
2	Організаційні заходи	Навчання та освіта працівників	Комплексні навчальні програми з безпеки, що включають навчання з ідентифікації небезпек, безпечних методів роботи, дій у надзвичайних ситуаціях та правильного використання засобів індивідуального захисту.
		Інформування про небезпеку	Чіткі та доступні канали комунікації, такі як знаки безпеки, етикетки, кольорове кодування та паспорти безпеки, для ефективного донесення інформації про потенційні небезпеки.
		Планування роботи та ротація	Добре продумані робочі графіки, які обмежують тривалий вплив конкретних небезпек, з урахуванням рекомендованих періодів відпочинку та ротації завдань для мінімізації ризиків, пов'язаних з безперервним впливом.
		Перевірки та аудити безпеки	Регулярні перевірки та аудити для виявлення потенційних небезпек, що забезпечують своєчасне впровадження коригувальних заходів для підтримання безпечного робочого середовища.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		116

Продовження таблиці 4.3.3

3	Режимні	Обмеження робочого часу	Дотримання законодавчих норм та обмежень робочого часу для запобігання надмірному фізичному або психічному навантаженню на працівників.
		Перерви та інтервали відпочинку	Адекватні та заплановані інтервали перерв та відпочинку для запобігання нещасним випадкам, пов'язаним з втомою, та підтримки добробуту працівників
		Планування змін і ротація	Добре сплановані графіки змін і системи ротації для мінімізації фізичного та розумового навантаження, сприяння добробуту працівників і запобігання втомі
		Контроль температури та вологості	Підтримка відповідного рівня температури та вологості в межах рекомендованого комфортного діапазону для забезпечення безпечного та комфортного робочого середовища.
4	Експлуатаційні	Процедури блокування/вимикання	Належна ізоляція джерел електроенергії під час технічного обслуговування шляхом суворого дотримання процедур блокування/вимикання, що запобігає несподіваному вивільненню електроенергії та захищає працівників.
		Поводження з небезпечними речовинами	Належне зберігання, використання та утилізація небезпечних речовин, дотримання протоколів безпеки для мінімізації ризиків впливу та захисту працівників.
		Обслуговування обладнання	Регулярний огляд, обслуговування та ремонт обладнання для забезпечення безпечної та ефективної роботи, зниження ризику нещасних випадків, спричинених несправностями обладнання.
		Ергономічні робочі місця	Ергономічно спроектовані робочі місця, які сприяють правильній поставі, зменшують фізичне навантаження та запобігають захворюванням опорно-рухового апарату серед працівників.
5	Засоби індивідуального захисту	Захист органів дихання	Респіраторні маски або респіратори з відповідними фільтруючими властивостями, зручністю прилягання, комфортом і відповідністю стандартам, що забезпечують ефективний захист від шкідливих речовин, які переносяться повітрям.
		Захист очей та обличчя	Захисні окуляри або щитки, які забезпечують достатнє покриття, прозорість і відповідність відповідним стандартам для захисту очей і обличчя працівників від потенційного впливу або бризок хімічних речовин.
		Захист рук та передпліч	Рукавички або рукавиці, виготовлені з відповідних матеріалів і стійкі до конкретних небезпек, що відповідають відповідним стандартам для захисту рук і кистей рук працівників.
		Захист стоп і ніг	Захисне взуття або черевики з відповідних матеріалів, міцність, стійкість до ковзання, захист від ураження електричним струмом та відповідність стандартам, що забезпечують ефективний захист ніг і ступнів працівників.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		117

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Кількість виробничих робітників на дільниці визначається з урахуванням балансу між їхнім робочим часом і часом, необхідним для обслуговування технологічного обладнання. Такий розрахунок гарантує, що дільниця працює ефективно і без затримок у виробництві.

Якщо говорити більш детально, то баланс між робочим часом працівника та часом, необхідним для обслуговування обладнання, має вирішальне значення для забезпечення безперебійного виробничого процесу. Цей розрахунок дозволяє компанії визначити оптимальну кількість працівників, необхідну для підтримки ефективного робочого процесу.

Крім того, для точного відстеження загального робочого часу кожного працівника створюється баланс робочого часу. Цей баланс враховує весь час, який працівник витрачає на свою роботу, включаючи перерви, зустрічі та інші види діяльності. Цей розрахунок забезпечує точне вимірювання кількості часу, який працівник витрачає на свою роботу протягом року. Відстежуючи баланс робочого часу, компанії можуть гарантувати, що їхні працівники не перепрацьовують і отримують справедливую компенсацію за свою роботу.

Повний час роботи одного працівника розрахуємо склавши баланс робочого часу (табл. 5.1).

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ		
		<i>ПІБ.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробн.</i>	<i>Дерманський О.І.</i>				Організаційно-економічний розділ	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівн.</i>	<i>Руденький С.О.</i>					118	22
<i>Консульт.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91</i>	
<i>Н/Контр.</i>	<i>Бірюкович Л.О.</i>						
<i>Зав/каф.</i>	<i>Богомол Ю.І.</i>						

Таблиця 5.1 – Плановий баланс робочого часу працівника на рік

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	101
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	8
Номінальний фонд робочого часу, днів	256
Невиходи на роботу, днів	26
з них:	
відпустки	20
захворювання	4
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	0,5
прогули	0,5
цілодобові простої	0
страйки	0
Явочний робочий час, днів	230
Середня тривалість робочого дня, год	7,9
Внутрішньозмінні втрати робочого часу та простої, год	0,3
Робочі години	7,6
Ефективний фонд робочого часу за рік, год	1748

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову розраховується за формулою:

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100-k)},$$

де k – плановий відсоток невиходів на роботу (за даними таблиці 5.1

$$k = \frac{26}{256} \cdot 100 = 10,156). \text{ Отже:}$$

$$K_{\text{п}} = \frac{100}{(100 - k)} = \frac{100}{(100 - 10,156)} = 1,113$$

Загальна чисельність працівників дільниці приведена у таблиці 5.2.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		119

