

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-фізичний факультет

кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Мазур В. І.

«__» _____ 2020 р.

Дипломний проект

за освітньо-професійною програмою «Нанотехнології та комп'ютерний
дизайн матеріалів» спеціальності 132 Матеріалознавство

на тему: «ВИРОБНИЦТВО ВІДБІЙНИХ ПЛИТ ПОДРІБНЮВАЧІВ ДЛЯ
РОБОТИ В УМОВАХ УДАРНО-АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ»

Виконав: студент IV курсу, групи ФН-61
(шифр групи)

_____ Кучер Олександр Сергійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник _____ професор, к.т.н. Степанчук А. М. _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з економічної частини доц., к.е.н., Нараєвський С.В. _____

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з охорони праці _____ доц., к.т.н., Арламов О.Ю. _____

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з нормо контролю _____ доц., к.т.н., Троснікова І. Ю. _____

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут” імені Ігоря Сікорського
Факультет Інженерно-фізичний
Кафедра Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії
Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»
Освітньо-професійна програма: Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів

ЗАВДАННЯ

на дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр”
студенту Кучеру Олександр Сергійовичу

1 . Тема проекту: “Виробництво відбійних плит подрібнювачів для роботи в умовах ударно-абразивного зношування”

керівник проекту проф. Степанчук А.М.

Затверджена наказом по університету Пр. № 1132-с від «21 » травня 2020 р.

2. Термін здачі студентом закінченого проекту “15” червня 2020 р.

3 Вихідні дані до проекту:

Провести аналіз сучасного стану виробництва порошкових зносостійких матеріалів для роботи в умовах ударних навантажень и абразивного зносу . Проектування провести з використанням сучасних уявлень про зносостійкі матеріали та технологічні процеси їх виготовлення .
Період окупності спроектованого виробництва повинен бути меншим за 4-7 роки. Продуктивність виробництва 170 т/рік.

4. Зміст пояснювальної записки

1. Вступ

Обґрунтувати актуальність проектування виробництва по виготовленню зносостійких елементів подрібнювачів, як працюють в умовах абразивного зносу і ударних навантажень.

2. Технологічна частина

2.1. Вибрати матеріал для виробництва виробів згідно поставленому завданню та умов його роботи.

2.2. Вибрати технологічний процес виробництва зносостійких пластин.

2.3. Розробити технологічний процес виробництва зносостійких пластин згідно поставленому завданню та провести його поопераційний опис.

2.4. Провести розрахунки матеріального балансу матеріалів та скласти баланс матеріалів.

2.5. Провести вибір та розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання та розробити план його розміщення в приміщеннях.

2.6. Визначення умов спікання (просочення) виробів.

2.7. Визначення площі та об'єму цеху.

3. Енергетичний розділ

4. Організаційний розділ

5. Економічна частина

5.1. Розрахувати техніко-економічні показники спроектованого виробництва та визначити собівартість продукції. Визначити період окупності спроектованого виробництва.

6. Розділ охорони праці

6.1. розробити засади охорони праці та навколишнього середовища на спроектованому виробництві згідно поставленого завдання.

7. Перелік графічного матеріалу

7.1. Апаратуро-технологічна схема виробництва чохлів термопар.

7.2. План розміщення обладнання.

7.3. Загальний вигляд змішувача.

7.4. Загальний вигляд муфельної печі.

7.5 Загальний вигляд сита.

8. Рекомендована література

1. Пирогов С.Я. Исследование сплавов наплавленных шихтой , содержащей тугоплавкие соединения / С.Я. Пирогов, И.И. Шипко, И.И. Марков [и др.] // Порошковая металлургия, 1984. – №10. – С. 17–25.
2. Степанчук А.М. Матеріали для напилювання покриттів. Навч. посіб. /А.М. Степанчук, І.І. Білик. – К. : Центр учбової літератури. – 2016. – 226 с.
3. Степанчук А.М. Експлуатаційні властивості самофлюсівних сплавів на основі заліза одержаних з використанням недефіцитної сировини / А.М. Степанчук, О.В. Степанов, О.Й. Гончарук // Ж-л “Наукові нотатки” ЛДТУ. – Луцьк : – 2004. – Випуск 4. – С. 317 – 330
4. Патент на корисну модель України №58208 Композиційний матеріал для отримання виробів та товстошарових покриттів для роботи в умовах інтенсивного абразивного зносу та ударних навантажень /Степанчук А.М., Шевчук А.М, Бутримов Р.М. – 2011. – Бюл. №7
5. Степанчук А. М. Отримання та властивості гранул з тугоплавких сполук для створення композиційних матеріалів. / А.М. Степанчук, М.Б. Шевчук, С.В. Мазасв //Наукові вісті НТУУ”КПІ”. – 2010. – №6. – С 111 – 119.
6. Степанчук А.Н. Износостойкие композиционные материалы с участием отходов твердых сплавов и самофлюсующихся сплавов на основе железа /А.Н. Степанчук, М.Б. Шевчук //Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К. : Вид-во НАУ «НАУ-друк». – 2012. – Вип.58. – С. 94–
7. Степанчук А. Н. Закономерности получения материалов и толстослойных покрытий на основе композиций твердые тугоплавкие соединения – самофлюсующийся сплав / Степанчук А. Н., Шевчук М. Б., Демиденко А. А. // М. : Цветные металлы. – 2014. – №1. – С. 63 – 68.
8. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів. Навч. посібник /А.М. Степанчук. – К. : Центр учбової літератури. – 2016. – 336 с.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1.	Аналіз сучасного стану виробництва зносостійких матеріалів для роботи у контакті з розплавами металів та сплавів	15.04.2020	
2	Вибір матеріалу для виготовлення зносостійких пластин	15.04.2020	
3	Вибір та розробка технологічного процесу виробництва зносостійких пластин	20.04.2020	
4	Розрахунок матеріального балансу	20.04.2020	
6	Вибір та розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання	25.04.2020	
7	Енергетичний розділ	12.05.2020	
8	Організаційний розділ	19.05.2020	
9	Розділ охорона праці	25.05.2020	
10	Економічний розділ	28.05.2020	
11	Оформлення дипломної записки та виготовлення ілюстративного та графічного матеріалу	01.06.2020	

Студент Кучер О.С. _____ / _____ /

Керівник проекту Степанчук А.М. _____ / _____ /

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

на тему: « ВИРОБНИЦТВО ВІДБІЙНИХ ПЛИТ ПОДРІБНЮВАЧІВ ДЛЯ
РОБОТИ В УМОВАХ УДАРНО-АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ»

Київ – 2020 року

РЕФЕРАТ

Проект складається з пояснювальної записки (ПЗ) формату А4 та графічної частини (ГЧ). ПЗ вміщує : стор. 106; рис.18 ; табл. 22; бібл. 35. ГЧ представлена 3 кресленнями та 1 плакатом на аркушах формату А1.

КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, ЛИТИЙ КАРБІД ВОЛЬФРАМУ, САМОФЛЮСІВНІ СПЛАВИ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ, БАЛАНС МАТЕРІАЛІВ

Метою дипломного проекту є проектування виробництва зносостійких пластин відцентрових подрібнювачів з використанням нових технологій і матеріалів продуктивністю 170 т/рік.

В дипломному проекті вибрано та обґрунтовано технологічний процес виробництва відбійних плит відцентрових подрібнювачів з композиційного матеріалу на основі твердих тугоплавких сполук та самофлюсівних сплавів. Проведені розрахунки матеріального балансу та балансу основних і допоміжних матеріалів. Визначена необхідна кількість технологічного обладнання і ступінь його завантаження.

В спеціальній частині викладені результати досліджень по визначенню оптимальних параметрів на операціях грануляції та просочення.

Проаналізовано умови праці, визначено параметри небезпечних і шкідливих чинників. Розроблено заходи по забезпеченню безпечних умов праці робітників та охорони навколишнього середовища.

В енергетичному, організаційному та економічному розділах проекту розраховано витрати на електроенергію, необхідну для забезпечення технологічного процесу, чисельність персоналу та середню заробітну плату і доведено, що розроблений проект є економічно ефективним, термін окупності складає 5 років.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кучер О. С.</i>			РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Степанчук А.</i>					7	110
<i>Реценз.</i>		<i>П.І.Б.</i>				ІФФ, група ФН-61		
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Степанчук А.</i>						

ABSTRACT

The project consists of an explanatory note (EN) in A4 format and a graphic part (GP). The EN contains p. 108; fig.18; table. 22; bibl. 35. The GP is represented by three drawings and 1 poster on A1 sheets.

Key words: COMPOSITIONAL MATERIALS, CAST TUNGSTEN CARBIDE, SELF-FLUSION ALLOYS, WEAR RESISTANCE, TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, MATERIAL BALANCE

The purpose of the diploma project is to design the production of wear-resistant plates of centrifugal grinders using new technologies and materials with a capacity of 170 tons / year.

In the diploma project, the technological process of production of baffles of centrifugal grinders from composite material based on rigid refractory compounds and self-flux alloys is selected and substantiated. The calculations of the material balance and the balance of basic and auxiliary materials. The required amount of technological equipment and the degree of its loading are determined.

In a special part, the results of researches on definition of optimum parameters on operations of granulation and impregnation are stated.

Working conditions are analyzed, parameters of dangerous and harmful factors are determined. Measures have been developed to ensure safe working conditions for workers and environmental protection.

In the energy, organizational and economic sections of the project, the costs of electricity required to ensure the technological process, the number of staff and the average salary are calculated and it is proved that the developed project is cost-effective, payback period is 5 years.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кучер О.С.</i>			ABSTRACT	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Степанчук А.</i>				8	106	
<i>Реценз.</i>		<i>П.І.Б.</i>				ІФФ, група ФН-61		
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Степанчук А.</i>						

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
1.1 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	13
1.1.1 Вибір матеріалів	13
1.1.2 Технологічні варіанти виготовлення зносостійких виробів	18
1.1.3 Висновки та постановка задачі проектування.....	28
1.2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ФУТЕРУВАЛЬНИХ	30
ЗНОСОСТІЙКИХ ПЛАСТИН ДЛЯ ПОДРІБНЮВАЧІВ.....	30
1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції і технічних умов на неї.....	30
1.2.2 Характеристика вихідних матеріалів	31
1.2.3 Опис технологічних операцій	31
1.3 РОЗРАХУНОК І СКЛАДАННЯ БАЛАНСУ МАТЕРІАЛІВ	42
1.4 ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ОБЛАДНАННЯ	52
1.4.1 Замішування.....	52
1.4.2 Протирка.....	53
1.4.3 Грануляція.....	54
1.4.4 Просів	55
1.4.5 Сушка.....	56
1.4.6 Спікання	57
1.4.7 Просочування.....	58
1.4.8 Механічна обробка.....	59
1.5 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ	61
1.5.1 Встановлення оптимальних параметрів отримання гранул грануляцією у двох конусному грануляторі.....	61
1.5.2 Встановлення оптимальних параметрів просочення гранул розплавом самофлюсівного сплаву	65

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кучер О.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Степанчук А.			9	106	
Реценз.		П.І.Б.			ЗМІСТ		
Н. Контр.		П.І.Б.			ІФФ, група ФН-61		
Затверд.		Степанчук А.					

1.6 Розробка плану цеху	69
2 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ	71
2.1 Характеристика об'єкту та умови його експлуатації.....	71
2.2 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення умов праці при виконанні роботи.....	74
2.2.1 Параметри мікроклімату.....	75
2.2.2 Освітленість	75
2.2.3 Шум та вібрація.....	75
2.2.4 Інфрачервоне випромінювання.....	76
2.3 Електробезпека	76
2.4 Пожежна безпека.....	77
3 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	80
4 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ.....	83
4.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників	83
4.2 Розрахунок фондів заробітної плати	87
4.3 Розрахунок продуктивності праці	90
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	93
5.1 Розрахунок капітальних вкладень	93
5.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції.....	97
5.3 Розрахунок періоду окупності.....	99
ВИСНОВКИ.....	102
CONCLUSIONS.....	103
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	104

ВСТУП

Обладнання, що використовується для подрібнення різних матеріалів працює в умовах, які можна віднести до екстремальних. Елементи такого обладнання витримують ударну та абразивну дію матеріалів, що подрібнюються [1]. До такого обладнання, перш за все, відносяться щоківі дробарки, кульові млини, відцентрові подрібнювачі та інші [2] – [3]. Складові цих механізмів, а інколи і весь агрегат в цілому, контактують з іншими частинами, внаслідок тертя виникає зношуванню робочих поверхонь. Практика експлуатації машин та іншого обладнання показала, що велика їх кількість втрачає працездатність не внаслідок поломок, а в результаті саме зношування окремих частин установки [4]. Особливу увагу привертає до себе увагу обладнання гірничодобувної промисловості, до якого у першу чергу слід віднести різного типу відцентрові подрібнювачі матеріалів, елементи конструкцій яких працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування. Підвищення ресурсу роботи такого обладнання може бути пов'язано з удосконаленням конструкцій, або розробкою нових, більш зносостійких матеріалів для виготовлення їх елементів, які працюють в особливо тяжких умовах. До таких елементів подрібнювачів перш за все слід віднести відбійні плити, футерувальні елементи та інше. Застосування для виготовлення таких елементів сучасних зносостійких легованих сталей та чавунів не вирішує цієї проблеми. Більш перспективними у цьому відношенні є композиційні матеріали за участю тугоплавких сполук та їх сплавів [5] – [6].

Такі матеріали мають високу зносостійкість за рахунок своєї високої твердості та ударної в'язкості, модуля пружності, специфічної структури та інше. Але такі матеріали також мають недоліки, які обумовлені їх високою крихкістю. Останнє не дозволяє застосовувати їх для виготовлення елементів подрібнювачів, які працюють в умовах ударних навантажень. Частково цю

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кучер О.			ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Степанчук А.					11	106
Реценз.		П.І.Б.				ІФФ, група ФН-61		
Н. Контр.		П.І.Б.						
Затверд.		Степанчук А.						

проблему можна вирішити якщо створювати композиційні матеріали за їх участю з використанням у якості металевої зв'язки металів та сплавів з підвищеними характеристиками пластичності [7] – [9]. Такі матеріали як правило виготовляються тільки методами порошкової металургії. При цьому мають місце висока економічна ефективність та можливість у широких межах регулювання властивостей матеріалів, що одержуються.

Таким чином можливо виробляти зносостійкі матеріали для виготовлення зносостійких елементів подрібнювачів з заданими властивостями, які залежать від матеріалу, що подрібнюється. У цьому відношенні застосування композиційних матеріалів за участю твердих сплавів може значно збільшити ресурс роботи обладнання.

Таким чином, можна стверджувати, що розробка нових зносостійких матеріалів та проектування виробництв для виготовлення виробів з них є актуальною задачею.

При проектуванні виробництв важливим є створення продукції, яка б була конкурентоспроможною на ринку подібних матеріалів. Це, багато у чому, залежить від вихідної сировини, технологічного процесу, який покладено у основу виробництва, що проектується. Важливо також має наявність комунікацій в місці будівництва, робочої сили та іншого, що визначає техніко-економічні показники виробництва.

Враховуючи це в дійсному проекті ставиться мета розробити проект виробництва по випуску зносостійких елементів обладнання, що використовується для подрібнення матеріалів. При цьому передбачається використання сучасних вихідних матеріалів та технологічного процесу, в основі якого лежить метод порошкової металургії.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вибір та обґрунтування схеми технологічного процесу

Вибір схеми технологічного процесу багато в чому залежить від складу та структури продукту, який буде вироблятися в очікуваному виробництві. Для виготовлення елементів подрібнювачів використовують різні зносостійкі матеріали, більшість з яких включають тверді сплави та вогнетривкі сполуки. Нижче ми зупинимось на виборі сировини для виготовлення продукції відповідно до завдання.

1.1.1 Вибір матеріалів

Вибір матеріалів ґрунтується на тому, що вироби з них повинні працювати в умовах сильного абразивного зносу та ударних навантажень. Такими виробами будуть конструктивні елементи подрібнювача, а саме перегородки обертових і відцентрових дробарок, реактивні, молоткові та лопатеві відцентрові дробарки. При подрібненні високо абразивних матеріалів термін служби цих частин подрібнювача становить від години до доби, що значно знижує економічну ефективність процесу подрібнення та збільшує витрату матеріалу. Тому для виготовлення вищезазначених робочих елементів подрібнювача необхідно використовувати нові, довговічніші матеріали.

В даний час матеріалам, що використовуються для виготовлення зносостійких компонентів дробарок є : сталь і чавун, композитні матеріали, що містять тугоплавкі сполуки, порошки твердих сплавів, кераміка та інші матеріали.

При подрібненні матеріалів середньої твердості можна використовувати

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Кучер О.						
Перевір.		Степанчук А.					13	106
Реценз.		П.І.Б.				ІФФ, група ФН-61		
Н. Контр.		П.І.Б.						
Затверд.		Степанчук А.						

білий і високолегований спеціальний чавун. Досить поширено використовують Ni-hard (США) - білий чавун, що легований нікелем. Останній використовується для виготовлення відбійних пил і перегородок для вугільних млинів, облицювальних плит і розмельних тіл кульових млинів, насадок для піскоструминних машин. При подрібненні гранітного щебню та кам'яної руди рекомендується використовувати зносостійкі елементи з білого чавуну, змішані з бором і молібденом. Зносостійкість цього елемента вдвічі перевищує марганцеву або перлітну сталь.