Таблиця 5.2 – Загальна чисельність основних та допоміжних робітників дільниці

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Явочна чисельність по змінах			Загалом на добу	Коефіцієнт переводу	Облікова чисельність
		1-а	2-а	3-я			
Основні робітники							
Оператор обладнання для проєкції	3	1	1		2	1,113	3
Пресувальник	4	1	1		2	1,113	3
Спікальний	5	2	2	2	6	1,113	7
Оператор відпалювального обладнання	5	3	3	3	9	1,113	10
Оператор на просочування	3	1	1		2	1,113	3
Контролер	4	1	1		2	1,113	3
Оператор калібрувального пресу	4	1	1		2	1,113	3
Всього основних робітників		10		5	25		32
Допоміжні робітники							
Слюсар	4	1	1		2	1,113	3
Прибиральник	2	1			1	1,113	2
Електрик	4	1	1		2	1,113	3
Усього допоміжних робітників					5		8
Усього робітників дільниці					30		40

5.2 Визначення фондів заробітної плати

Основним організаційно-правовим інструментом обґрунтування диференціації зарплати працівників підприємства різних форм господарчої діяльності

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		120

є тарифно-посадова система, основні елементи якої: тарифно-кваліфікаційні довідники; кваліфікаційні довідники посад керівників, спеціалістів і службовців; тарифні сітки й ставки; схеми посадових окладів або єдина тарифна сітка.

Тарифна сітка встановлює відповідні співвідношення в оплаті праці працівників різної кваліфікації [18]. Вона є, власне, переліком тарифних розрядів і відповідних коефіцієнтів. Установлені в Україні параметри тарифної сітки наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій

Показник	Тарифні розряди							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифні коефіцієнти	1,0	1,08	1,23	1,35	1,54	1,8	1,89	2,01
Зростання тарифних коефіцієнтів: абсолютне відносне		0,8 8	0,15 13	0,12 10	0,19 14	0,26 16	0,9 5	0,12 6

Тарифна ставка є ключовим елементом тарифної системи. Вона визначається на основі встановленого державою розміру мінімальної заробітної плати. Її абсолютну величину визначають згідно зі встановленим державою мінімальним розміром заробітної плати. Згідно державного бюджету України на 2023 рік мінімальна заробітна плата становить: у місячному розмірі – 6700 грн, у погодинному розмірі – 40,46 грн

Наприклад, якщо тарифна ставка першого розряду встановлена в розмірі 40,46 грн., то ставка другого розряду становитиме 43,697 грн., третього - 49,766 грн. і т.д..

Розрахунок фондів зарплати управлінського та обслуговуючого персоналу наведено в таблиці 5.4.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		121

Таблиця 5.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	Чисельність осіб	Місячний посадовий оклад, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.
Начальник ділянки	1	17000	204000
Майстер	1	14000	168000
Усього		372000	

Розрахунок фондів зарплати основних та допоміжних робітників наведено в таблицях 5.5 – 5.8

Таблиця 5.5 - Розрахунок фондів зарплати основних та допоміжних робітників

Спеціальність		Розряд	Годинна ставка	Облік, осіб
Основні	Оператор обладнання для просіву	3	49,7658	3
	Пресувальник	4	54,621	3
	Спікальний	5	62,3084	7
	Оператор відпал. обладнання	5	62,3084	10
	Оператор на просочування	3	49,7658	3
	Контролер	4	54,621	3
	Оператор калібрувального пресу	4	54,621	3
Допоміжні	Слюсар	4	54,621	3
	Прибиральник	2	43,6968	2
	Електрик	4	54,621	3
Усього				40

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		122

Таблиця 5.6 - Розрахунок фондів зарплати основних та допоміжних робітників

ТНИКІВ

Спеціальність		Плановий робочий фонд одного працівника за рік, год.	Плановий робочий фонд всіх працівників за рік, год.	Основна заробітна плата, тис. грн.
Основні	Оператор обладнання для просіву	1748	5244	260,97
	Пресувальник	1748	5244	286,43
	Спікальний	1748	12236	762,41
	Оператор відпал. об- ладнання	1748	17480	1089,15
	Оператор на просочу- вання	1748	5244	260,97
	Контролер	1748	5244	286,43
	Оператор калібрува- льного пресу	1748	5244	286,43
Допоміжні	Слюсар	1748	5244	286,43
	Прибиральник	1748	3496	152,76
	Електрик	1748	5244	286,43
Усього				3958,43

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		123

Таблиця 5.7 - Розрахунок фондів зарплати основних та допоміжних робітників

Таблиця 5.7 - Розрахунок фондів зарплати основних та допоміжних робітників

Спеціальність		Розрахунок додаткової заробітної плати, тис. грн.				Загальна додаткова ЗП, тис. грн.
		Премія, 40 %	Особливі умови, 18 %	Відпустка, 12 %	Інші, 10 %	
Основні	Оператор обладнання для просіву	104,39	46,97	31,32	26,10	208,78
	Пресувальник	114,57	51,56	34,37	28,64	229,15
	Спікальний	304,96	137,23	91,49	76,24	609,92
	Оператор відпал. обладнання	435,66	196,05	130,70	108,92	871,32
	Оператор на просочування	104,39	46,97	31,32	26,10	208,78
	Контролер	114,57	51,56	34,37	28,64	229,15
	Оператор калібрувального пресу	114,57	51,56	34,37	28,64	229,15
Допоміжні	Слюсар	114,57	51,56	34,37	28,64	229,15
	Прибиральник	61,11	27,50	18,33	15,28	122,21
	Електрик	114,57	51,56	34,37	28,64	229,15
Усього		1583,37	712,52	475,01	395,84	3166,74

Таблиця 5.8 – Загальна заробітна плата основних та допоміжних робітників

Таблиця 5.8 – Загальна заробітна плата основних та допоміжних робітників

Спеціальність		Загальна заробітна плата, тис. грн
Основні	Оператор обладнання для просіву	469,75
	Пресувальник	515,58
	Спікальний	1372,33
	Оператор відпал. обладнання	1960,47
	Оператор на просочування	469,75
	Контролер	515,58
	Оператор калібрувального пресу	515,58
Допоміжні	Слюсар	515,58
	Прибиральник	274,98
	Електрик	515,58
Керівники	Начальник ділянки	204
	Майстер	168
Усього		7497,17

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		124

5.3 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці є ключовим показником ефективності та результативності використання робочої сили компанії. Зазвичай його розраховують як відношення річного обсягу виробництва до загальної кількості працівників організації, включаючи робітників, управлінський персонал та обслуговуючий персонал.

Наприклад, компанія з високим коефіцієнтом продуктивності праці означає, що працівники працюють ефективно та результативно, що призводить до збільшення обсягів виробництва з мінімальними витратами ресурсів. І навпаки, низький показник продуктивності праці може свідчити про погані управлінські практики або неефективну робочу силу, що призводить до зменшення обсягів виробництва та збільшення витрат.

Важливо зазначити, що продуктивність праці є лише одним з аспектів загальної продуктивності, яка також включає інші фактори, такі як капітальні інвестиції та технологічний прогрес. Однак продуктивність праці є критично важливим компонентом успіху та прибутковості компанії.

Тому компаніям важливо постійно аналізувати та підвищувати рівень продуктивності праці за допомогою таких стратегій, як навчання працівників, оптимізація процесів та використання нових технологій. Таким чином, компанії можуть підвищити свою конкурентоспроможність і збільшити прибуток.

Отже, продуктивність праці - це річний обсяг продукції, вироблений на одного працівника, і є вирішальним аспектом загальної продуктивності та успіху компанії.

Розрахувати показник продуктивності праці можна за формулою:

$$\Pi = \frac{G}{\sum \text{Ч}},$$

де, G – обсяг продукції, виготовленої дільницею за рік, кг;

$\sum \text{Ч}$ – чисельність працівників усіх категорій (робітників, управлінського та обслуговуючого персоналу).

Отримаємо:

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

$$\Pi = \frac{G}{\sum Ч} = \frac{202,14}{40} = 5,05$$

5.4 Розрахунок витрат енергії на технологічні цілі

Витрати електроенергії на освітлення залежить від спланованого приміщення для виробництва та призначення. Витрати енергії на освітлення розраховуються по формулі:

$$Q = \frac{S \cdot q \cdot \tau \cdot f}{1000},$$

де S – освітлювана площа, м²;

q – поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м², (для виробничих приміщень 13 Вт/м², для побутових та службових приміщень 10 Вт/м²);

τ – число годин горіння на рік;

f – коефіцієнт одночасності горіння (для виробничих приміщень 0,8, для побутових та службових приміщень 0,7).

Відділ просіву порошку:

$$Q = \frac{36 \cdot 13 \cdot 1840 \cdot 0,8}{1000} = 688,9 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділ відпалу після просіювання порошку:

$$Q = \frac{36 \cdot 13 \cdot 5520 \cdot 0,8}{1000} = 2066,688 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділ пресування:

$$Q = \frac{36 \cdot 13 \cdot 1840 \cdot 0,8}{1000} = 688,9 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділ спікання:

$$Q = \frac{36 \cdot 13 \cdot 5520 \cdot 0,8}{1000} = 2066,688 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділ просочення:

$$Q = \frac{36 \cdot 13 \cdot 1840 \cdot 0,8}{1000} = 688,9 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Відділ відпалу після просочення:

$$Q = \frac{36 \cdot 13 \cdot 5520 \cdot 0,8}{1000} = 2066,688 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		126

Відділ калібрування:

$$Q = \frac{36 \cdot 13 \cdot 1840 \cdot 0,8}{1000} = 688,9 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}$$

Обсяг витрат електроенергії на роботу обладнання, визначаємо на підставі вибору та розрахунку кількості обладнання, його потужності та режиму роботи:

$$E = M \cdot \Phi_0 \cdot \eta_{зв} \cdot K_1 \cdot K_2$$

де M – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд часу роботи обладнання, год;

η – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_1 – коефіцієнт одночасності роботи, приймається рівним для електропечей 0,6, для двигунів 0,3;

K_2 – коефіцієнт використання потужності, дорівнює 0,7.

Відділ просіву порошку:

$$E = 0,25 \cdot 3680 \cdot 0,157 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 30,30 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відділ відпалу після просіювання порошку:

$$E = 56 \cdot 5520 \cdot 0,740 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 48059,82 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відділ пресування:

$$E = 8,5 \cdot 5520 \cdot 0,351 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 3457,86 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відділ спікання:

$$E = 28 \cdot 5520 \cdot 0,878 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 28489,21 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відділ просочення:

$$E = 4 \cdot 1840 \cdot 0,454 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 702,22 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відділ відпалу після просочення:

$$E = 28 \cdot 5520 \cdot 0,872 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 28291,68 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відділ калібрування:

$$E = 7,5 \cdot 1840 \cdot 0,585 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 1695,03 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						127
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

5.5 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення в новий об'єкт є важливою складовою будь-якого бізнес-плану. Такі інвестиції, як правило, включають як основні засоби, такі як виробничі будівлі та споруди, так і поточні нормовані активи, тобто витрати, пов'язані зі створенням запасів оборотного капіталу - матеріалів, сировини, змінного обладнання, запасних частин, інструментів та незавершеного виробництва.