Найпоширенішою у виробництві зносостійких компонентів є високо марганцева сталь Гадфільда (тип 110Г13Л) [10], яка має високу зносостійкість при розмелі граніту, кварцу та інших матеріалів. У цьому випадку зносостійкість можна покращити, якщо легувати сталь, наприклад, ванадієм тощо. Слід також зазначити, що для підвищення твердості сталі її термічну обробку не завжди рекомендується проводити. Добре відомо, що в сталі Гадфільда при наклепі твердість поверхневого шару зростає в 2-3 рази, досягаючи значення HV700. Однак не завжди доцільно використовувати дану сталь для подрібнення інших матеріалів в тих же умовах. Так при подрібненні кварцу зносостійкість марганцевої сталі нижча, ніж у звичайної вуглецевої сталі відповідно до режиму роботи подрібнювача.

Фізичні характеристики та ресурс роботи зносостійких деталей подрібнювача можливо підвищити наплавляючи зносостійкі композиції, склад яких може змінюватися у дуже широких межах [11]-[14]. Відомо близько 100 видів наплавочних матеріалів, до складу яких входять тугоплавкі сполуки (карбіди, бориди, їх сплави) з додаванням, у якості зв'язуючого компонента, заліза, кобальту та нікелю. При цьому формування робочої структури відбувається у процесі наплавлення, який можна проводити електродугою, ацетилено-кисневим полум'ям, плазмовим напиленням з одночасним плавленням напиленого шару. Для наплавлення використовують композицію карбід хрому-нікель з вмістом нікелю від 15 до 40 %, а також

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

суміші, які вміщують залізо, вуглець, бор, кремній, карбіди і бориди перехідних металів таблиці Менделєєва. У процесі наплавлення названих композицій в структурі наплавлених шарів утворюються карбіди та бориди, що надають поверхні деталі підвищену зносостійкість. Також слід відмітити, що наплавлені зносостійкі покриття не завжди можуть ефективно використовуватися при подрібненні твердих матеріалів, особливо тих, що вміщують кварц. Це зумовлено нестабільністю їх структури, збільшенням крихкості зв'язуючого компонента за рахунок розчинення в ньому тугоплавких сполук, неможливістю одержання товстого гомогенного наплавленого шару. У зв'язку з цим наплавлені матеріали, незважаючи на їх більш високу зносостійкість у порівнянні зі сталями та чавунами, на даний час рекомендується використовувати для захисту від зносу та ремонту елементів корпусу подрібнювачів.

Високу зносостійкість при подрібненні твердих матеріалів показують робочі елементи, що виготовлені з твердих сплавів, в першу чергу марки ВК, методами порошкової металургії. Однак такі тверді сплави є дорогими та виготовляються з дефіцитних вихідних матеріалів. Тому все перспективнішими стають без вольфрамові тверді сплави на основі карбіду або карбонітриду титану, карбідів хрому [15]-[17]. Без вольфрамові тверді сплави проявляють дещо нижчі фізико-механічні характеристики, ніж вольфрамові тверді сплави, але значно ефективніші, ніж наплавлені матеріали на базі композиції карбід хрому-нікель.

Високі значення зносостійкості твердих сплавів виготовлених методами порошкової металургії залежать від однорідності розподілу дрібних зерен в структурі. Найвищу зносостійкість твердим сплавам на основі карбіду вольфраму забезпечує його високий модуль пружності.

Тверді сплави є, мабуть, єдиними матеріалами, що проявляють стійкість до стирання при подрібненні кварцового піску. Однак ця перевага в основному стосується умов мікро-удару. При подрібненні матеріалів в умовах великих

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ударних навантажень використовувати тверді сплави неможливо через їх руйнівну крихкість. За цих умов у виробі з'являться мікро- та макротріщини, що швидко призводить до повного зносу та руйнування елемента подрібнювача.

Чисті тугоплавкі сполуки можуть також використовуватися для виготовлення зносостійких компонентів для роботи в абразивних умовах подрібнення дрібного кварцового піску. Наприклад, можуть бути використані борид титану та цирконію, сплав карбід бору-карбід кремнію (сплав С-8). Однак використання цього матеріалу, як і твердих сплавів, в умовах вібрації та ударного навантаження обмежене.

Є ще одна група матеріалів, які в 5 - 20 разів стійкіші до зносу, ніж сталь і чавун. Це сплави на основі нікелю, кобальту та заліза, включаючи кремній, бор, вуглець і хром, вольфрам, молібден та інші легуючі елементи за потребою, що називають самофлюсівними [18], [19]. Робочі покриття з цього сплаву виконуються в основному плазмовим або полум'яним розпиленням. Останнє призводить до невеликої товщини покриття і високої вартості. Тому їх можна використовувати для захисту окремих деталей подрібнювача, лабораторних та промислових ударних млинів, що працюють при високих температурах та спеціально використовуються для подрібнення цінних абразивів.

Особливий інтерес представляють композитні матеріали, що складаються із самофлюсівних сплавів та тугоплавких сполук [20]-[23]. Таким чином, при дослідженні впливу армування хромо-нікелевого сплаву ХН80СР4 зернами тугоплавких сполук та твердих сплавів на фізико-механічні характеристики біметалічного з'єднання покриття - сталева основа було встановлено, що продуктивність матеріалу залежить від міцності з'єднання покриття з основою, схильності до крихкості, гарячої твердості та корозійної стійкості покриття та підкладки під дією швидкісних абразивних струменів. Визначено, що легування Ni, Cr, Si, В-сплавів з тугоплавкими сполуками може

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращити абразивні показники, знизити коефіцієнт крихкості, але в той же час зменшити міцність з'єднання із сталеву основою.

Дослідження на стирання показали, що найбільш зносостійким покриттям є сплав ХН80СР4, який містить включення литого карбиду вольфраму, карбід титану, сплав $TiC-Co$, $WC-Co$, а їх вміст у сплаві становить не менше 40% [21] – [23]. Типова структура таких матеріалів показана на рисунку 1.1.

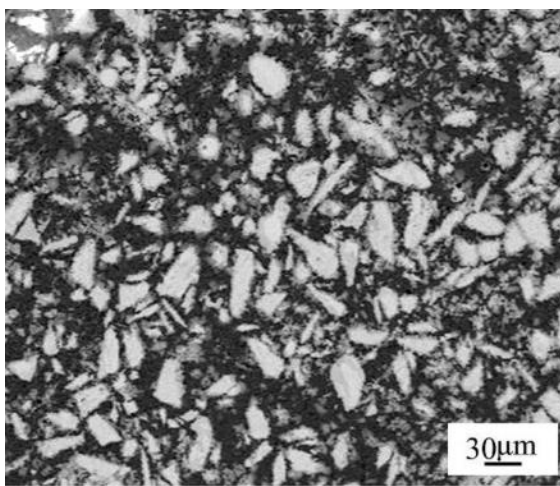


Рисунок 1.1 – Мікроструктура композиційного матеріалу NiCrBSi – WC [24]

Зниження вмісту цих армуючих частинок призводить до значного зменшення стійкості покриття до зносу. Експерименти показують, що зносостійкість не залежить від дисперсності кристалічних зерен, але багато в чому залежить від структури та властивостей структурних компонентів композиції сплав-матриця.

Експерименти підтвердили, що чим вища твердість структурних компонентів, чим вищий їх вміст у сплаві, тим вищу зносостійкість показують вироби. Тугоплавкі складові можна розмістити в послідовності зростання зносостійкості наступним чином :

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Підсумком проведеного аналізу найпоширеніших матеріалів для роботи в ударно-абразивних умовах є те, що найбільш доцільно використовувати композиційні матеріали, до складу яких входять тугоплавкі сполуки та металева зв'язка. Перспективним є використання в якості такої металевої зв'язки самофлюсівних сплавів на основі нікелю або заліза. Також значного покращення експлуатаційних та конструктивних показників виробів можна досягти, якщо виконувати деталі цілісними, без додаткових з'єднань.

Нижче розглянемо технологію виготовлення виробів із зносостійких матеріалів.

1.1.2 Технологічні варіанти виготовлення зносостійких виробів

Як було сказано вище, для виготовлення зносостійких елементів робочих деталей подрібнювача можна використовувати сталь 10Г13, розроблену Гадфільдом. Вироби, отримані з цієї сталі методом порошкової металургії, можуть виготовлятися за способом, показаним на рисунку 1.2. Відповідно до цієї схеми, сировину з високим вмістом марганцевої сталі отримують з порошкової суміші заліза, феромарганцю та вуглецю або сірого чавуну. Приготовану механічну суміш пресують у заготовку під тиском 450-500 МПа, а потім спікають при температурі 1100-12000С протягом 15-20 хвилин у суміші водню та природного газу. Використання цієї газової суміші запобігає виведенню вуглецю з матеріалу внаслідок його газифікації.

Якщо деталі, що працюють в умовах підвищеного навантаження, виготовляють з цього матеріалу, то застосовують операцію гарячого штампування первинних заготовок при температурі від 800 до 13000 ° С. Підвищення температури призведе до збільшення щільності виробу, однак за таких умов значно зростає знос форми штампування. Залишкова пористість

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

продукту залежить від зусилля пресування, яке не повинно перевищувати границю текучості матеріалу. У цьому випадку значна швидкість деформації забезпечується пластичним потоку матеріалу. Механічні характеристики таких штампованих деталей з порошку близькі до характеристик литих, а в деяких випадках навіть перевищують їх. Це пов'язано з тим, що в процесі штампування внаслідок сильної пластичної деформації частинок матеріалу на контактній поверхні утворюється міцне з'єднання, тобто відбувається міжкристалічне зрощення.

Цей ефект є результатом активації дифузійного процесу за рахунок виходу дислокацій та вакансій на контактну поверхню частинок. Крім того, збільшення міцності штампованих деталей пояснюється тонкою структурою, що характерна для виробів виготовлених методами порошкової металургії. В якості остаточної механообробки деталі для надання їй заданого розміру рекомендується застосовувати шліфування.

Порошок сталі марки 110Г13 або порошкова суміш



Рисунок 1.2 – Технологічна схема виготовлення деталей з високо-марганцевої сталі марки 110Г13

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Отримана згідно з розглянутим способом футерувальна плита може бути успішно використана при виготовленні зносостійких елементів подрібнювальних машин, які застосовуються для роботи з матеріалами середньої твердості [1]. Однією з переваг цієї технології виробництва зносостійких компонентів є те, що вона дозволяє отримувати продукцію відносно невеликої вартості. Тому при подрібненні матеріалів із середньою твердістю економічно вигідніше використовувати ці плити в облицюванні самоскидів. При облицюванні в подрібнювачах для твердих матеріалів вони схильні до стрімкого зносу і тому потребують регулярної заміни.

Одним із способів підвищення терміну роботи деталі є отримання зносостійкого покриття на її робочій поверхні. Сучасні методи наплавлення з використанням спеціальних наплавлювальних матеріалів дозволяють отримати доволі зносостійкі шари. Для цього у якості наплавлювальних матеріалів застосовують суміш у вигляді порошку. У процесі покриття поверхні деталі ця шихта утворює на її поверхні відповідний сплав. Серед найбільш популярних наплавлювальних матеріалів є сталініт [12]. Сталініт представляє суміш ферохрому, феромарганцю та вуглецю такого складу: 13-17% Mn, 16-20% Cr, до 3% Si, 8-10% C, інше - Fe. Техніка виготовлення порошкоподібного наплавлювального матеріалу та покриття ним матеріалу поверхні підкладки дуже проста, як показано на рисунку 1.3 .

Технологія виготовлення сталініту зводиться в основному до подрібнення, відсіву та перемішування сировини.

Відповідно до методу Бернадоса, вуглецевий або графітовий електрод використовується для наварювання сталініту на підкладку з вуглецевої сталі електричною дугою. Для наплавлення може використовуватися як постійний, так і змінний струм, хоча завдяки високій стійкості дуги постійний струм забезпечує краще наплавлення. Значення сили струму має значний вплив на

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якість наплавлення. При покритті поверхні сталінітом величина сили постійного струму найчастіше знаходиться в діапазоні 80-160 А. Після операції наплавлення деталі повинні пройти термічну обробку.

У якості такої термічної обробки, що відновлює структуру основного матеріалу, пошкодженого процесом наплавлення, є нормалізація. Обробка проводиться лише шліфуванням.

Перевага цієї технології полягає в тому, що ви можете отримати покриття з твердістю набагато вищою, ніж у сталі з високим вмістом марганцю. Доступне наплавлення на уже зношені деталі, що відтерміновує їхню заміну .

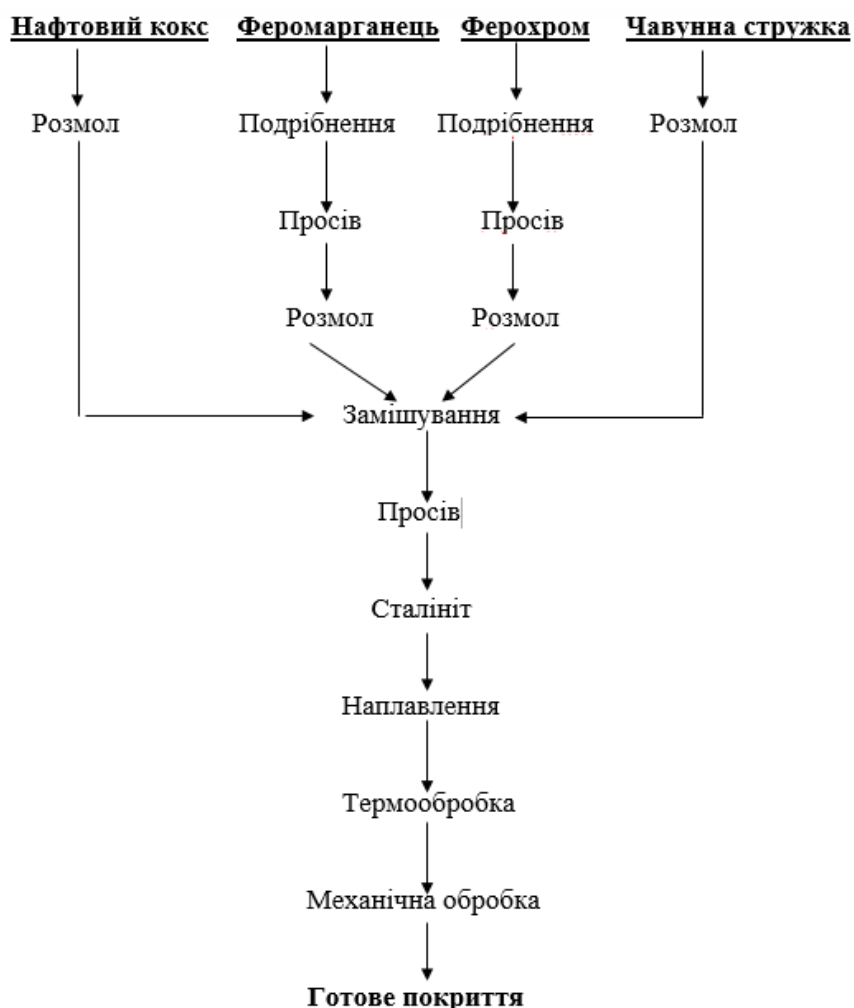


Рисунок 1.3 – Технологічна схема отримання зносостійкого покриття методом наплавлення [12]

Однак у цього способу збільшення зносостійкості є недоліки. Нанести абсолютно щільний шар порошкоподібного сплаву практично неможливо.

Товщина нанесеного шару не повинна перевищувати 3-5 мм, оскільки покриття може відокремитися. Також у процесі наплавлення порушується структура матеріалу основи, що приводить до росту зерен та внутрішніх напружень при нагріванні.

В якості компонентів ударних дробарок застосовують без вольфрамові тверді сплави ТНМ-20 і КХН [16]. Розглянемо технічну схему для виготовлення плит із сплаву КХН, що наведена на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Технологічна схема виготовлення виробів з сплаву КХН

Щоб отримати тверду суміш із заданим розміром частинок, проводять вологе подрібнення в етанолі або воді, після чого суміш сушать. Подрібнення проводять в кульовому млині протягом 48 годин. Через низьку пластичність порошку Cr_3C_2 до суміші додають пластифікатор - розчин штучного каучуку в бензині.

Під час виробництва пластини із сплаву КНН суміш після перемішування сушать у печі, як показано на малюнку 1.4, при температурі $70-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, а потім протирають на ситі. Для підвищення текучості рекомендується гранулювати змішану суміш до розміру частинок $0,5-1,5\text{ мм}$. Потім пресують плити необхідного розміру.

Оскільки форма деталей проста, то одностороннє пресування виконують при тиску $50-150\text{ МПа}$. Спикання поділяється на два етапи:

- 1) $T = 800-1000\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 2) $1280-1320\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Після спикання деталі обробляють шліфуванням.

Перевага цього способу полягає в тому, що зносостійкість твёрдосплавної пластини із сплаву марки КХН краща, ніж сталь з високим вмістом марганцю чи наплавленим матеріалом. Однак зносостійкість цих плит значно нижча, ніж у плит, виготовлених із твердого сплаву марки ВК.

ВК сплави були першими твердими сплавами, що набули широкого промислового застосування. В основному вони використовуються для грубої обробки матеріалів і для виготовлення деталей, які працюють в умовах сильного зносу. Порівняно з іншими твердими сплавами вольфрамо-кобальтові сплави мають високу ударну міцність, що дуже важливо при роботі зносостійких компонентів ударних дробарок.

Одним з перспективних способів отримання зносостійких компонентів подрібнюючих верстатів є технологія виготовлення облицювальних плит із композиційних матеріалів, що складаються із твердих сплавів вольфраму та

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

самофлюсівних сплавів на основі нікелю чи заліза [20]. Технологічна схема цього процесу наведена на рисунку 1.5.

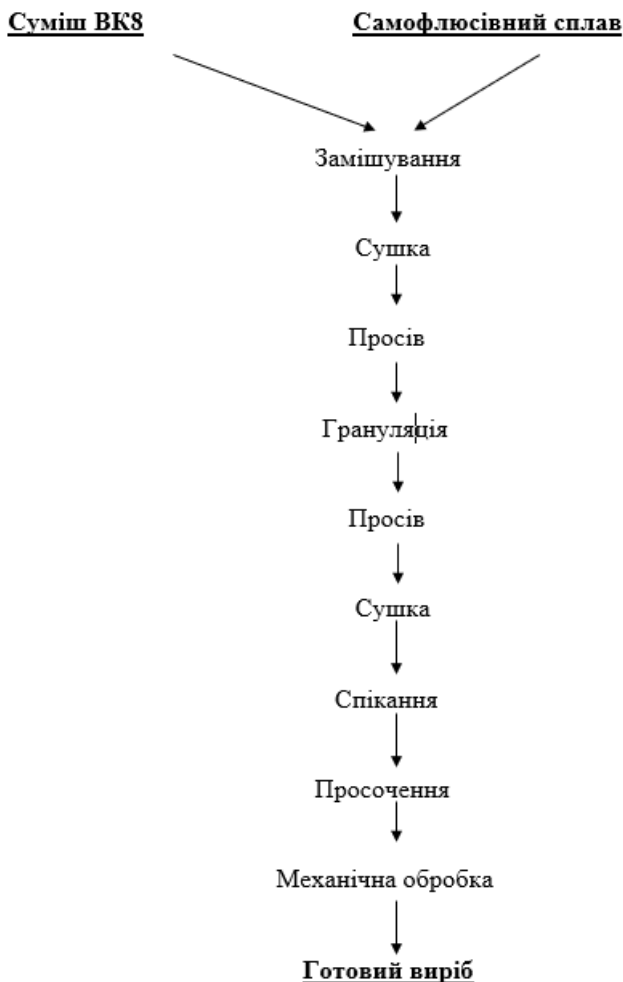


Рисунок 1.5 – Технологічна схема одержання композиційного матеріалу з твердого сплаву ВК8 та самофлюсівного сплаву

Відповідно до цього процесу, початкову суміш змішують з розчином синтетичного каучуку в бензині, а потім сушать до залишкової вологості 10%. З метою знищення агломератів, що утворюються в процесі перемішування, суміш протирають через металеву сітку розміром комірки 0,5-1,5 мм. Потім отриману суміш гранулюють до отримання частинок необхідного розміру. Після того як отримані частинки висушено та спечено, ними заповнюють графітові форми, що відповідають розміру бажаної пластини. Ущільнюють

вібраційним методом, заповнюють порошком самофлюсівного сплаву, а потім просочують його рідкою фазою. Отриману таким чином пластину доводять шліфуванням до потрібного розміру.

Розглянутий технічний процес має багато переваг. Використання цього матеріалу для виготовлення футерувальних плит збільшує їх робочий ресурс та призводять до зниження ступеня забруднення подрібнюваного матеріалу.

Твердий сплав марки ВК15 широко застосовують для виробництва компонентів рудних дробарок Вармак [2]. Його футерувальні пластини виготовляються по традиційній технологічній схемі, що наведена на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Технологічна схема виробництва футерувальних плит з сплаву ВК15

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спосіб пресування суміші твердих сплавів принципово не відрізняється від добре відомого у порошковій металургії способу пресування металевого порошку. Однак низька пластичність та висока дисперсність порошкової суміші обумовлює деякі особливості. Так, якщо більшість порошоків чистих металів можна спресувати до такого ступеня, що їх міцність буде достатньою для проведення з ними наступних операцій, то заготовки з твердих сплавів за рахунок твердої складової не володіють достатньою міцністю при тих умовах пресування, які можна досягати без небезпеки виникнення тріщин. З цим пов'язана необхідність введення в суміш твердого сплаву пластифікатора. Тиск пресування заготовки знаходиться в діапазоні 50-150 МПа, що залежить від якості та кількості пластифікатора, що вводиться в суміш.

Твердосплавні продукти спікають у два етапи: попереднє спікання при температурі 700-1000С ° та остаточне спікання при температурі 1350 до 1550 С °. Попереднє спікання проводять у сухому водневому середовищі, а остаточне - у водневому середовищі чи у вакуумі. Попереднє спікання слід виконувати для видалення пластифікатора, відновлення залишкових оксидів та надання попередньої міцності заготівці.

Останні два способи отримання зносостійких елементів подрібнювача мають багато переваг перед усіма попередньо перерахованими технологічним схемами. Матеріали для облицювання, що складаються з твердих сплавів та їх композицій, мають більш високий порядок зносостійкості та ударної міцності, що дуже важливо при їх використанні для подрібнення залізної руди. Однак у них є і очевидний недолік – значна вартість дефіцитної сировини, що використовується для виготовлення твердих сплавів.

Частковим рішенням даної проблеми є використання в якості сировини брукхт. Можливо виготовляти композиційний матеріал, що складаються з частинок брукхту твердого сплаву розміром 1-2 мм, скріплених високоякісною сировиною. Метод гарячого пресування використовується для виготовлення готових виробів. Технологічна схема такого процесу приведена на рисунку

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.7. Використання методу гарячого пресування дозволяє отримати непористі вироби, що призводить до їх високої твердості та високої зносостійкості. Технологічний процес в дизайні апаратних засобів дуже простий. У порівнянні з перерахованими вище технологічними схемами виготовлення деталей із твердих сплавів, це рішення передбачає менше технічних операцій. У кінцевому підсумку це призводить до скорочення кількості обладнання, а результатом є зменшення кількості обслуговуючого персоналу. Загалом, усе це покращить технічні та економічні показники виробництва за рахунок зменшення накладних витрат, амортизації, відрахування обладнання та зменшення витрат на заробітну плату.

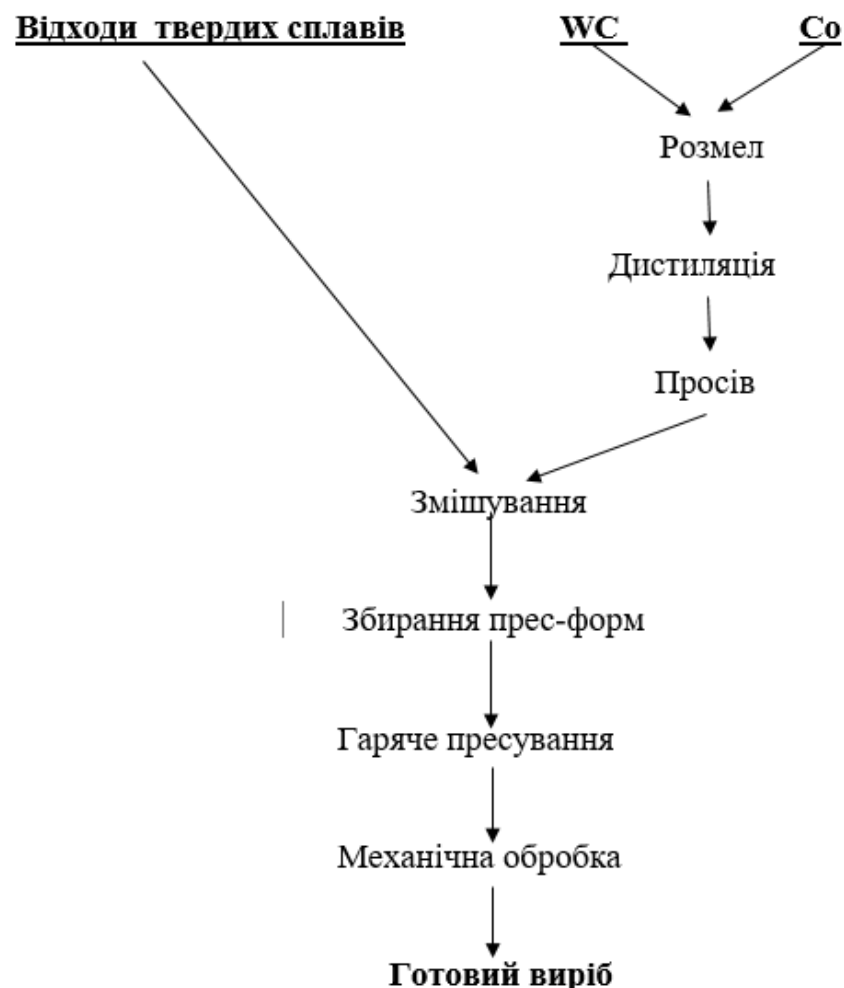


Рисунок 1.7 – Технологічна схема виготовлення елементів подрібнювачів з використанням відходів твердих сплавів

1.1.3 Висновки та постановка задачі проектування

За результатами аналізу вищезазначених даних можна підсумувати, що для виробництва зносостійких компонентів подрібнювальної машини можуть використовуватися різні матеріали та технологічні схеми виготовлення виробів. Останнє залежить головним чином від матеріалу, що підлягає подрібненню, та умов подрібнення.

Для виготовлення зносостійких елементів подрібнювачів, які працюють в умовах абразивного зношування та ударних навантажень найбільш доцільно використовувати композиційні матеріали з композицій ТТС – самофлюсівний сплав. Як ТТС у нашому випадку найбільш доцільно використовувати гранули з литого карбиду вольфраму (РЕЛІТ) або гранули з відходів твердих сплавів (ВК).

Змінюючи структуру композиційних матеріалів можна регулювати характеристики кінцевого продукту. Останнє можливо через те, що тверду та зносостійку компоненту можна застосовувати у вигляді гранул, дрібних чи великих зерен, безперервних чи дискретних волокон тощо [22].

У зв'язку з цим, проектуючи дільницю по виробництву зносостійких компонентів дробарок, було обрано показану на рисунку 1.8 технологічну схему.

Головними завданнями проектування слід прийняти наступні:

- розробити оптимальні режими кожної технологічної операції;
- розрахунок та складання балансу матеріалу, проведення відбору обладнання та розрахунок його кількості, щоб забезпечити планову продуктивність виробництва;
- розрахунок економічної ефективності спроектованої дільниці;
- розробка заходів по забезпеченню гідних умов праці та охороні навколишнього середовища.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Суміші порошоків ТС

Самофлюсівні сплави



Рисунок 1.8 – Технологічний процес виготовлення пластин

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФН61.6117.1103.003.01ПЗ

Арк.

29

1.2 Технологічний процес виготовлення футерувальних зносостійких пластин для подрібнювачів

1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції і технічних умов на неї

На виробництві, що проектується передбачається виготовлення пластин для відцентрових подрібнювачів з розмірами залежно від потреб споживача.

Можлива номенклатура розмірів:

- довжина – до 200 мм.
- ширина – до 200 мм.
- товщина до 20 мм.

Технічні умови на продукцію приводять в проекті по формі таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні умови на готову продукцію

Найменування	Характеристика	Державний стандарт або технічні умови
Пластини	70x120x10 мм	ТУ
РЕЛІТ	WC+W ₂ C – 98%; Fe – 1,6 %– 1,8% O ₂ , N ₂ – до 0,2 %	ТУ ІЕ НАНУ ім. Є.О. Патона
Самофлюсівний сплав на основі заліза	Осн.– Fe; Ni – 20–40; Cr – 3,5–10; Mo – 2,0–3,5; Cu – 2,0–8,0; Mn – 0,5–1,5; B – 2,0–4,5; Si – 1,0–3,0; C – 0,8–2,0; P – 0,4–0,8	ТУ НТУУ «КП»
Самофлюсівний сплав на основі нікелю	Осн. Ni; Cr – 3,5–10; Mo – 2,0–3,5; Fe – 2,0–8,0; Mn – 0,5–1,5; B – 2,0–4,5; Si – 1,0–3,0; C – 0,8–2,0; P – 0,2–0,6	ТУ ІЕ НАНУ ім. Є.О. Патона

1.2.2 Характеристика вихідних матеріалів

Для виготовлення пластин можна використовувати як тверду складову відходи твердих сплавів або РЕЛІТ, які є не дефіцитними в Україні. Відходи твердих сплавів є більш привабливими з економічної точки зору, але не є прогнозованими. Їх ефективним заміником може бути РЕЛІТ, виробництво якого налагоджено в Україні (м. Торез; ІЄ НАНУ ім. Є.О. Патона).

Порошки металеві зв'язки (самофлюсівний сплав) можуть бути отримані на підприємствах України (БЗПМ, м. Бровари, Укр-Пріор контакт, ст. Глеваха, Київської обл., ІЄ НАНУ ім. Є.О. Патона). Використання самофлюсівних сплавів на основі заліза (СФЗ) більш привабливе з точки зору їх порівняльно більш меншою вартістю. Привабливість застосування СФС (СФЗ) також зумовлена спрощенням технологічного процесу виготовлення пластин.

Характеристики вихідної сировини та технічні умови на неї наведені в таблиці 1.1.

1.2.3 Опис технологічних операцій

Відповідно до обраної технологічної схеми виробництва зносостійких облицювальних плит із композиційного матеріалу передбачається отримання гранул розміром 500 – 800 мкм з наступним їх просочуванням розплавом самофлюсівного сплаву. Для отримання гранул необхідно використовувати порошки вихідних матеріалів (твердих сплавів або РЕЛІТ-у). Для формування з вихідних порошоків гранул необхідне їх компактування – формування (пресування) гранул з наступним їх спіканням. Виробничі операції полягають в наступному.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3.1 Замішування

Вихідні матеріали, що використовуються у спроектованому виробництві, відносяться до високо твердих та в'язких матеріалів. Як наслідок, вони практично не піддаються пластичній деформації. Тому для утворення суміші необхідно застосувати пластифікатор. Відповідно етап замішування забезпечує рівномірний розподіл пластифікатора по усьому об'єму суміші. В якості пластифікатора рекомендується використовувати 20 % розчин крохмалю у воді, який додають з розрахунку 200-250 мг клейстера на кілограм карбідного порошку. Для змішування пластифікатора та порошку використовують барабанні змішувачі з лезами примусового перемішування, одно- та двошнекові змішувачі. Якщо потрібно видалити розчинник, то застосовують підігрів. Інколи вдаються до застосування каландрових змішувачів [25].

Завантажену в барабан суміш розчину крохмалю та порошку твердого сплаву перемішують за допомогою шнека. В залежності від пропорцій в складі вихідної шихти, розподілу за розмірами частинок порошку твердого сплаву чи РЕЛІТ-у та їх середнього розміру тривалість операції замішування може становити 1-3 години. У розглядуваному нами випадку перемішування займає час в межах 1-1,5 години. Після отримання необхідної однорідності суміші (визначають за результатами швидкого аналізу зовнішнього вигляду та ваги) перемішування завершується. Готова суміш повинна бути схожа на густе тісто [25]. Потім отриману суміш вручну вивантажують у піддон спеціальною лопатою і переходять до операції формування гранул. Гранули з пластифікованої суміші можна виготовити протиркою на ситі розміром 1-2 мм та наступною обробкою в барабанному грануляторі. Після грануляції частинки діаметром 3-5 мм відокремлюють просіюванням і відправляють на етап спікання.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3.2 Протирка

Як було сказано вище, у нашому виробничому процесі передбачається використання карбідного компоненту у формі гранул при виготовленні зносостійких плит. Оскільки суміш представляє собою тістоподібну речовину, її грануляцію проводять у два етапи. Перший кроком є розпорошення суміші на окремі частинки неправильної форми шляхом протирання. В основі цієї операції лежить екструзія тістоподібної суміші через отвори. Для цього найвигідніше використовувати протирочне сито, через отвори якого суміш видавлюється обертальними лопатками [25]. Розмір отворів регулюють зміною полотна сита, що залежить від заданого розміру гранул. Сито та лопатки приводяться в рух електричним двигуном. Продуктивність сита лежить в залежності від реологічних властивостей і, в першу чергу, від в'язкості суміші. Так чим вище в'язкість, тим нижча продуктивність протирочної установки. Тому, щоб запобігти прилипанню суміші до сита і сприяти процесу диспергування суміші, у ній повинна міститись невелика кількість розчинника. Отриманий напівфабрикат збирають у спеціальні лотки і переходять до наступної операції. У той же час слід запобігати його консолідації за рахунок утруски.