Основні засоби - це матеріальні активи, які, як очікується, будуть використовуватися протягом тривалого періоду часу і є критично важливими для виробничого процесу компанії. Прикладами основних засобів на новому підприємстві можуть бути виробничі будівлі та споруди, технологічне та допоміжне обладнання, підйомно-транспортне обладнання та інструменти. Ці активи мають важливе значення для діяльності підприємства і можуть вимагати значних початкових інвестицій.

З іншого боку, поточні нормовані активи - це активи, які, як очікується, будуть спожиті або замінені протягом короткого періоду часу, зазвичай менше року. Ці активи необхідні для забезпечення безперебійної та ефективної роботи підприємства. Прикладами поточних нормованих активів можуть бути запаси сировини, змінного обладнання, запасних частин, інструментів та незавершеного виробництва.

Плануючи капітальні інвестиції для нового об'єкта, важливо ретельно враховувати як основні, так і поточні нормовані активи. Це передбачає прогнозування майбутніх виробничих потреб компанії, визначення очікуваного терміну служби кожного активу та оцінку витрат, пов'язаних з їх придбанням та обслуговуванням.

Таким чином, компанії можуть гарантувати, що вони мають необхідні активи для ефективної та результативної роботи, мінімізуючи при цьому ризик непередбачуваних витрат або виходу з ладу обладнання. Це також може допомогти забезпечити виконання виробничих планів, дотримання стандартів якості та збереження конкурентоспроможності на ринку.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						128
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

І так, розрахунок капіталовкладень в обладнання та підйомно-транспортувальні засоби наведено в таблиці 5.9. Для розрахунку вартість транспортування обладнання, його монтажу і налагодження берем у розмірі 10-25 % від його ціни.

Таблиця 5.9 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання

Найменування устаткування та його модель	К-сть, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспортування та монтаж, тис. грн	Усього, тис. грн
Основне технологічне устаткування					
Вібраційне сито М400	1	74	74	6	80
Штовхальна муфельна піч ЦЕП-144	4	600	2400	160	2560
Гідравлічний прес Р-392	1	240	240	15	255
Вакуумна просочувальна система VPI 350, G&W	1	450	450	60	510
Механічний прес КБ-0626	1	125	125	10	135
Разом основне технологічне устаткування					3540
Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
Електричний штабелер CDDV20B-25	2	365	730	22	752
Разом допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					752
Загалом по дільниці					4292

Обсяг капіталовкладень у виробничі будівні та споруди визначають виходячи із площі цеху й усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій і промислових провідок. (табл. 5.10)

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		129

Таблиця 5.10 – Усереднені ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт

Елементи будівельно-монтажних робіт	Вартість, грн/м ³
1. Виробничі будівлі	
Одноповерхові	від 5000 до 8000
Багатоповерхові	від 7000 до 12000
2. Водопостачання виробничих приміщень	від 60 до 80
3. Каналізація виробничих приміщень	від 50 до 70
4. Електропроводка виробничих приміщень	від 100 до 120
5. Вентиляція виробничих приміщень	від 140 до 160
6. Побутові приміщення	від 6000 до 10000
7. Водопостачання побутових приміщень	від 80 до 100
8. Каналізація побутових приміщень	від 180 до 240
9. Електропроводка побутових приміщень	від 100 до 140
10. Вентиляція побутових приміщень	від 140 до 180
11. Зовнішній благоустрій	від 100 до 200
12. Невраховані витрати	від 1000 до 2000

Візьмемо середні значення кожного з пунктів та порахуємо загальну вартість (табл. 5.11)

Таблиця 5.11 – Загальна вартість будівлі

Елементи будівельно-монтажних робіт	Вартість, грн/м ³	Об'єм будівлі, м ³	Загальна вартість, млн. грн
1. Виробнича будівля			
Одноповерхова	6500	2700	17,55
2. Водопостачання виробничих приміщень	70	2700	0,189
3. Каналізація виробничих приміщень	60	2700	0,162
4. Електропроводка виробничих приміщень	110	2700	0,297
5. Вентиляція виробничих приміщень	150	2700	0,405
6. Побутові приміщення	8	2700	0,0216
7. Водопостачання побутових приміщень	90	2700	0,243
8. Каналізація побутових приміщень	210	2700	0,567
9. Електропроводка побутових приміщень	120	2700	0,324
10. Вентиляція побутових приміщень	160	2700	0,432
11. Зовнішній благоустрій	150	4679	0,70185
12. Невраховані витрати	1500	4679	7,0185
Загальна вартість будівлі			27,9110

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		130

Розмір капітальних вкладень у виробничі запаси матеріалів розраховано та занесено до таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Розрахунок вартості основних і допоміжних матеріалів на річну виробничу програму

Назва матеріалу	Одиниці виміру	Добові витрати	Кількість робочих днів на рік	Загальнорічні витрати	Ціна за одиницю, грн	Вартість за рік, млн. грн
Основні матеріали						
Порошок Х18Н15	кг	209,5904	230	48205,792	450	21,69
Допоміжні матеріали						
Водень	л	6	230	1380	170	0,23
Сірка	кг	16,8	230	3874,35	14	0,05
Всього						21,98

Розмір капіталовкладень у поточні виробничі запаси складає 10 % від річних потреб:

$$K_3 = 21,98 \cdot 0,1 = 2,198 \text{ млн. грн}$$

Величину резервного технологічного балансу беремо у розмірі 1 % від вартості оцінки запасу:

$$K_{p.z.} = 21,98 \cdot 0,01 = 0,2198 \text{ млн. грн}$$

Розрахуємо суму оборотних коштів у незавершеному виробництві за формулою:

$$\sum K_{н.в.} = \frac{V_{пл} \cdot T_d \cdot K_{нв}}{T_{пл}},$$

де $V_{пл}$ – виробництво товарної продукції у плановому періоді по виробничій собівартості, грн.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		131

T_d – тривалість циклу виготовлення продукції, днів;

$K_{нв}$ – коефіцієнт наростання витрат (0,8);

$T_{пл}$ – кількість днів у плановому періоді.