1.2.3.3 Грануляція

Ця операція необхідна для отримання остаточної заготовки гранул. Діаметр яких, як описано вище, повинен бути від 0.8 до 2.5 мм, а форма – близька до сферичної. Крім того, міцність частинок повинна бути достатньою для проведення з ними наступних технологічних операцій – 0,5 – 1,0 МПа. Отримання цих властивостей здійснюється шляхом обкатки диспергованої тістоподібної суміші. Процес утворення гранул заснований на незначному ущільненні частинок під дією сили тяжіння та відцентрової сили. Тому на

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

процес впливають такі параметри, як властивості вихідних карбідних порошків та реологічні характеристики пластифікованої суміші. Оскільки процес ущільнення частинок заснований на структурній деформації, то при зменшенні розміру порошку карбідної суміші, зростають сили внутрішнього тертя між частинками при їх відносному русі, а тому процес ущільнення уповільнюється. Якщо пластична в'язкість і міцність пластифікованої суміші збільшиться, то грануляція також уповільниться. Ці властивості пластифікованої суміші регулюють вмістом у ній пластифікатора та його вологості. Тому в міру збільшення частки пластифікатора у складі суміші та його вологості пластична міцність та в'язкість зменшуються.

Використовуються різні типи грануляторів : барабанні, конусні, дискові та інші [25]. Для нашого виробництва доцільно звернутись до конусних або барабанних грануляторів. Тривалість грануляції залежить від параметрів, на яких ми зосередилися вище, і становить 1 - 2 години.

Після процесу гранулювання розмір і міцність отриманих гранул контролюють подрібненням. Пройшовши експрес контроль, їх заповнюють в контейнери без струшування і направляють на наступну операцію.

1.2.3.4 Просів

Головна ціль цієї операції - вибір із суміші гранульованих частинок заданого розміру. Це гранули розміром 0,8 – 2,5 мм. Просіюванням також руйнують згустки гранул, що утворились через адгезію окремих частинок під час їх зберігання та транспортування.

Просіювання ґрунтується на проходженні гранул певного розміру через відповідного розміру ситові отвори під дією сили тяжіння та сили, що виникає внаслідок вібрації.

Вібраційні, поворотні установки можуть використовуватися для відбору частинок заданого розміру. Для вибраної технології виробництва

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найзручнішим є вібраційне сито з двома платформами. Верхня має отвори – 2,5 мм, а нижня – 0,8 мм. У цій установці дека закріплена на пружинному амортизаторі. Частинок, що затримались на нижньому деку проходять до наступних операцій, а ті, що залишилися на верхньому деку і просіялись крізь нижній дек, повертають до попередньої грануляції.

Перевіряючи розмір і зовнішній вигляд частинок, їх поміщають у лоток і піддають сушінню. У той же час необхідно не допустити їх консолідації та компактування через утруску.

1.2.3.5 Сушка

Просіяні частинки мають погані механічні властивості та потребують невеликих зусиль для їх деформації та руйнування. Для запобігання зміни форми, утворення тріщин, вм'ятин тощо під час транспортування та завантаження в спікальну піч частинки сушать.

Ця операція виконується в духовці без захисної атмосфери. Сушку проводять при температурі 80-95 ° С. Сушіння при більш високій температурі може призвести до тріщин та зміни форми гранул. Це пов'язано з тим, що випаровування вологи відбувається через пори, що утворюються під час структурної деформації частинок карбідної суміші. Ця операція триває 4-6 годин, поки волога повністю не зникне, а в робочому просторі з'явиться пара. Сушіння супроводжується контролем температури робочого простору та тривалістю витримки.

Після висихання гранул проводять контроль їх зовнішнього вигляду і міцності (20 - 25 МПа), після чого переходять до спікання.

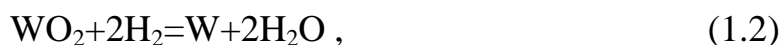
					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3.6 Спiкання

На операцiї спiкання гранули ущiльнюються та набувають необхідних фiзичних та механiчних властивостей. Особливiстю спiкання ВК сплавiв є присутнiсть нерозчинної рiдкої фази [26].

При нагрiвi до 200–400 °С крохмаль вигоряє. Тому в цьому вiдрiзку температур нагрiвання потрiбно проводити повiльно (не вище 30-40 °С/хв) , оскiльки можливе руйнуванню виробу пiд тиском газоподiбних продуктiв розкладу крохмалю.

Для ВК сплаву при температурi 400-700 С° вiдновлюються оксид вольфраму та кобальту вiдповiдно до наведених нижче хiмiчних рiвнянь:



За температур 700–1340 ° С проходить твердофазне спiкання, а окреми карбiднi зерна приварюються в мiсцях контакту, що має змiцнювальний ефект. Твердi розчини на основi кобальту утворюється при температурi 1150-1300 °С, спостерiгається дуже активна усадка. Досягнувши 1340 С°, що вiдповiдає температурi плавлення евтектичного розчину карбiду вольфраму та вуглецю в кобальтi, утворюється рiдка фаза та починають проявляти дiю сили поверхневого натягу [17], [26]. Це позитивно впливає на бiльш щiльне упакування зерен WC завдяки дiї механiзму в'язкої течiї та перегрупування частинок карбiду вольфраму. Далi спiкання проводиться в дiапазонi температур 1340-1400 °С i завершується практично повним ущiльненням виробу. Якщо збiльшити температуру спiкання з 1400 ° С до 1500 ° С або збiльшити тривалiсть iзотермiчної витримки, то частинки карбiду вольфраму почнуть перекристалiзовуватись через розплав кобальту. При цьому зростають зерна карбiду вольфраму та контактна поверхня мiж ними,

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		

утворюється карбідний каркас. Перекристалізацією через рідку фазу пояснюється наявність у вихідному матеріалі зерен WC різних розмірів та з різними енергіями поверхні. Причиною перекристалізації може служити також наявність кристалів з різною мірою досконалості структури. У цьому випадку спочатку розчиняються кристали WC з більш збалансованою решіткою, і утворений ними твердий розчин буде перенасиченим щодо кристалів з більш досконалою решіткою.

Відносна висока температура та тривала витримка під час спікання приводить до отримання у сплаві крупних зерен карбіду вольфраму, які явно перевищують розмір зерен вихідного порошку.

Коли сплав охолоджується від 1500 °C до 1300 °C, рідка фаза кристалізується. Спочатку кристали надлишкової WC-фази виділяються з рідкої фази, а потім кристалізується подвійна евтектика γ +WC. У міру подальшого зниження температури вуглець, розчинений у кобальті, також буде виділятися.

Тверді сплави на основі вольфраму в основному спікаються у водневому середовищі. Температура спікання залежить від складу та від вмісту кобальту в сплаві. Так чим вище вміст кобальту, тим нижче температура спікання. Для сплавів, що містять 8% Co, оптимальною є температура спікання - 1410 °C. Час спікання залежить від розміру продукту і становить від 0,5 до 2 годин. При спіканні у водневому середовищі, завдяки взаємодії водяної пари та водню, що містяться в робочому просторі, з карбідом вольфраму може бути видалений вуглець. Проходять наступні хімічні реакції:



За рахунок видалення вуглецю з карбіду вольфраму в процесі спікання

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фаза W_2C взаємодіє з кобальтом та утворюється η' фаза за реакцією:



Новоутворена η' фаза погіршує механічні властивості сплаву. Тому, щоб запобігти видаленню вуглецю із сплаву та утворенню η' фази, використовують засипку. Нею відокремлюють гранули порошку одну від одної та від стінок форми. При спіканні сплавів WC-Co найпоширенішим є засипка корраксу з 1,5% графіту. Вуглець реагуючи з воднем і киснем атмосфери печі утворює вуглеводні та оксид вуглецю (II), що збільшує вміст вуглецю в середовищі. Крім того, вуглець дифундує в частинки порошки, тим самим підтримуючи сталій вміст сплаву під час спікання.

Для спікання твердих композитних сплавів використовують муфельні та печі Таммана з робочою температурою 1450–1500С °. У нашому випадку, щоб запобігти збільшенню вмісту вуглецю в матеріалі продукту, більш доцільним є використання прохідної муфельної печі з алундовим муфелем та молібденовим нагрівачем.

Після спікання гранули відділяють від засипки ручним просіюванням, а їх характеристики контролюється вимірюванням міцності, твердості, зносостійкості та дослідженням структури. Для цього може бути використаний зразок-свідок певного розміру, що спікається одночасно з гранулами.

Температура спікання та час ізотермічної витримки є керуючими параметрами операції спікання.

1.2.3.7 Просочування

Ціль операції просочування - сформувати остаточну структуру та властивості футерувальних пластин. Гранули твердого сплаву розміром 515

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

мкм заповнюють в графітові форми. Щоб запобігти взаємодії між матеріалом заготовки і графітом на внутрішню поверхню наносять емульсію нітриду бору. Порошок самофлюсівного сплаву також засипається у форму у кількості 105 – 110 % від теоретично необхідного для стовідсоткового заповнення об'єму пор [28] .

Після цього заготовку вібро-ущільнюють. Це дозволить частинкам самофлюсу більш рівномірно проникнути між гранулами. Ущільнення проводять вручну або на вібраторі протягом 1,5-3 хвилин, з частотою вібрації 250-300 Гц і амплітудою 0,225-0,450 мм. Підготовлені таким способом заготовки ставлять в лоток та направляють у піч, в якій відбувається процес просочування.

Під просоченням розуміється спікання за наявності рідкої фази, що існує до завершення цієї операції. Для отримання фізичних, механічних та експлуатаційних характеристик кінцевого продукту спікання проводять при температурі 1150-1400 °С, залежно від температури плавлення самофлюсівного сплаву та того, чи потрібно його перегрівати на 150-200 °С для підвищення текучості.

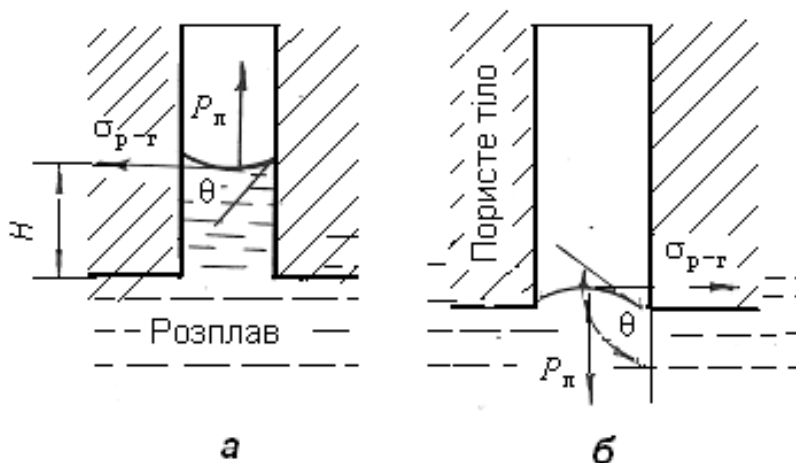
Важливою умовою до якісного спікання в присутності нерозчинної рідкої фази є змочування [26]. Термодинамічною умовою змочування є зменшення вільної енергії системи , або $\sigma_{rg} \cos\theta > 0$, де σ_{rg} – поверхнева енергія (поверхневий натяг) на межі розплав-газ; θ – кут змочування. Зазвичай самодовільне просочування відбувається, коли кут змочування менший 90° ($\theta < 90^\circ$). Насправді його значення знаходиться в межах 0-15 °.

При виконанні таких умов в каналах пор виникають сили Лапласа, які сприяють проникненню в них розплаву (рисунок 1.9). При відсутності змочування сили Лапласа виштовхують розплав з каналів пор і самодовільного просочування не відбувається.

Механізм процесу просочування визначається взаємодією тугоплавкого каркаса з розплавом. При цьому можливі чотири випадки:

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1 – розплав змочує тверду фазу і відсутня взаємодія між ними;
- 2 – розплав не змочує тверду фазу і відсутня взаємодія між ними;
- 3 – розплав змочує тверду фазу і має місце обмежена взаємна розчинність компонентів;
- 4 – розплав змочує тверду фазу і має місце необмежена взаємна розчинність компонентів.



а – при наявності змочування; б – при відсутності змочування.

Рисунок 1.9 – Схема просочування [27]

У нашому випадку згідно роботи [28] розплав самофлюсівного сплаву за температур вище 1200°C і витримці більше 15 хв практично повністю змочує карбіди вольфраму і тверді сплави на основі вольфраму. Тому при отриманні виробів за участю твердих сплавів і самофлюсівних сплавів відбувається самодовільне просочення гранул розплавом самофлюсівного сплаву.

Також якість змочування багато в чому залежить від чистоти поверхні частинок. Наявна на поверхні оксидна плівка значно зменшує змочувальні властивості. Тому необхідно вжити заходів щодо очищення поверхні. Ми досягаємо цього використовуючи самофлюсівний сплав, що містить бор і кремній. Ці елементи утворюють боро-силікатний шлак при взаємодії з

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

киснем, що ефективно розчиняє окисли металів, тим самим інтенсифікуючи процес спікання.

Як показали дослідження (Спеціальна частина) проведені при проектуванні виробництва по виготовленню зносостійких елементів подрібнювачів температура просочення повинна бути у межах 1250 – 1300 °С та час ізотермічної витримки 30 хвилин. У цьому випадку формуються щільність та структура матеріалу з найбільш високими характеристиками стійкості при абразивному зношуванні.

Процес просочування можна проводити в усадочних печах на повітрі у зв'язку з властивостями самофлюсівного сплаву утворювати захисну плівку на поверхні виробу. Але з метою збільшення терміну придатності допоміжного обладнання (форм) та підвищення продуктивності можна використовувати для просочення муфельні прохідні печі з алундовим муфелем і робочою температурою до 1400°С. При цьому як газове середовище можна використовувати гази з низьким ступенем очистки від вологи.

Спечені плити досліджують на відповідність їх властивостей : твердість – вибірково один раз за зміну; структура та зносостійкість – один раз на дві доби - очікуваним та відправляють на остаточну механічну обробку.

1.2.3.8 Механічна обробка

Остаточну механічна обробка надає виробам кінцевих розмірів. Звичайно пластини мають розміри 70x120x10мм . Її приводять на шліфувальній машині, використовуючи алмазний або кубічний нітрид бору в якості абразиву. Зважаючи на високу твердість сплаву ВК, інші матеріали, що використовують для обробки заготовок, не досягнуть бажаних результатів. Так забезпечують висока якість поверхні та точність розмірів.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як обладнання для механічної обробки можна використовувати плоско шліфувальні станки. Контроль якості виконання даної операції проводять шляхом вимірювання розмірів кожної деталі.

1.3 Розрахунок і складання балансу матеріалів

Розрахунок матеріального балансу важливий для вибору та визначення кількості технічного обладнання та техніко-економічних показників. Для розрахунку матеріального балансу визначають щоденну потужність цеху та кількість матеріалу, що знаходяться у роботі та у відходах.

Для того, щоб визначити добову потужність дільниці, розраховуємо час роботи обладнання. З цією метою визначають кількість календарних днів в році, необхідних для планово-профілактичного обслуговування обладнання. На поточній виробничій лінії зазвичай все обладнання ремонтується одночасно, а час простою залежить від часу обслуговування найскладнішого обладнання. Під час послідовного технічного обслуговування його загальна тривалість є сумою всіх простоїв. Кількість днів, необхідних для обслуговування неавтоматизованого виробничого обладнання визначається згідно з графіком планового профілактичного обслуговування (табл. 1.2), який виконаний на основі нормативних даних та результатів бакалаврської практики.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Графік планово-запобіжного ремонту обладнання

Обладнання	1 квартал			2 квартал			3 квартал			4 квартал			Всього
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	
Замішування		О (1/2)				О (5/2)				О (8/2)			11
Протирка				О (10/2)				С (15/4)				О (5/2)	13
Грануляція	О (4/3)									О (8/2)			11
Просів		Т (5/4)					О (10/2)				С (5/6)		17
Сушка			О (10/3)							Т (8/8)			16

Продовження таблиці 1.2

Обладнання	1 квартал			2 квартал			3 квартал			4 квартал			Всього
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	
Спікання		Т (5/6)					К (1-10/24)			Т (8/8)			38
Просочування		Т (5/6)					К (1-10/24)			Т (8/8)			38
Механічна обробка				О (20/2)					С (20/8)			Т (5/8)	18
Всього:													152

Умовні позначення: О – огляд; Т – поточний ремонт; С – середній ремонт; К – капітальний ремонт; чисельник – дні місяця; знаменник – кількість годин на ремонт. Всього днів на планово – попереджувальний ремонт: $152 : 8 = 19$ днів.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Для того, щоб визначити фактичний фонд часу роботи обладнання з числа календарних днів у році віднімають кількість днів, необхідних для планового та профілактичного обслуговування, та кількість неробочих днів цеху. Баланс робочого часу виробництва показаний у таблиці 1.3.

Таблиця 1. 3 – Баланс робочого часу цеху

Елементи балансу часу	Прихід днів	Витрати часу
Кількість календарних днів в році	365	–
Час на планово-попереджувальний ремонт		19
Святкові дні		9
Вихідні дні (суботи, неділі)		102
Всього:		130

Кількість робочих днів цеху на рік: $n = 365 - 130 = 235$ днів

Після визначення кількості робочих днів цеху на рік розраховуємо добову потужність його по готовій продукції (A):

$$A = G / n = 170000 / 235 = 723,4 \text{ кг.}, \quad (1.7)$$

де G – річний випуск продукції, кг;

n - Кількість робочих днів цеху за рік.

У зв'язку з тим, що при переробці вихідної сировини мають місце втрати (рисунок 1.10), необхідно їх враховувати шляхом визначення виходу гідного [14] "φ". Знаючи вихід гідного, ми можемо визначити кількість матеріалу, яку необхідно направляти в голову процесу з урахуванням втрат (A0):

$$A0 = A / \varphi \times 100, \text{ кг} \quad (1.8)$$



Рисунок 1.10 – Втрати матеріалу на операціях

Для визначення виходу гідного проводимо наступні розрахунки.

1.Визначаємо пряме поопераційне вилучення на кожній операції по формулі:

$$\eta = 100 - (a + b), \quad (1.9)$$

де а - поворотні втрати на операції, %;

в - безповоротні втрати на операції, %.

Тоді:

На першій операції $\eta_1 = 100 - (0 + 0,2) = 99,80$

На другій операції	$\eta_2 = 100 - (0 + 0,15) = 99,85$
На третій операції	$\eta_3 = 100 - (0 + 0,3) = 99,70$
На четвертій операції	$\eta_4 = 100 - (4,0 + 0,20) = 95,80$
На п'ятій операції	$\eta_5 = 100 - (0 + 0,10) = 99,90$
На шостій операції	$\eta_6 = 100 - (0 + 0,15) = 99,85$
На сьомій операції	$\eta_7 = 100 - (0 + 0,10) = 99,90$
На восьмій операції	$\eta_8 = 100 - (0 + 0,40) = 99,60$

2. Визначаємо повне вилучення " φ " по відношенню до вихідного матеріалу на кожній операції:

$$\varphi = (\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \dots \times \eta_n) \times 100_{n-1} \quad (1.10)$$

$$\varphi_n = \varphi_{n-1} \times \eta_n / 100 \quad (1.11)$$

Тоді: $\varphi_1 = \eta_1 = 99,80$

$$\varphi_2 = \frac{99,8 \times 99,85}{100} = 99,65$$

$$\varphi_3 = \frac{99,65 \times 99,7}{100} = 99,35$$

$$\varphi_4 = \frac{99,35 \times 95,8}{100} = 95,18$$

$$\varphi_5 = \frac{95,18 \times 99,9}{100} = 95,08$$

$$\varphi_6 = \frac{95,08 \times 99,85}{100} = 94,94$$

$$\varphi_7 = \frac{94,94 \times 99,9}{100} = 94,84$$

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi_8 = \frac{94,84 \times 99,6}{100} = 94,47$$

3. Визначаємо кількість сировини, яку необхідно направляти у голову процесу в перший день (кг):

$$A_0 = \frac{A \times 100}{\varphi_7} \quad (1.12)$$

$$A_0 = \frac{723,4 \times 100}{94,47} = 765,745$$

4. Визначаємо втрати по відношенню до вихідного матеріалу на кожній операції (β_n, α_n):

Зворотні

Незворотні

$$\alpha_1 = a_1 = 0$$

$$\beta_1 = b_1 = 0,20$$

$$\alpha_2 = 0;$$

$$\beta_2 = 0,15 \times 99,8 / 100 = 0,149$$

$$\alpha_3 = 0$$

$$\beta_3 = 0,3 \times 99,65 / 100 = 0,297$$

$$\alpha_4 = 4,0 \times 99,35 / 100 = 3,974$$

$$\beta_4 = 0,20 \times 99,35 / 100 = 0,199$$

$$\alpha_5 = 0$$

$$\beta_5 = 0,1 \times 95,18 / 100 = 0,095$$

$$\alpha_6 = 0$$

$$\beta_6 = 0,15 \times 95,08 / 100 = 0,143$$

$$\alpha_7 = 0$$

$$\beta_7 = 0,10 \times 94,94 / 100 = 0,095$$

$$\alpha_8 = 0$$

$$\beta_8 = 0,40 \times 94,846 / 100 = 0,379$$

5. Визначаємо абсолютні втрати (ga_n, gb_n):

$$ga_n (gb_n) = A_0 \times \alpha_n (\beta_n) / 100, \text{ кг.} \quad (1.13)$$

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зворотні

Незворотні

$$g a_1 = 0$$

$$g b_1 = 765,745 \times 0,2/100 = 1,53$$

$$g a_2 = 0;$$

$$g b_2 = 765,745 \times 0,149/100 = 1,14$$

$$g a_3 = 0$$

$$g b_3 = 765,745 \times 0,297/100 = 2,274$$

$$g a_4 = 765,745 \times 3,974/100 = 30,43$$

$$g b_4 = 765,745 \times 0,199/100 = 1,52$$

$$g a_5 = 0$$

$$g b_5 = 765,745 \times 0,095/100 = 0,73$$

$$g a_6 = 0$$

$$g b_6 = 765,745 \times 0,143/100 = 1,095$$

$$g a_7 = 0;$$

$$g b_7 = 765,745 \times 0,095/100 = 0,73$$

$$g a_8 = 0 ;$$

$$g b_8 = 765,745 \times 0,379/100 = 2,90$$

6. Розраховуємо суму зворотних втрат та визначаємо кількість матеріалу, яку необхідно подавати кожен день у голову процесу (В):

$$B = A_0 - \sum ga = 765,745 - 30,43 = 735,315 \text{ кг.} \quad (1.14)$$

7. Визначаємо кількість матеріалу, яка поступає на кожну операцію і виходить з неї:

На першу операцію :

поступає: 735,315

виходить: $735,315 - 1,53 = 733,785$ кг.

На другу операцію:

поступає: 733,785 кг. ;

виходить: $733,785 - 1,14 = 732,645$ кг.

На третю операцію:

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поступає: 732,645 кг. з другої операції та зворотні втрати з четвертої операції: $732,645 + 30,43 = 763,075$ кг

виходить: $763,075 - 2,274 = 760,801$ кг.

На четверту операцію:

поступає: 760,801 кг;

виходить: $760,801 - (30,43 + 1,52) = 728,851$ кг.

На п'яту операцію:

поступає: 728,851 кг;

виходить: $728,851 - 0,73 = 728,121$ кг.

На шосту операцію:

поступає: 728,121 кг;

виходить: $728,121 - 1,095 = 727,026$ кг.

На сьому операцію:

поступає: 727,026 кг;

виходить: $727,026 - 0,73 = 726,296$ кг.

На восьму операцію:

поступає: 726,296 кг;

виходить: $726,296 - 2,9 = 723,396 = 723,4$ кг.

Результати, отримані при розрахунку матеріального балансу, використано для розрахунку балансу матеріалів (табл. 1.4) .

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Баланс матеріалів

Назва операції	Порошки твердих сплавів, кг	Порошок самофлюсівного сплаву, кг	Крохмальний клейстер, кг	Всього, кг
Змішування	590		35,4	625,4
Протирка				623,7
Грануляція				648,61
Просів				646,68
Сушка				619,52
Спікання				618,90
Просочування		109,00		727,026
Механічна обробка				726,296

Зауважимо, що кінцева вага виробу формується під час операції просочення, коли спечені частинки просочуються розплавом самофлюсівного сплаву при об'ємній частці 25-35%. Слід також пам'ятати, що для виготовлення твёрдосплавних гранул спочатку вводять пластифікатор, а його вміст в процесі змішування становить 6 мас. %. На операції сушіння маса пластифікатора зменшується на 10-15% завдяки випаровуванню розчинника (вологи), і майже повністю видаляються з продукту в процесі спікання гранул. Розраховані дані зведено в таблиці 1.5.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таблиця 1.5 – Поопераційний матеріальний баланс

Назва операції	Поопераційні втрати, %			Пряме поопераційне вилучення, %	Загальне вилучення, %	Втрати по відношенню до введеного матеріалу, %		Абсолютні втрати, кг		Кількість матеріалу, яка поступає на операцію, кг			Кількість матеріалу, який виходить з операції, кг.
	Зворотні	Незворотні	Загальні			Зворотні	Незворотні	Зворотні	Незворотні	З попередньої операції	Зворотні втрати	Всього	
Замішування	0	0,20	0,20	99,80	99,80	0	0,200	0	1,530	735,315	0	735,315	733,785
Протирка	0	0,15	0,15	99,85	99,65	0	0,149	0	1,140	733,785	0	733,785	732,645
Грануляція	0	0,30	0,30	99,70	99,35	0	0,297	0	2,274	732,645	30,43	763,075	760,801
Просів	4,0	0,20	4,20	95,80	95,18	3,974	0,199	30,430	1,520	760,801	0	760,801	728,851
Сушка	0	0,10	0,10	99,90	95,08	0	0,095	4,937	0,730	728,851	0	728,851	728,121
Спікання	0	0,15	0,15	99,85	94,94	0	0,143	0	1,095	728,121	0	728,121	727,026
Просочування		0,10	0,10	99,90	94,85	0	0,095	0	0,730	727,026	0	727,026	726,296
Механічна обробка	0	0,40	0,40	99,60	94,47	0	0,379	0	2,900	726,296	0	726,296	723,400

ФНБ1.6117.1103.003.01ПЗ

1.4 Вибір та розрахунок кількості обладнання

1.4.1 Замішування

Згідно технологічного процесу для виготовлення гранул з порошків твердих сплавів або тугоплавких сполук необхідно приготувати пластифіковану суміш, яка складається з порошків вказаних сполук та пластифікатору. У нашому випадку це водний розчин крохмалю (крохмальний клейстер). Як відомо для приготування таких сумішей необхідне примусове перемішування. У якості обладнання, яке може бути використане у цьому випадку найбільш прийнятними є шнекові змішувачі. У зв'язку з цим для даної операції на виробництві, що проектується вибираємо шнековий змішувач. Його характеристики наступні.

- Робочий об'єм – 0,013 м³
- Габаритні розміри – 2,35 × 1,4 × 1,9 м
- Потужність – 1,6 кВт.
- Вартість – 17,8 тис. грн.

Необхідну кількість змішувачів визначаємо за формулою:

$$N = G_1 / P_M \times \tau, \quad (1.15)$$

де G_1 – кількість матеріалу, яку треба змішувати за добу, 625,4 кг.;

τ – час роботи змішувача на добу, 16 год;

P_M - продуктивність змішувача, кг/ год (розрахункова)

Продуктивність змішувача для нашого випадку визначаємо за формулою:

$$P_M = G_3 / \tau_m, \quad (1.16)$$

де G_3 – вага однієї заправки у змішувач;

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

τ_m - технологічний час змішування, 2 год .

Вагу однієї заправки визначаємо за формулою:

$$G_3 = V_m \times \varphi \times \gamma_{нас}, \quad (1.17)$$

де V_m - об'єм змішувача, см³;

φ - коефіцієнт заповнення змішувача, $\varphi = 0,5$

$\gamma_{нас}$ - насипна щільність вихідної шихти, $\gamma_{нас} = 0,2 - 0,3 \gamma_{нас}$ (сер).

Середню щільність матеріалу шихти визначаємо за формулою:

$$\gamma_{ком. сер} = \gamma_{тс} \times \gamma_{п} \times 100 \quad (1.18)$$

$$\gamma_{тс} \times a_{п} + \gamma_{п} \times a_{тс}$$

де $\gamma_{тс}$, $\gamma_{п}$ – середня щільність тугоплавкої сполуки та пластифікатору, відповідно 13,23 і 1,25 г/см³;

$a_{п}$, $a_{тс}$ - вміст в шихті пластифікатору та ТС 6,0 та 94,0 %.

Тоді :

$$G_3 = 0,013 \times 10^6 \times 0,5 \times 8,4 \times 0,3 = 16380 \text{ г} = 16,4 \text{ кг}$$

$$P_m = 16,4 / 2 = 8,2 \text{ кг / год}$$

Необхідна кількість змішувачів буде:

$$N_m = 625,4 / 8,2 \times 16 = 4,76$$

Приймаємо 6 змішувачів з коефіцієнтом завантаження:

$$K_3 = 4,76 / 6 = 0,80$$

1.4.2 Протирка

Згідно розробленому в проекті технологічному процесу необхідно виготовляти гранули з тугоплавких сполук. Цей процес йде у дві стадії. Спочатку одержана при змішуванні пластифікована суміш протирається через

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

сито з розміром ґраток 2–3 мм а потім безпосередньо гранулюється. Для цього можна використовувати протирку на ситах, використовувати барабанні або конусні гранулятори і інше. У нашому випадку на першій стадії грануляції будемо використовувати протирку на протирочних ситах, як найбільш просту.

Характеристики протирочного сита наступні:

- Габарити – 0,8× 1,2 × 1,4 м
- Потужність – 1,2 кВт
- Продуктивність – 30-40 кг/год
- Вартість – 12,8 тис. грн

Необхідну кількість протирочних сит визначаємо за формулою:

$$N = G / p \times t, \quad (1.19)$$

де G – кількість матеріалу, що переробляється на операції, 623,7 кг;

p –продуктивність протирочного сита, 30 кг/год;

t – час роботи сита на добу, 16 год.

Тоді необхідна кількість протирочних сит дорівнює:

$$N = 623,7 / 30 \times 16 = 1,3$$

Приймаємо два протирочних сита з коефіцієнтом завантаження:

$$K_z = 1,3 / 2 = 0,65$$

1.4.3 Грануляція

Згідно технологічного процесу ця операція призначена одержання гранул сферичної форми з розміром гранул 0,8 – 2,5 мм. У якості вихідної сировини передбачається використовувати попередньо гранульовану шихту шляхом протирки на протирочних ситах. Для кінцевої грануляції шихти можливо використовувати барабанні, конусні, тарілчасті та інші гранулятори. У наслідок порівняння характеристик цих грануляторів для нашого випадку вибираємо конусний гранулятор, як найбільш простий та доцільний.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Його характеристики наступні:

- Габарити – 0,62x0,82x1,25 м ;
- Потужність – 0,6 кВт;
- Робочий об'єм барабану – 25 л;
- Продуктивність – 15–25 кг/год (по твердосплавним сумішам);
- Вартість – 11,3 тис. грн.

Кількість необхідних грануляторів визначаємо за формулою:

$$N = G / p \times t ,$$

де G – кількість матеріалу, що переробляється на операції грануляції, 648,61кг;

p – продуктивність гранулятора. Приймаємо 25 кг/год;

t – час роботи гранулятора на добу. Приймаємо 16 год.

Тоді:

$$N = 648,61 / 25 \times 16 = 1,62$$

Приймаємо 2 гранулятори з коефіцієнтом завантаження:

$$K_z = 1,62 / 2 = 0,81$$

1.4.4 Просів

У процесі грануляції з використанням конусних грануляторів можуть бути одержані гранули, які не відповідають заданим розмірам. Тому для виділення гранул з заданим розміром необхідно після грануляції напівфабрикат просіяти. Для цієї мети найбільш придатні вібраційні сита. Вибираємо вібраційне сито з діаметром обичайки 0,5 м. Обичайка сита закріплена на амортизаторах. Вібрація у горизонтальній площині відбувається за допомогою електродвигуна через клиноремінну передачу на ведучий вал. Такі сита призначені для просіву відносно невеликих партій сипучого матеріалу.

Характеристики вібраційного сита наступні:

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Габарити – $0,8 \times 0,8 \times 1,2$ м;
- Потужність – 1,6 кВт;
- Продуктивність – 40– 60 кг/год.;
- Вартість – 8,2 тис. грн.

Необхідну кількість сит визначаємо за формулою:

$$N = G / p \times t ,$$

де G – Кількість матеріалу, що переробляється на операції, 6456,478 кг;

p – продуктивність сита. Приймаємо 50 кг/год;

t – час роботи сита на добу, 16 год.

Тоді:

$$N = 646,48 / 50 \times 16 = 0,8$$

Приймаємо одне сито з коефіцієнтом завантаження:

$$K_z = 0,8 / 1 = 0,8$$

1.4.5 Сушка

У зв'язку з тим, що гранули виготовлялись з пластифікованої суміші з використанням у якості розчинника води, для видалення останньої перед спіканням необхідно гранули сушити. Сушку гранул можна проводити на повітрі, у спеціальних сушильних – печах, використовувати сушили з інфрачервоним нагрівом, у сушильних шафах. У нашому випадку найбільш прийнятними є сушильні шафи, які забезпечують рівномірний нагрів виробів, прості в обслуговуванні, мають низьку енергоємність. У зв'язку з цим для сушки заготовок вибираємо сушильну шафу ЦЕП –282.

Її характеристики наступні:

- Габаритні розміри – $1,2 \times 11,5 \times 1,8$ м
- Потужність – 2,5 кВт
- Вартість – 25,1 тис. грн.
- Продуктивність – розрахункова

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібну кількість шаф визначаємо за формулою:

де G_5 – кількість матеріалу, що переробляється на операції. $G_5 = 619,52$;

$P_{шф}$ – продуктивність шафи. Її розраховуємо виходячи з того, що вага однієї загрузки складає 120 кг, і час сушки складає 8 годин.;

Тоді:

$$P_{шф} = 120 / 8 = 145,0 \text{ кг/ год.}$$

Тоді:

$$N_{шф} = 619,52 / 145 \times 16 = 2,58$$

Приймаємо три шафи з коефіцієнтом завантаження:

$$K_3 = 2,58 / 3 = 0,86$$

1.4.6 Спiкання

Згідно технологічного процесу для цієї операції можливо використовувати такі печі як піч Таммана, муфельні печі періодичної та безперервної дії, вакуумні печі. У нашому випадку більш прийнятною є муфельна прохідна піч для спікання твердих сплавів піч, яка має відносно високу продуктивність та можливість її автоматизації. Вибираємо муфельну електропіч зі штовхачем для спікання твердих сплавів марки ОКБ-416 .