Отримаємо:

$$\sum K_{н.в.} = \frac{21,98 \cdot 1 \cdot 0,8}{360} = 48847,661 \text{ грн}$$

Вартість всіх інших елементів оборотних коштів складає близько 25 % від вартості планового запасу матеріалів:

$$K_{ост} = 21,98 \cdot 0,25 = 5,495 \text{ млн. грн}$$

Сумарний розмір оборотних коштів:

$$K_з + K_{р.з.} + \sum K_{н.в.} + K_{ост} = 2,198 + 0,2198 + 0,0488 + 5,495 = 7,962 \text{ млн. грн}$$

Загальні номінальні вкладення занесемо до таблиці 24.

Таблиця 5.13 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Млн. грн
1. Будівлі	27,911
2. Обладнання	4,292
3. Нормовані оборотні кошти	7,962
Разом	40,165

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		132

5.6 Визначення планової собівартості одиниці продукції

У системі техніко-економічних розрахунків на підприємстві важливим аспектом є процес калькуляції собівартості окремих видів продукції.

Калькуляція передбачає вирішення таких методологічних завдань: визначення об'єкта калькулювання та відповідних одиниць виміру, а також встановлення статей витрат і методів їх калькулювання.

Об'єкт калькуляції - це продукт або робота (послуга), для яких визначається собівартість. До об'єктів калькулювання відносять основну та допоміжну продукцію, послуги та працю. Основним об'єктом калькулювання є готова продукція, яка поставляється за межі підприємства (на ринок). Калькуляція собівартості інших видів продукції має допоміжне значення.

Для кожного об'єкта калькулювання обирається відповідна калькуляційна одиниця для кількісного виміру.

На вітчизняних підприємствах застосовується метод калькулювання повної собівартості, при якому в процесі калькулювання враховуються всі види витрат, пов'язаних з виробництвом і реалізацією продукції.

При виконанні розрахунків втрати класифікуються за статтями витрат, номенклатура яких варіюється залежно від специфіки виробництва. При визначенні статей витрат слід дотримуватися наступних умов:

Розрахувати максимальну частку витрат, безпосередньо віднесених на окремі види продукції, у собівартості.

Сформулювати статті непрямих витрат таким чином, щоб їх можна було включити при визначенні собівартості одиниці продукції.

Типова номенклатура статей витрат для більшості підприємств різних галузей включає:

- сировина та матеріали;
- технологічна енергія;
- основна заробітна плата працівників (технологічних робітників);
- додаткова заробітна плата працівників;

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						133
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- відрахування на соціальне страхування працівників;
- утримання та експлуатація машин та обладнання;
- загальновиробничі витрати;
- загальногосподарські витрати;
- витрати на підготовку та освоєння виробництва;
- позавиробничі витрати (включаючи витрати на збут).

Сума перших семи статей складає цехову собівартість, а дев'яти - виробничу собівартість, яка включає всі статті витрат.

У процесі калькулювання собівартості прямі витрати розраховуються на одиницю виміру на основі діючих стандартів і цін.

Непрямі витрати спочатку оцінюються за певний період, після чого вони розподіляються між різними продуктами або видами продукції.

Стаття «Сировина та матеріали» включає витрати, пов'язані з сировиною, основними та допоміжними матеріалами, купівельними товарами та напівфабрикатами. Ці витрати можна безпосередньо розрахувати на одиницю продукції, використовуючи норми споживання та ціни.

Стаття «Технологічна енергія» враховує вартість енергії, яка використовується безпосередньо в технологічному процесі для зміни стану або форми предметів праці. Розрахунок базується на нормах споживання та тарифах на енергоносії.

Стаття «Основна заробітна плата працівників» включає оплату праці робітників, задіяних у виробництві продукції. Вона розраховується за погодинними нормами витрат на технологічні операції, а також за тарифними ставками або розцінками підрядників на операції, деталі та вузли.

Стаття «Додаткова заробітна плата» визначається у відсотках до основної заробітної плати, а відрахування на соціальне страхування розраховуються як відсоток від суми основної та додаткової заробітної плати.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						134
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Стаття “Єдиний соціальний внесок” (ЄСВ) – це обов’язкове відрахування на загальнодержавне соціальне страхування. З 1 січня 2023 р. ставка ЄСВ складає 22 %. Базою для нарахування ЄСВ слугує загальний фонд заробітної плати по цеху.

Стаття «Утримання та експлуатація машин та обладнання» охоплює наступні витрати:

- витрати на повне відновлення основних виробничих фондів (після вирахування амортизації з вартості виробничого обладнання, цехового транспорту та інструменту).
- сума відсотків (винагороди), сплачених орендарям за користування основними засобами на умовах операційної та фінансової оренди.
- витрати на поточні ремонти, технічні огляди та обслуговування обладнання.
- витрати, пов'язані з внутрішньоцеховим транспортуванням товарів.
- знос малоцінних і швидкозношуваних інструментів та інвентарю нецільового призначення.
- інші витрати, пов'язані з утриманням та експлуатацією обладнання.

Номенклатура статті «Загальновиробничі витрати» складається з наступних елементів:

- витрати на оплату праці цехового управлінського персоналу та допоміжних робітників, включаючи відрахування на соціальне страхування;
- амортизаційні відрахування на основні виробничі фонди (будівлі, споруди, цеховий інвентар, цехові склади тощо);
- витрати на поточний ремонт та утримання основних виробничих фондів загальноцехового призначення;
- витрати на допоміжні матеріали, що використовуються у виробничому процесі;
- витрати, пов'язані з дотриманням правил охорони праці, санітарно-гігієнічних норм та інших спеціальних вимог;

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						135
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- витрати на спеціальний одяг, взуття, засоби індивідуального захисту та спеціальне харчування, передбачені законодавством;
- витрати на пожежну та охоронну охорону тощо.