Її характеристики наступні:

- Габаритні розміри – $1,2 \times 1,2 \times 3,6$ м
- Потужність – 32 кВт
- Вартість – 145 тис. грн.
- Продуктивність – розрахункова

Потрібну кількість печей визначаємо за формулою:

$$N_{пч} = G_6 / P_{пч} \times \tau,$$

де G_6 – кількість матеріалу, що переробляється на операції, $G_6 = 618,9$ кг;

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$R_{пч}$ – продуктивність печі. Її визначаємо виходячи з промислових даних по спіканню твердих сплавів марки ВК. Це 10–15 кг/год. Приймаємо продуктивність печі 14 кг/год.;

$$\text{Тоді: } N_{пч} = 618,9 / 14 \times 24 = 1,83$$

Приймаємо 2 печі з коефіцієнтом завантаження:

$$K_z = 1,83 / 2 = 0,90$$

1.4.7 Просочування

У зв'язку з тим, що згідно технологічного процесу просочування необхідно проводити при температурі 1300–1350 С° для цієї операції можливо використовувати муфельні печі періодичної та безперервної дії, вакуумні печі. У нашому випадку більш прийнятною є муфельна прохідна піч для спікання, яка має відносно високу продуктивність та можливість її автоматизації. Вибираємо муфельну електропіч зі штовхачем для спікання марки ЦЕП–356.

Її характеристики наступні:

- Габаритні розміри – 1,3 × 2,0 × 5,6 м
- Потужність – 60 кВт
- Вартість – 225 тис. грн.
- Продуктивність – розрахункова

Потрібну кількість печей визначаємо за формулою:

$$N_{пч} = G_7 / R_{пч} \times \tau,$$

де G_7 – твердих сплавів марки кількість матеріалу, що переробляється на операції, $G_7 = 727,026$ кг;

$R_{пч}$ – продуктивність печі. Її визначаємо виходячи з промислових даних по спіканню порошкових виробів. Це 15–20 кг/год. Приймаємо продуктивність печі 18 кг/год.

$$\text{Тоді: } N_{пч} = 727,026 / 18 \times 24 = 1,68$$

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо 2 печі з коефіцієнтом завантаження:

$$K_z = 1,68 / 2 = 0,84$$

1.4.8 Механічна обробка

Згідно технологічного процесу для операції механічної обробки вибираємо шліфувальний станок СШ – 4,5/1,5.

Його характеристики:

- Габаритні розміри – 1,2 × 2,5 × 1,6 м
- Потужність – 4,5 кВт
- Вартість – 180 тис. грн.
- Продуктивність – 25-30 виробів за годину

Кількість потрібних станків визначаємо за формулою:

$$N_{ст} = K / P_{ст} \times t,$$

де K – кількість деталей за добу визначаємо виходячи з того, що вага однієї пластини 1,2 кг, а кількість матеріалу 726,296 кг. $K = 726,296 / 1,2 = 605$ штук;

$P_{ст}$ – продуктивність станка, дет./год. Згідно нормування 25 дет./год.;

t – кількість годин роботи станка на добу. Приймаємо 16 год.

Тоді: $N_{ст} = 605 / 25 \times 16 = 1,5$

Приймаємо 2 станки з коефіцієнтом завантаження

$$K_z = 1,5 / 2 = 0,76$$

Одержані дані по розрахунку потрібної кількості обладнання зводимо у таблицю 1.6.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 – Зведена відомість устаткування цеху

Назва операції	Назва устаткування	Число роботи на добу	Прийняте число одиниць устаткування	Коефіцієнт завантаження	Встановлена потужність, кВт	Вартість, тис. грн.
Замішування	ЗМШ – 13	16	6	0,8	1,6	13,8 27,6
Протирка	ПС-0,46	16	2	0,65	1,0	10,8 16,2
Грануляція	КГ-1,2	16	2	0,81	0,6	6,3 12,6
Просів	ВС-0,5	16	1	0,8	1,6	7,2 15,6
Сушка	Сушильна шафа ЦЕП – 282	16	3	0,86	2,5	15 24,6
Спікання	Піч спікання ОКБ-416	24	2	0,9	32	126 372
Просочування	Піч спікання ЦЕП-356	24	2	0,84	60	186 432
Механічна обробка	Шліф. станок СШ – 4,5/1,5	16	2	0,76	4,5	180 276

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФН61.6117.1103.003.01ПЗ

Арк.

60

1.5 Визначення оптимальних параметрів технологічних режимів

Як було зазначено вище, при проектуванні виробництва відбійних плит відцентрових подрібнювачів було встановлено, що оптимальною технологією їх виготовлення є використання як вихідного матеріалу гранул з твердих тугоплавких сполук з наступним їх просоченням розплавом самофлюсівного сплаву. У зв'язку з тим, що таке виробництво проектується вперше актуальним є визначення оптимальних технологічних режимів на кожній операції. Тому в проекті передбачалось проведення науково-дослідних робіт по визначенню цих параметрів на операції грануляції та просочення гранул розплавом самофлюсівного сплаву.

1.5.1 Встановлення оптимальних параметрів отримання гранул грануляцією у двох конусному грануляторі

На цій операції важливий вплив на властивості гранул мають швидкість обертання барабану та час грануляції, які визначають їх розмір та щільність.

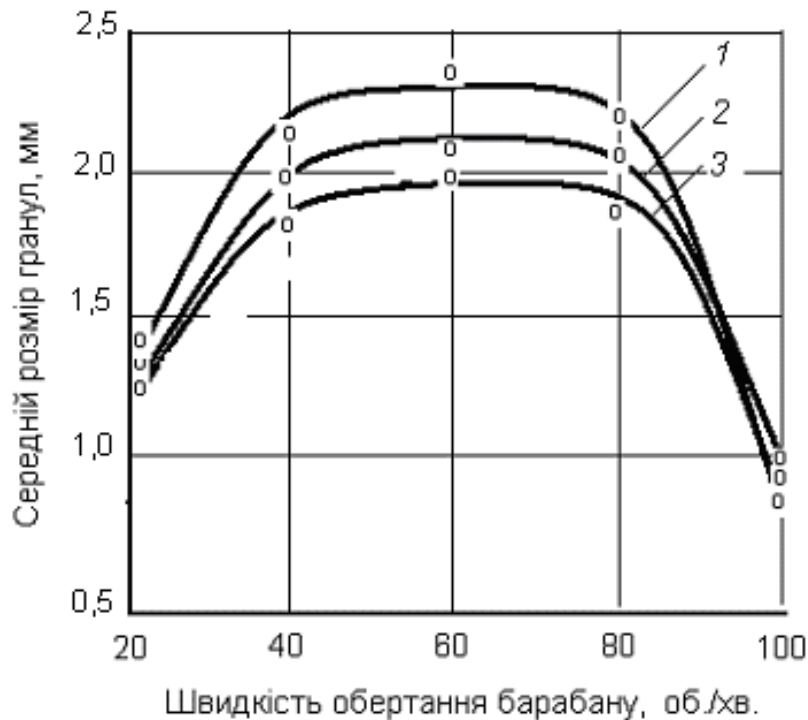
При отриманні гранул з порошків карбиду вольфраму (литого) та порошків з відходів твердого сплаву ВК-8. Як вихідні використовували порошки з розміром частинок меншим за 100 мкм. Їх змішували у шнековому змішувачі з 20% розчином крохмалю у воді, якого брали 15 об'ємних %. Змішування проводили протягом 60-90 хвилин. Отриману суміш протирали на протиральному ситі з розміром отворів 1,0 мм.

Попередньо гранульовану суміш для отримання гранул з розміром частинок 1,5-2,5 мм гранулювали в двоконусному барабанному грануляторі періодично вводячи в нього 2 відсотковий розчин крохмалю у воді.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>							61	106
<i>Реценз.</i>						ІФФ, група ФН-61		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

Швидкість обертання барабану змінювали у межах від 20 до 100 об./хв.

Результати досліджень залежності розміру гранул від швидкості обертання барабана гранулятора при отриманні гранул з твердого сплаву ВК-8 наведені на рисунку 1.11.



1 – 90 хв.; 2 – 60 хв.; 3 – 30 хв.

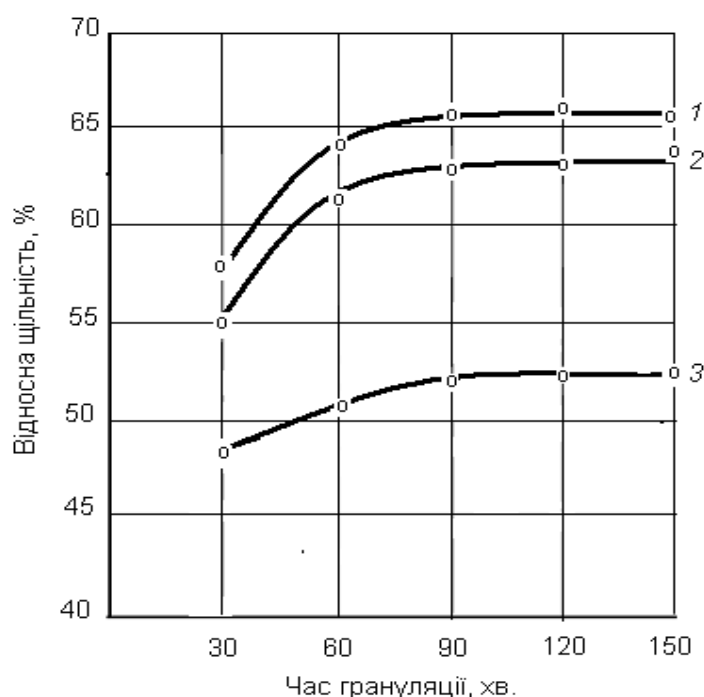
Рисунок 1.11 – Типова залежність середнього розміру гранул з карбідів від швидкості обертання барабану та часу грануляції

Як видно з рисунку ця залежність має екстремальний характер. При збільшенні швидкості обертання від 20 до 40 об./хв. розмір гранул інтенсивно збільшується. В межах швидкосте від 40 до 80 об./хв. практично не змінюється. І при збільшенні швидкості обертання понад 80 об./хв. розмір гранул інтенсивно зменшується.

Мала ступінь збільшення розміру гранул при малій швидкості обертання барабану може бути зумовлена відносним зменшенням часу агломерації. Зменшення середнього розміру гранул при швидкості обертання барабану 100 об./хв. може бути зумовлена тим, що рух гранул переходить у

режим вільного падіння і, тим самим, відбувається їх руйнування (подрібнення). Таким чином можна зробити висновок, що оптимальною швидкістю обертання гранулятора з діаметром барабана 320 мм є швидкість у межах 60 об./хв., що відповідає за нашими оцінюваннями відповідно до методики викладеній в роботі [29], відповідає режиму перекочування його роботи. Зменшення середнього розміру гранул при швидкості обертання барабану більше за 80 об./хв., і особливо при 100 об/хв., може бути зумовлена тим, що рух гранул переходить у режим вільного падіння і, тим самим, відбувається їх руйнування (подрібнення).

Досліджувався також вплив часу грануляції на середній розмір та щільність гранул. Результати наведені на рисунку 1.12. Було встановлено, що збільшення часу грануляції, при інших рівних умовах, сприяє отриманню гранул з більшим середнім розміром. Останнє може бути зумовлене більшим ступенем агломерації окремих частинок з часом.



1–WC; 2 – BK-8; 3 – NбC

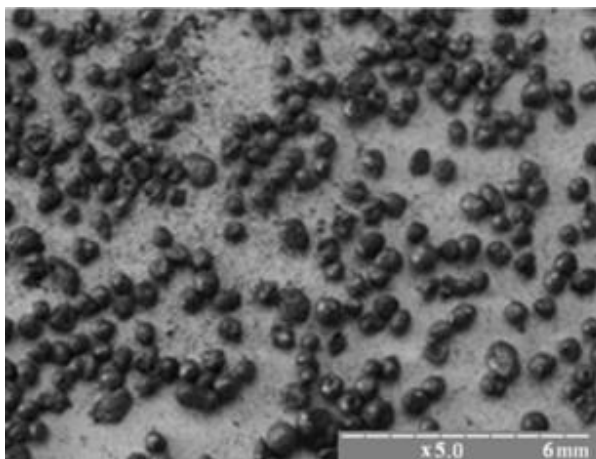
Рисунок 1.12 – Залежність відносної щільності гранул від часу грануляції

Проведені дослідження впливу часу грануляції на відносну щільність гранул показало, що вона збільшується з затуханням швидкості збільшення зі збільшенням часу грануляції. Останнє може бути зумовлено збільшенням енергозатрат на процеси структурної деформації, які мають місце при формуванні гранул.

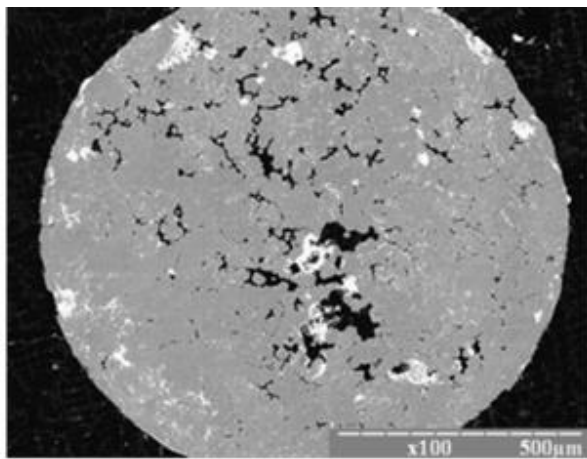
Вивчалась також відносна щільність гранул залежно від щільності матеріалу. Встановлено (рис. 1.12), що зі збільшенням щільності матеріалу збільшується відносна щільність гранул. Останнє можна пов'язувати з дією гравітаційних сил, збільшення яких зі збільшенням щільності матеріалу, сприяє більшому ущільненню гранул.

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що для отримання гранул з діаметром 1,5-2,5 мм необхідно процес грануляції проводити за швидкості обертання барабану гранулятора діаметром 320 мм. у середньому 60 об./хв. Оптимальним часом грануляції є 80 – 90 хвилин.

Отримані за таких умов гранули мають близьку до сферичної форму і щільну відносно однорідну структуру (рис. 1.13).



а



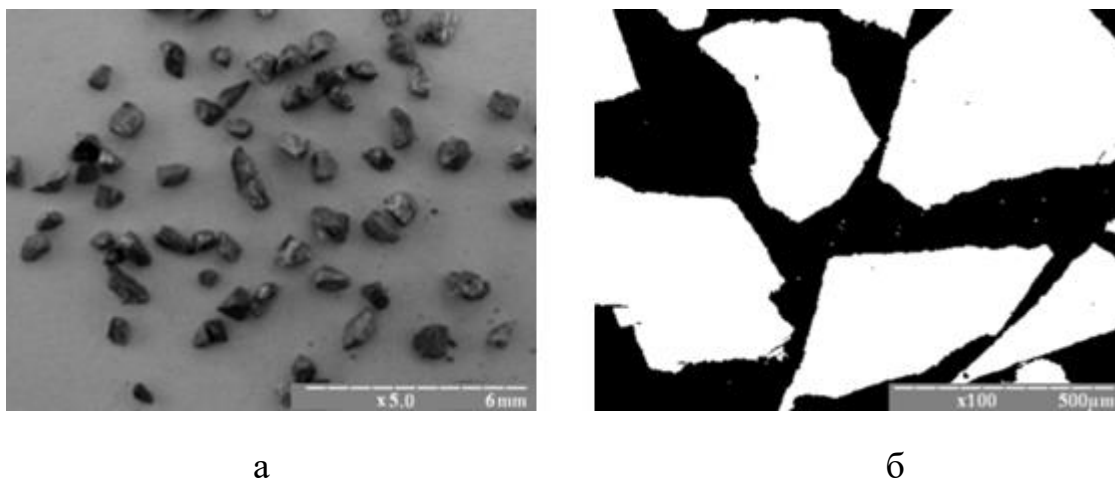
б

а- загальний вигляд; б - мікроструктура

Рисунок 1.13 – Знімки гранул з твердого сплаву ВК-8

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Гранули з плавеного карбїду вольфраму мають неправильну форму (рис. 1.14).