Стаття «Загальногосподарські витрати» має схожий зміст з «Загальновиробничими витратами», відрізняючись лише конкретними об'єктами окремих витрат.

До статті «Підготовка та освоєння виробництва» відносяться наступні витрати:

- збільшення виробничих витрат на нові види продукції на етапі їх освоєння;
- освоєння нових виробництв, дільниць, агрегатів (стартові витрати);
- витрати, пов'язані з винаходами та раціоналізаторськими пропозиціями.

Стаття «Поza виробничі витрати» включає витрати на дослідження ринку, просування продукції та її збут.

Таблиця 5.14 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Ціна за одиницю, грн	Витрати на річну програму, млн. грн.
1 Сировина і матеріали				
1.1. Порошок X18H15	кг	48205,792	450	21,6926
1.2. Водень	л	1380	170	0,2346
1.3. Сірка	кг	3874,35	14	0,0542
2. Енергоносії	кВт·год	215566,83	1,68	0,3622
3. Основна заробітна плата	грн.			4,3304
4. Додаткова заробітна плата	грн.			3,1667
5. Єдиний соціальний внесок (22 %)	грн.			1,6330
6. Утримання та експлуатація машин і	грн.			4,2920
7. Загальновиробничі витрати	грн.			21,9814
8. Загальногосподарські витрати (60 %)	грн.			2,5983
9. Підготовка і освоєння (40 %)	грн.			1,7322
Виробнича собівартість річної програми				62,0777
10. Поza виробничі витрати (6 %)	грн.			3,7247
Повна собівартість річної програми				65,802310

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		136

Повну собівартість одиниці продукції (C_n) розраховують як відношення повної собівартості річної програми випуску продукції ($C_n^{р\acute{и}ч}$) до річного обсягу (програми) випуску продукції дільницею:

$$C_n = \frac{C_n^{р\acute{и}ч}}{Q} = \frac{65802310}{774870} = 84,92 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}$$

Для порівняння варіантів господарських чи технічних рішень найчастіше застосовують такі показники:

- трудомісткість продукції (зворотний показник продуктивності людської праці);
- капіталомісткість продукції;
- період окупності капіталовкладень.

Трудомісткість продукції:

$$t = \frac{Ч_{oc} \cdot \Phi_{ef}}{G} = \frac{32 \cdot 1748}{774870} = 0,072 \frac{\text{нормо-год}}{\text{шт}},$$

де, $Ч_{oc}$ – чисельність основних робітників;

Φ_{ef} – плановий ефективний фонд робочого часу одного робітника;

G – плановий річний обсяг продукції.

Капіталомісткість продукції:

$$K_G = \frac{K_{заг}}{G} = \frac{7962169}{774870} = 10,275 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}$$

Загальну річну суму амортизаційних відрахувань розраховують, виходячи з вартості основних фондів за чотирма групами та встановлених норм амортизаційних відрахувань (табл. 5.15).

Таблиця 5.15 – Відомість амортизаційних відрахувань

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						137
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Об'єкт амортизації	Вартість, млн.грн.	Амортизація, %	Сума амортизаційних відрахувань, млн.грн.
Будівлі виробничі	17,55	8	1,4040
Будівлі побутові	0,0216	8	0,0017
Обладнання з врахуванням монтажу	4,292	24	1,0301
Інвентар, КВП та інше	5,58219	24	1,3397
Всього:			3,7755

Найпоширенішим показником економічної ефективності капіталовкладень, тобто одноразових витрат на нове будівництво, реконструкцію впровадження нового обладнання, є період окупності капіталовкладень ($\Pi_{ок}$), який має критеріальний характер:

$$\Pi_{ок} = \frac{K_{заг}}{ГП_p} < \Pi_{ок}^н$$

де $ГП_p$ – річна сума грошового потоку, грн;

$\Pi_{ок}^н$ – нормативний період окупності, років.

$$\begin{aligned} ГП_p &= 0,82 \cdot (Ц - C_n) \cdot G + \sum A = 0,82 \cdot (105 - 84,92) \cdot 774870 + 3775534 \\ &= 12758416,704 \end{aligned}$$

де $Ц$ – ринкова ціна одиниці продукції, грн;

C_n – повна собівартість одиниці продукції, грн;

$\sum A$ – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Отримаємо:

$$\Pi_{ок} = \frac{65802310}{12758416,704} = 5,158 \text{ років}$$

Занесемо усі розраховані дані до таблиці (табл. 5.16)

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		138

Таблиця 5.16 – Техніко-економічні показники

	Одиниця виміру	Значення за варіантами
Найменування показника		проектний
Річний плановий обсяг виробництва (G)	шт.	775 000
Загальна площа ділянки	м ²	540
Виробнича площа ділянки	м ²	288
Капіталомісткість продукції (K _G)	грн/шт.	10,275
Загальна чисельність працівників, у тому числі:		
-основний персонал	осіб	32
-допоміжний персонал		8
-управлінський персонал		2
Загальний річний фонд заробітної плати	млн. грн.	7,42
Середньомісячна зарплата одного працівника	грн.	14727,7
Річний виробіток на одного працівника	шт./особу	19375
Технологічна трудомісткість продукції (t)	нормо-годин/шт.	0,072
Собівартість продукції цеху	грн/шт.	84,82
Період окупності (П _{ок})	років	5,158

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		139

ВИСНОВКИ

Дипломний проект був присвячений розробці та впровадженню виробництва антифрикційних втулок для підшипників ковзання потужністю 775 тис. шт./рік. Він охоплює такі важливі аспекти, як вибір матеріалу, обґрунтування технологічного процесу, визначення асортименту продукції та характеристик сировини. Проект також надав детальний опис технологічних операцій, включаючи вибір обладнання, заходи контролю якості та нагляд за виробничим процесом.

Крім того, проект включав ретельний аналіз вимог до обладнання, включаючи обладнання для просіювання, відпалу, пресування, спікання, просочення та калібрування. Будівельна частина проекту була спрямована на оптимізацію продуктивності та ефективності шляхом ретельного планування простору, ергономічного планування та безперебійного робочого процесу. У розділі "Охорона праці та безпека" розглядалися потенційні небезпеки, впроваджувалися заходи безпеки, а також наголошувалося на навчанні працівників та захисному обладнанні.

В організаційно-економічному розділі розглянуто фінансові та операційні аспекти створення та запуску виробництва втулок. Було проаналізовано такі фактори, як продуктивність праці, фонд оплати праці, споживання енергії, капітальні інвестиції та плановані витрати на одиницю продукції, яка склала 84,82 грн, щоб забезпечити економічну життєздатність та стійкість. В результаті, розрахований період окупності спроектованого підприємства та складає 5,158 років.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ		
		<i>ПІБ.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробн.</i>	<i>Дерманський О.І.</i>				Висновки	Лист	Листів
<i>Керівн.</i>	<i>Руденький С.О.</i>					140	1
<i>Консульт.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>	
<i>Н/Контр.</i>	<i>Бірюкович Л.О.</i>					<i>Каф. ВТМ та ПМ</i>	
<i>Зав/каф.</i>	<i>Богомол Ю.І.</i>					<i>Гр. ФН-91</i>	

CONCLUSIONS

The graduation project was devoted to the development and implementation of the production of antifriction bushings for sliding bearings with a capacity of 775 thousand units per year. It covers such important aspects as material selection, process justification, product range definition and raw material characteristics. The project also provided a detailed description of technological operations, including equipment selection, quality control measures and production process supervision.

In addition, the project included a thorough analysis of equipment requirements, including equipment for screening, annealing, pressing, sintering, impregnation, and calibration. The construction part of the project was aimed at optimizing productivity and efficiency through careful space planning, ergonomic layout and smooth workflow. The health and safety section addressed potential hazards, implemented safety measures, and emphasized employee training and protective equipment.

The organizational and economic section covered the financial and operational aspects of setting up and launching the bushing production facility. Factors such as labor productivity, payroll, energy consumption, capital investment, and planned unit costs, which amounted to UAH 84.82, were analyzed to ensure economic viability and sustainability. As a result, the payback period of the designed enterprise was calculated and amounted to 5.158 years.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ		
		<i>ПІБ.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробн.</i>	<i>Дерманський О.І.</i>				Conclusions	Лист	Листів
<i>Керівн.</i>	<i>Руденький С.О.</i>					141	1
<i>Консульт.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91</i>	
<i>Н/Контр.</i>	<i>Бірюкович Л.О.</i>						
<i>Зав/каф.</i>	<i>Богомол Ю.І.</i>						

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Магістерська дисертація за освітньо-професійною програмою [Електронний документ] : рекомендації до проєктування : навч. посіб. для студ. спеціальності 132 “Матеріалознавство” освітньої програми “Нанотехнології та комп’ютерний дизайн матеріалів” : 2 частини / НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського” ; уклад.: А. М. Степанчук, А. В. Мініцький, С. В. Нараєвський. – Електронні текстові дані (1файл: 775 Кбайт). – Частина 2. – Київ : НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2021. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45852/1/Magistr_dys_rekom.pdf – 87 с – Дата перегляду 25.05.2023
2. БУДНИК А.Ф. Б-90 Типове обладнання термічних цехів та дільниць: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 212 с. – ISBN 978-966-657-185-7
3. Степанчук А.М., Бойко П.А., Кривда В.І., Моляр О.Г. Методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проєктів. – Київ.: ІВЦ «Видавництво “Політехніка”», 2004. – 52 с.
4. Степанчук А.Н., Билык И.И., Бойко П.А. Технология порошковой металлургии. – Киев.: Вища шк. Головное изд-во 1989. – 415 с.
5. Пояснювальна записка до дипломного проєкту (роботи) – Національний університет «Запорізька політехніка» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/5293/1/MR_Hovtvian.pdf. – Назва з екрану. – Дата перегляду 21.05.2023.
6. Лекція 2. ОТРИМАННЯ ВИРОБІВ МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/485145/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%202.pdf. – Назва з екрану. – Дата перегляду: 16.05.2023.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ		
		ПІБ.	Підпис	Дата			
Розробн.	Дерманський О.І.				Перелік джерел посилань	Лист	Листів
Керівн.	Руденький С.О.					142	4
Консульт.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91	
Н/Контр.	Бірюкович Л.О.						
Зав/каф.	Богомол Ю.І.						

7. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Надійність обладнання галузі» - Міністерство освіти і науки України Державний університет „Житомирська політехніка” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/188609/mod_resource/content/1/3_%20%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%82%20\(%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9\).pdf](https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/188609/mod_resource/content/1/3_%20%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%82%20(%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9).pdf). – Назва з екрану. – Дата перегляду: 22.05.2023

8. Пояснювальна записка до дипломного проекту (роботи) – Національний університет «Запорізька політехніка» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/5293/1/MR_Hovtvian.pdf. – Назва з екрану. – Дата перегляду: 21.05.2023.

9. О.О.Дереза. Інженерна механіка (деталі машин). Навчально-методичний посібник для самостійної роботи, вали та осі, підшипники. Електронне видання – Мелітополь, 2022 – 37 с.

10. StudFiles – Лекція_13 Прикладна механіка.doc [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5470008/page:4/>. – Назва з екрану. – Дата перегляду: 19.05.2023

11. Розробка технології гарячого виготовлення матеріалів пресуванням та спіканням карбидовміщуючої шихти на основі заліза (Магістерська дисертація). Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/49927/1/Pyltiai_magistr.pdf] – Назва з екрану. – Дата перегляду: 16.05.2023

12. Матеріалознавство. Навчальний посібник/ Укладачі Василенко Н.П., Костенко І.Г. – Рубіжне: ІХТ СНУ ім. Володимира Даля, 2013. – 286 с

13. Диха О. В., Свідерський В. П., Дробот О. С., Машовець Н. С. Технологічне забезпечення довговічності технічних трибосистем : монографія / О. В. Диха, В. П. Свідерський, О. С. Дробот, Н. С. Машовець. – Хмельницький : ХНУ, 2021. – 178 с.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						143
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

14. Агроосвіта – Технічна механіка. Електронний конспект лекцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Page/Metodrobota/ %D0 %9C %D0 %B5 %D1 %85 %D0 %B0 %D0 %BD %D1 %96 %D0 %BA %D0 %B0 %20 %D0 %BD %D0 %BE %D0 %B2 %D0 %B0/Dokument/ %D0 %A2 %D0 %9C %20 %D0 %BB %D0 %B5 %D0 %BA %D1 %86 %D1 %96 %D1 %97/Lekzia/3.10.htm](https://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Page/Metodrobota/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%20%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0/Dokument/%D0%A2%D0%9C%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/Lekzia/3.10.htm). – Назва з екрану. – Дата перегляду: 24.05.2023

15. Д.ф.н., професор кафедри ОСНТ Гордієнко А.Д. КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» Для студентів спеціальності 226 «Фармація, промислова фармація» - Харків, 2021 – 78 с.

16. Технологія ліків промислового виробництва / В.І. Чуєшов, Л.М. Хохлова, О.О. Ляпунова та ін. / За ред. В.І. Чуєшова. — Х., 2003.; Фармацевтичні та медико-біологічні аспекти ліків / І.М. Перцев, О.Х. Пімінов, М.М. Слободянюк та ін. — Вінниця, 2007.

17. Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". (2022). Проектування виробництв порошкових, композиційних та наноструктурованих матеріалів та виробів: Курсовий проєкт (міждисциплінарний) [Навчальний посібник]. Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавр, за освітньою програмою "Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів" спеціальності 132 "Матеріалознавство". Укладачі: А. М. Степанчук, А. В. Мініцький, І. І. Білик. Електронне мережне навчальне видання[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48476/1/Projektuvannia.pdf> назва з екрану. – Дата перегляду: 04.06.2023

18. Osvita.ua – Економіка підприємств [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://osvita.ua/vnz/reports/econom_pidpr/18841/. – Назва з екрану. – Дата перегляду: 15.05.2023.

19. Производство порошковых изделий: Учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. Г.А.Либенсон. – Москва.: Металлургия, 1990. – 240 с.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
						144
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

20. Долженков И.Е., Стародубов К.Ф., Спасов А.А. Основы проектирования термических цехов. – Киев.: Высшая школа, 1986. – 215 с.
21. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник/И.М.Федорченко, И.Н.Францевич, И-Д.Радомысльский и др. – Киев: Наукова думка, 1985. – 624 с.
22. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы. – Киев.: Наукова думка, 1980. – 404 с.
23. Вишняков Д.Я., Ростовцев Г.Н., Неустроев А.А. Оборудование, механизация и автоматизация в термических цехах. – М.: Металлургия, 1964. – 467 с.
24. Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Вишняков Л.Р. Новые композиционные материалы. – Киев: Вища школа, 1977. – 312 с.
25. Либенсон Г.А. Специальность: порошковая металлургия. – М.: Металлургия, 1987. – 80 с.
26. Найдич Ю.В., Колесниченко Г.А., Лавриненко И.А., Моцак Л.Ф. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов. – Киев: Наукова думка, 1977. – 186 с.
27. Несбитт Е., Верник Дж. Постоянные магниты на основе редкоземельных элементов/Пер. с англ. – Москва.: Мир, 1977. – 168 с.
28. Порошковая металлургия сталей и сплавов/Ж.И.Дзনেладзе, Р.П. Щеголева, Л.С.Голубева и др. – Москва.: Металлургия, 1978. – 264 с.
29. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Справочник /Под ред. Грищенко А.З., Грищук В.П. и др. –Киев: Техника, 1983. – 351 с.
30. НАПБ Б.01.008-2018. Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників.
31. ДСН 3.3.6-042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
32. НПАОП 27.0-1.01-08. Правила охорони праці в металургійній промисловості.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		145

33. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення.
34. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
35. ДБН В.2.5.28-2006. Природне та штучне освітлення.
36. ДСТУ ГОСТ 12.2.061:2009. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
37. ДСТУ 7234:2011. Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
38. ДСТУ EN 133:2005. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація.
39. ДСНЗ.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
40. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.
41. ГОСТ 13084-88. Порошки высоколегированных сталей и сплавов.
42. ГОСТ 3022-80 Водород технический. Технические условия.
43. ДСТУ 2181-93 Сірка технічна. Технічні умови.

					ФН91.04.4230.002.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		146

ДОДАТКИ

ФОР	ЗОН	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ФН-91.05.4230.002.02 АС	Апаратурно-технологічна схема		
				Обладнання		
		1		Обладнання для просіву	1	
				Вібраційне сито М400		
		2		Обладнання для відпалу	1	
				Штовхальна муфельна піч ЦЕП-144		
		3		Обладнання для пресування	1	
				Гідравлічний прес Р-392		
		4		Обладнання для спікання	1	
				Штовхальна муфельна піч ЦЕП-144		
		5		Обладнання для просочення	1	
				VPI-350 від Godfrey & Wing		
		6		Обладнання для відпалу	1	
				Штовхальна муфельна піч ЦЕП-144		
		7		Обладнання для калібрування	1	
				Механічний прес		
				КБ 0626		
			ФН-91.05.4230.002.02 АС			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив		Дерманський О.І			Лист	Листів
Переві-рив		Руденький С.О.			147	1
Реценз					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91	
Н. контр.		Бірюкович Л.О.				
Затверд.						
					Апаратурно-технологічна схема	