а- загальний вигляд; б - мікроструктура

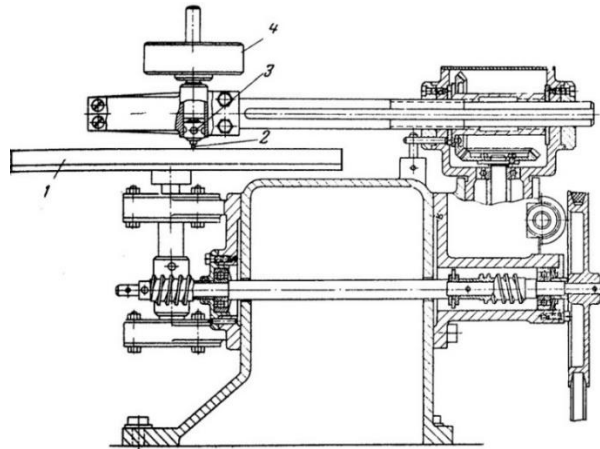
Рисунок 1.14 – Знімки гранул з плавеного карбїду вольфраму

1.5.2 Встановлення оптимальних параметрів просочення гранул розплавом самофлюсівного сплаву

Для оптимізації технологічних параметрів на операції просочення в роботі досліджувався вплив температури та часу просочення на структуру та стійкість проти абразивного зношування композицій плавлений карбїд вольфраму – самофлюсівний сплав. Просочення проводили відповідно до технологічного процесу. Гранули засипали у футерований графітовий човник, вібро-ущільнювали та зверху засипали порошок самофлюсівного сплаву. Просочення проводили в садочній печі на повітрі за температури 1100 °С, 1200 °С, 1300 °С та часі витримки 15, 20 і 30 хвилин. Проводився металографічний аналіз отриманих матеріалів та випробування на абразивне зношування у парі з закріпленим абразивом. Металографічний аналіз проводився з використанням електронного мікроскопу РЕМ-106.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зносостійкість досліджували за стандартною методикою [30] з використанням установки ЗЕ881М, схема якої наведена на рисунку 1.15 .



1 – абразивний круг; 2 – досліджуваний зразок;
3 – тримач зразка; 4 – вантаж

Рисунок 1.15 – Схема установки для випробування матеріалів зношування при терті по закріпленому абразиву

Проведені мікроструктурні дослідження показують, що отримані композиційні матеріали мають гетерофазну структуру (рис. 1.16).

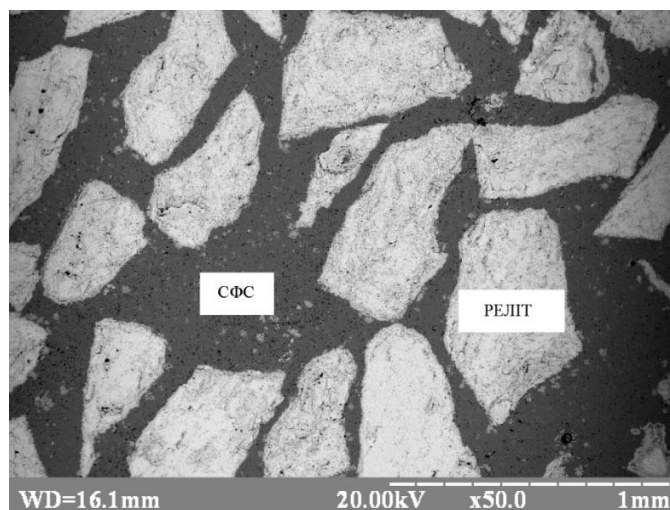
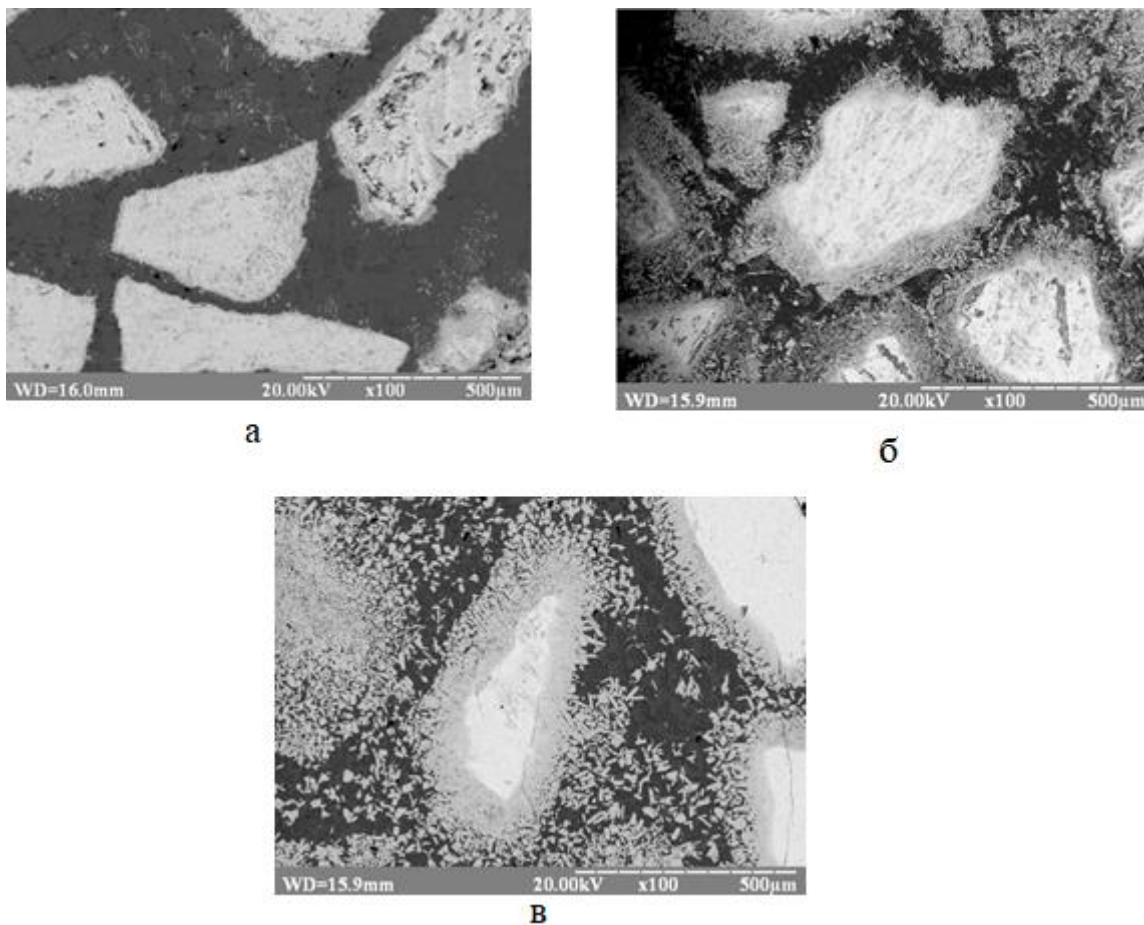


Рисунок 1.16 – Мікроструктура композитів СФС- плавлений WC (РЕЛІТ) отриманих за температури 1200⁰С, 5 хвилин

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Як видно з рисунку 1.16 композит складається з крупних зерен світлої фази (РЕЛІТ) та темної матричної (СФС). Матеріал має 100 % щільність та якісний контакт між складовими композиції.

Отримані результати, узгоджуються з раніше проведеними дослідженнями поверхневої взаємодії СФС з литими карбідами [31]. Так збільшення температури просочування та часу ізотермічної витримки сприяє розчиненню карбіду в самофлюсівному сплаві з наступним утворенням вторинних структур (рис. 1.17).



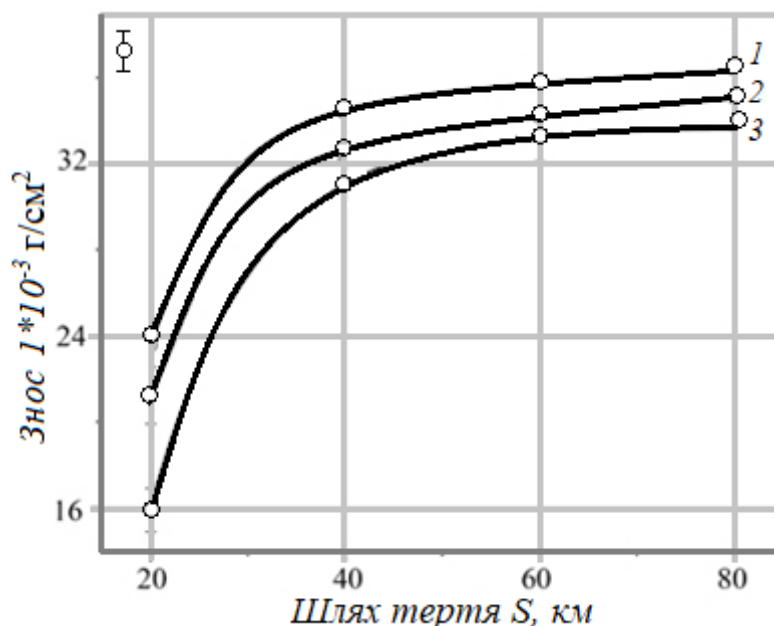
а – 1100; б – 1200; в – 1300⁰С

Рисунок 1.17 – Структура композиції СФС –РЕЛІТ-СФЗ залежно від температури просочування при часі ізотермічної витримки $\tau=15$ хв.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким же чином впливає на структуру матеріалів збільшення часу витримки при просочуванні.

Дослідження зносостійкості матеріалів. Проведено дослідження зносостійкості за навантаження 20 кПа та шляху тертя від 20 км до 80 км. Отримані результати показані на рисунку 1.18.



1 – 30 хв, 2 – 25 хв, 3 – 15 хв

Рисунок 1.18 – Залежність величини зношування від шляху тертя, для композицій СФС-РЕЛІТ отриманих при різному часі просочування

Встановлено, що збільшення часу витримки при отриманні матеріалів просоченням сприяє підвищенню його зносостійкості. Така залежність може бути пояснена з точки зору сучасних уявлень про руйнування матеріалів. Згідно з мікро структурних досліджень збільшення часу витримки сприяє утворенню більшої кількості дисперсних частинок складних карбідів навколо основного карбідного зерна. Це в свою чергу створює складний напружено-деформований стан, який перешкоджає руху дислокацій, тріщин та як наслідок руйнуванню поверхневих шарів. Як наслідок, величина зношування зі збільшенням кількості таких включень буде знижуватись.

Таким чином, змінюючи умови отримання матеріалів з композицій РЕЛІТ – СФС можна змінювати їх структуру і, як наслідок, властивості залежно від потреб.

З огляду на зносостійкість досліджених матеріалів оптимальними умовами просочення при виготовленні зносостійких пласти відповідно до виробництва, що проектувалось, слід вважати температуру 1250 – 1300 °С і час просочення 30 хвилин, що і закладено у прийнятій технології в проекті.

1.6 Розробка плану цеху

Будівельна частина проекту промислової споруди складається з креслень, графічної частини і пояснювальної записки.

В склад графічної частини входить план розташування обладнання. План цеху накреслений в масштабі 1: 50.

Ширина прогону будови – 24 м, довжина – 30 м.

Планування цеху враховує уніфіковану сітку колони. Крок колони приймається рівним 6 м. Колони збірні, залізобетонні. Несучі конструкції покриття збірні залізобетонні форми.

Типові креслення фундаментів розроблені для типових залізобетонних колон будь-якого виду і розміру при нормативному тиску на ґрунт від 1,5 до 6 кг/м².

Для кожної збірної залізобетонної колони роблять окремі стакани.

Типові залізобетонні фундаменти під колони промислових будівель складаються з підколінника і одно- двох- чи триступінчатої плати. Сходи плати всіх фундаментів мають уніфіковану висоту – 300 мм.

Будівля цеху одноповерхова, покриттям слугують будівельні залізобетонні форми розміром – 24 м, крок ферм – 6 м.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості настилу в покритті промислових будівель використовуються плити номінальної довжини 6 м, з кроком будівельних конструкцій – 6 м, з рулонним покриттям.

Стіни повинні мати достатню ізоляційну здатність, щоб запобігати від зовнішніх температурних впливів, вітру, атмосферних опадів, пилу, шуму на внутрішнє середовище будівлі.

Огороджувальними конструкціями стін є панелі. Використовують панелі стінові з суцільним розрізом з коміркового бетону, об'ємною масою 600-700 кг/м³, марки не нижче 35. Довжина панелі 6 м, товщина – 300 мм.

Несучі зовнішні і внутрішні стіни виконані з цегли, товщина стін – 500 мм. В одноповерховій будівлі цеху для заповнення віконних отворів при 6-ти метровому кроці колони застосовують глухі і відкриті сталеві рами з одинарним чи двійним склом з розміром 6 x 24 м.

Двері складаються з коробок і дверних полотн, коробки виконані з дерева і металу. Побутові відділення розташовані на першому поверсі висотою 3,5 м. Кімнати керівного персоналу розташовані на другому поверсі над побутовими приміщеннями.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Метою розділу є виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на виробництві відбійних плит подрібнювачів. А також розроблення заходів захисту процесу праці робітників на виробництві, що проектується.

2.1 Характеристика об'єкту та умови його експлуатації

У таблиці 2.1 вказано технологічне обладнання, що застосовується у процесі виробництва відбійних плит.

Таблиця 2.1 - Специфікація технологічного обладнання та оснащення вибраного приміщення

№ п.п.	Найменування	Розміри Д/Ш/В, м	Основні характеристики	К-сть
1	Змішувач ЗМШ-13	2,35 × 1,4 × 1,9	Викидає пил та створює шум	6
2	Протирочне сито ПС-0,46	0,8 × 1,2 × 1,4	Викликає вібрацію та шум	2
3	Гранулятор КГ-1,2	0,62 × 0,82 × 1,25	Викликає вібрацію та шум	2
4	Вібро-сито ВС-0,5	0,8 × 0,8 × 1,2	Викидає пил, викликає вібрацію та шум	1

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кучер О.			РОЗДІЛ ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Арламов					71	106
Реценз.						ІФФ, група ФН-61		
Н. Контр.								
Затверд.		Арламов						

Продовження таблиці 2.1

№ п.п.	Найменування	Розміри Д/Ш/В, м	Основні характеристики	К-сть
5	Сушильна шафа ЦЕП-282	1,2 × 1,5 × 1,8	Випромінює інфрачервоне випромінювання	3
6	Піч спікання ОКБ-416	1,2 × 1,2 × 3,6	Випромінює інфрачервоне випромінювання	2
7	Піч спікання ЦЕП-356	1,3 × 2,0 × 5,6	Випромінює інфрачервоне випромінювання	2
8	Шліф. Станок СШ-4,5/1,5	1,2 × 2,5 × 1,6	Продуктивність 25-30 вироб/год.	2

В цеху, що проектується, спостерігається: механічний шум, який виникає в результаті руху окремих вузлів і деталей установок ; аеродинамічний шум, який виникає в результаті виходу стисненого повітря, газів чи переміщення газоподібних середовищ, з великою швидкістю (компресорні і вентиляційні пристрої); гідродинамічний, який виникає в зв'язку зі стаціонарними і нестаціонарними процесами в рідинах; електромагнітний, який виникає в електричних машинах, установках, приборах і апаратах (шум силових трансформаторів). На ділянках змішування та грануляції спостерігається рівень шуму 80-100 дБ та загальна вібрація.

На операціях сушки, спікання та просочування спостерігається підвищення інтенсивності інфрачервоне проміння. За високих температур існує небезпека інтенсивного теплового випромінювання, також є значна небезпека опіків.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Підлога в цеху струмопровідна – залізобетонна. По ступені небезпеки ураження людей електричним струмом цех можна віднести до другого класу (приміщення з високою небезпекою).

Напруга живлення для обладнання цеху складає 380 В. Вражаюча дія електричного струму залежить від різних факторів.

Загальна площа виробничих приміщень 540 м², висота приміщення становить 7 м, об'єм 3780 м³, кількість працюючих в цеху – 49 чоловік.

План дільниці наведений на рисунку 2.1.

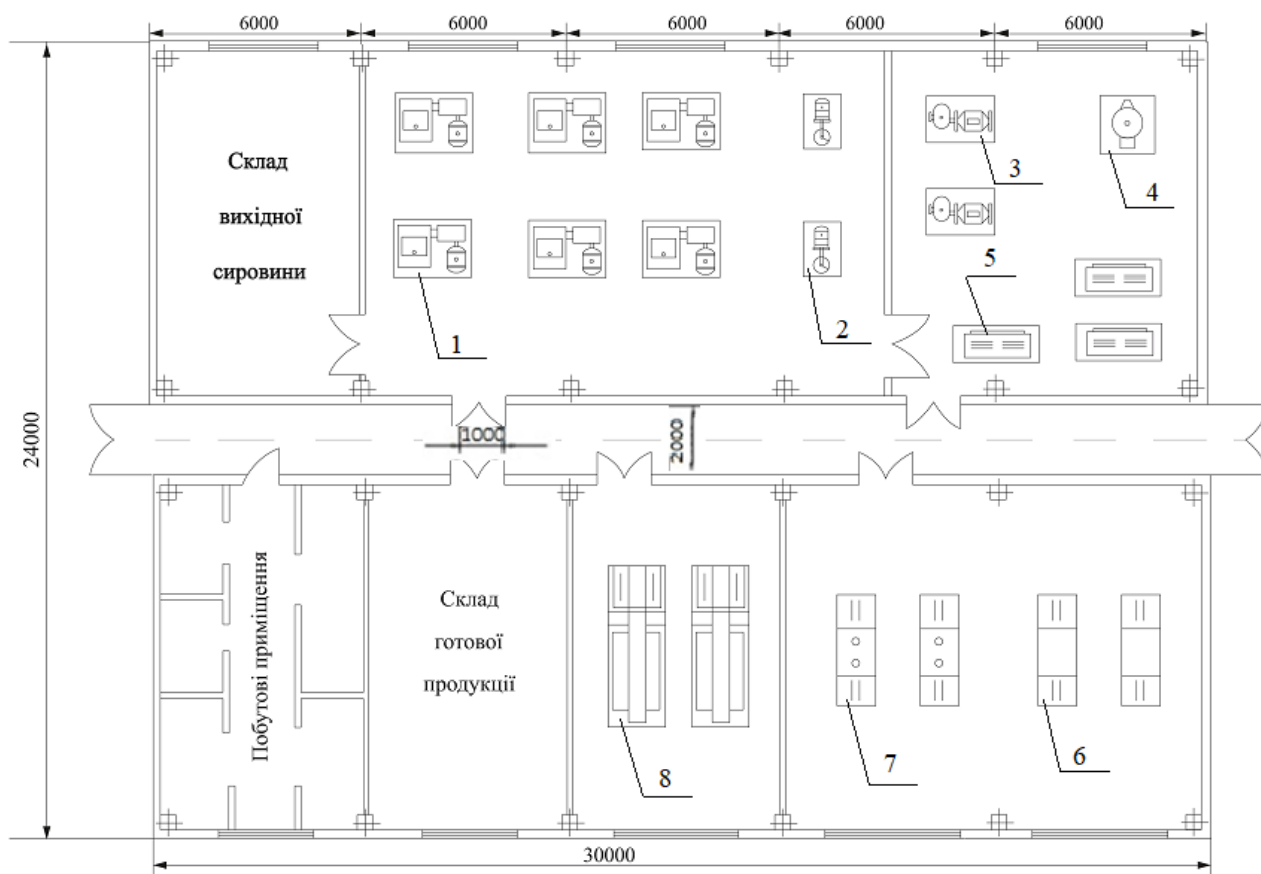


Рисунок 2.1 – План дільниці

Відповідно до основних вимог до будівель виробничого призначення, висота виробничих приміщень повинна бути не менше 3,2 м, а об'єм і площа – 15 м³ та 4,5 м² відповідно на кожного працівника.

						ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			73

В нашому випадку отримуємо, що площа і об'єм на одну людину складають:

$$S_q = 540/49 = 11 \text{ м}^2/\text{особу} \quad (4.1)$$

$$V_q = 3780/49 = 77 \text{ м}^3/\text{особу}. \quad (4.2)$$

Характеристика розміщення технологічного обладнання в приміщенні наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Реальні та нормативні характеристики приміщень і розміщення технологічного обладнання

№	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого	11 м ²	4,5 м ²
2	Об'єм на 1 працюючого	77 м ³	15 м ³
3	Мінімальна ширина проходу	2 м	1,5 м

2.2 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення умов праці при виконанні роботи

При роботі в цеху мають місце наступні шкідливі виробничі фактори: підвищений рівень шуму, вібрації, пил, рухомі частини виробничого обладнання, електронебезпека, вибухонебезпека.

Для зниження травм працюючих і забезпечення безпеки роботи в цеху передбачені огороження рухомих та обертальних частин обладнання, автоматична подача заготовок, наявність вільних, безпечних проходів і проїздів.

Безпека праці забезпечена виконанням всіх діючих інструкцій по техніці безпеки і правил, що регламентують поведінку в цеху і на території підприємства.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.1 Параметри мікроклімату

В спроектованому цеху виконуються роботи середньої складності категорії Пб. В цьому випадку метеорологічні умови повинні бути в холодний період року – 17 - 21 °С, 0.1 м/с шв. руху повітря; в теплий період року – 20 - 27 °С, 0.1-0,2 м/с шв. руху повітря, 40-60 % від. вологості. Для цього встановлено кондиціонери, але можливі деякі відхилення в температурі та вологості за рахунок складності контролю цих параметрів.

Для зменшення концентрації пилу тугоплавких матеріалів у виробничих приміщеннях герметизовано пило утворююче обладнання і використано вентиляційні пристрої.

2.2.2 Освітленість

Відповідно до ДБН В.2.5.28-2006 «Природне та штучне освітлення» характер зорової роботи в спроектованому цеху – грубий, розряд VI. В даному цеху передбачено природне і штучне освітлення. В нашому випадку має місце пристрій суміщеного природного освітлення шляхом поєднання бічного (вікна розміщені в зовнішніх стінах) і верхнього чи ліхтарного пропускання світла в приміщення (в цеху передбачені спеціальні будівельні конструктивні деталі на даху (ліхтарі)).

Штучне освітлення забезпечено за рахунок застосування газорозрядних ламп (70%) і ламп розжарювання (30%).

2.2.3 Шум та вібрація

Для зменшення шуму в виробничих приміщеннях застосовано в агрегатах гумові прокладки, у вентиляторах – патрубки з прогумованої тканини. На віброуючі пристрої встановлено динамічне навантаження, а самі

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрої розташовані на окремий вібро-ізольований фундамент. Джерела коливань ізольовано від опорних конструкцій гумовими прокладками.

Зниження рівня загальної вібрації і вплив її на організм людини можливий з використанням засобів індивідуального захисту. Передбачено індивідуальні засоби захисту в боротьбі з шумом – навушники ВЦ НЧОТ-4.

2.2.4 Інфрачервоне випромінювання

Джерелом інфрачервоного випромінювання на виробництві є сушильні шафи та печі спікання. При тривалому перебуванні в зоні ІЧ випромінювання відбувається порушення теплового балансу в організмі. Для захисту очей і поверхні тіла від впливу інфрачервоного випромінювання використано окуляри зі світوفільтрами і спецодяг для захисту від підвищених температур, а гарячі поверхні екрануються. Завдяки чому – умови праці в дільниці відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99..

2.3 Електробезпека

В цеху використовується обладнання, яке живиться від мережі з напругою 380 В з ізольованим нейтраллю, відповідно до правил улаштування електроустановок(ПУЕ-2017).

За умов виробництва в приміщеннях виділяється технологічний і металічний пил; підлога в цеху струмопровідна – залізобетонна. По ступені небезпеки ураження людей електричним струмом цех можна віднести до другого класу (приміщення з високою небезпекою).

Щоб запобігти ураженню струмом використано захисне заземлення системи TN , а також автоматичне вимикання живлення при замиканні фази на корпус електроустановки чи появи в мережі більш високої напруги.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також перед використанням установок щодня їх ретельно перевіряє черговий електрик, щоб вчасно виявити несправність.

Для попередження ураження електричним струмом на підприємстві використано знаки безпеки, а також інструкції і плакати. На всьому обладнанні, а також кожухах, що закривають електроапаратуру, є напис "Обережно! Висока напруга!". Також весь персонал пройшов інструктаж з техніки безпеки.

2.4 Пожежна безпека

Цех, що проектується, відноситься до категорії "Б", тому основними причинами пожежі можуть бути:

- струми короткого замикання;
- великий перехідний опір;
- неефективна робота вентиляції;
- порушення герметичності балонів з воднем.

Цех обладнаний пожежною ізоляцією – кнопко-електричною. Для запобігання накопичення вибухової концентрації водню у виробничих приміщеннях балони із ним зберігаються добре закріпленими у вертикальному положенні на одноповерховому складі. При цьому балони, що під'єднанні до печей, знаходяться на відкритому повітрі. Вони захищені від атмосферних опадів та прямих сонячних променів. Завдяки чому – умови праці в дільниці відповідають вимогам ДНАОП 0.00-1.07-94 "Правил будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском"

Для гасіння пожеж цех забезпечено вуглекислотними вогнегасниками ОУ і хімічно пінними ОХП. В цеху також встановлено протипожежний щит з протипожежним інвентарем відповідно до ДСТУ 4490:2005.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для запобігання самозаймання різних матеріалів, таких як мастила розроблені правила їх зберігання та використання. Зберігаються ці речовини н у металевій, щільно зачиненій тарі.

Один раз у квартал проводяться планові навчання з питань пожежної безпеки, включаючи інструктажі та пожежо-технічні мінімуми з застосуванням наочних засобів протипожежної агітації та пропаганди. В цеху існує заборона куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях. В разі пожежі безпечну евакуацію людей забезпечують евакуаційні виходи. В кожному приміщенні в наявності є план евакуації (рис. 2.2)

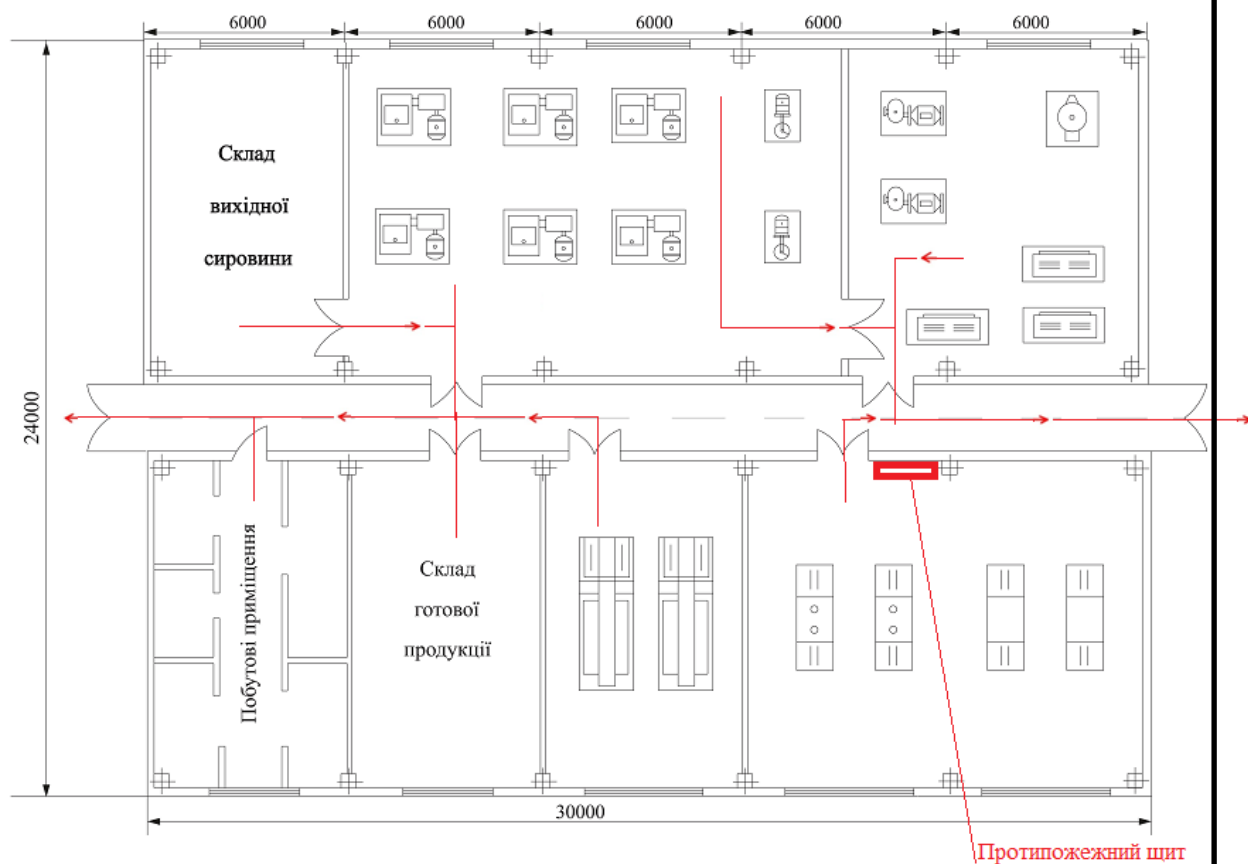


Рисунок 2.2 – План евакуації з цеху

Після проведення аналізу шкідливих виробничих факторів, а саме: мікроклімату, освітлення, вібрації, шуму, електричної безпеки та пожежної безпеки. Встановлено, що все перелічене знаходиться в допустимих нормах.

						ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
							78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Обладнання має необхідні захисні елементи: захисні екрани та кожухи, попереджувальні написи, аварійне вимкнення та інше. Робочі місця – ергономічні, є можливість відпочинку та нагляду за обладнанням. Частина процесів повністю автоматизована. Будівля виконана з якісних важко займистих матеріалів. Самі технологічні процеси максимально знижують можливий контакт із небезпечними речовинами.

Тому прийнято рішення, що при дотриманні вище встановлених правил, підприємство не порушує стандартів та вимог щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

В даному розділі розраховується кількість електроенергії, яка необхідна для забезпечення нормальної роботи цеху, що проектується. Витрати електроенергії визначаємо виходячи з кількості вибраного обладнання (таблиця 5.1) та режиму його роботи, а також конструкції будівлі цеху (див. графічну частину проекту лист 4).

Витрати електроенергії необхідної для роботи обладнання визначаємо за формулою:

$$E = M \times \Phi_0 \times K_1 \times K_2 \times \eta \times n, \quad (3.1)$$

де M – встановлена потужність обладнання, кВт;

Φ_0 – річний фонд роботи обладнання, год. Приймається для двозмінної роботи обладнання 3840 год. та для трьох змінної – 5760 год.;

K – коефіцієнта одночасності роботи, який приймається для печей 0,6; для двигунів 0,3; для генераторів 0,8.;

K_2 – коефіцієнт використання потужності, $K_2 = 0,7$.;

η – коефіцієнт завантаження обладнання.;

n – кількість однотипного обладнання на операції.

Визначаємо витрати електроенергії на технологічних операціях:

$$E_1 = 1,6 \times 3840 \times 0,3 \times 0,7 \times 0,8 \times 6 = 6193 \text{ кВт*год.}$$

$$E_2 = 1,0 \times 3840 \times 0,3 \times 0,7 \times 0,65 \times 2 = 1048 \text{ кВт*год.}$$

$$E_3 = 0,6 \times 3840 \times 0,3 \times 0,7 \times 0,81 \times 2 = 784 \text{ кВт*год}$$

$$E_4 = 1,6 \times 3840 \times 0,3 \times 0,7 \times 0,8 \times 1 = 1032 \text{ кВт*год.}$$

$$E_5 = 2,5 \times 3840 \times 0,6 \times 0,7 \times 0,86 \times 3 = 10402 \text{ кВт*год.}$$

$$E_6 = 32 \times 5760 \times 0,6 \times 0,7 \times 0,9 \times 2 = 139346 \text{ кВт*год.}$$

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>П.І.Б.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>П.І.Б.</i>				80	106
<i>Реценз.</i>		<i>П.І.Б.</i>			ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ ІФФ, група ФН-61		
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>П.І.Б.</i>					

$$E_7 = 60 \times 5760 \times 0,6 \times 0,7 \times 0,84 \times 2 = 243855 \text{ кВт*год.}$$

$$E_8 = 4,5 \times 3840 \times 0,3 \times 0,7 \times 0,76 \times 2 = 5516 \text{ кВт*год.}$$

Всього витрати електроенергії для забезпечення роботи технологічного обладнання складають: 408176 кВт год.

Розрахунок витрат електроенергії на освітлення ведемо виходячи з площі цеху, його відділень та побутових приміщень. При цьому враховуємо, що цех складається з наступних приміщень:

1. Склад вихідної сировини – 45 м
2. Склад готової продукції – 45 м
3. Шихтове відділення – 90 м
4. Відділення спікання – 90 м
5. Відділення просочування – 90 м
6. Відділення механічної обробки – 45 м
7. Коридори – 90 м
8. Побутові та службові приміщення – 90м

Для розрахунків використовуємо формулу:

$$E = S g \tau f / 1000, \quad (3.2)$$

де S – площа, що освітлюється, м;

g – поверхнева щільність теплового потоку, який приймаємо для виробничих приміщень 15 Вт/м а для побутових та службових приміщень 10 Вт/м [14];

τ – кількість годин горіння освітлювальних приладів на рік, год;

Приймаємо для двозмінної роботи 2500 год, а для трьох змінної 4700 год;

f - коефіцієнт одночасності горіння. Приймаємо для виробничих приміщень $f = 0,8$ а для побутових та службових $f = 0,7$.

Тоді витрати будуть:

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Склад вихідної речовини:

$$E_1 = 45 \times 15 \times 2500 \times 0,8 / 1000 = 1350 \text{ кВт год}$$

Склад готової продукції:

$$E_2 = 45 \times 15 \times 2500 \times 0,8 / 1000 = 1350 \text{ кВт год.}$$

Шихтове відділення:

$$E_3 = 90 \times 15 \times 2500 \times 0,8 / 1000 = 2700 \text{ кВт год.}$$

Відділення спікання:

$$E_4 = 90 \times 15 \times 4700 \times 0,8 / 1000 = 5076 \text{ кВт год.}$$

Відділення просочування:

$$E_5 = 90 \times 15 \times 4700 \times 0,8 / 1000 = 5076 \text{ кВт год}$$

Відділення механічної обробки:

$$Q_6 = 45 \times 15 \times 2500 \times 0,8 / 1000 = 1350 \text{ кВт год}$$

Коридори:

$$E_7 = 90 \times 15 \times 4700 \times 0,8 / 1000 = 5076 \text{ кВт год}$$

Всього на виробничі приміщення: 21978 кВт год.

Побутові та службові приміщення:

$$E_8 = 90 \times 10,0 \times 2500 \times 0,7 / 1000 = 1575 \text{ кВт год}$$

Всього витрат електроенергії освітлення по цеху: 23553 кВт год.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

В організаційному розділі обґрунтовується чисельність основних виробничих та допоміжних робітників, управлінського персоналу, розмірів фондів їх заробітної плати, визначаємо показники продуктивності праці.

4.1 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Чисельний склад та кваліфікацію робітників на виробництві, що проектується, визначаємо складанням штатного розкладу. Для цього спочатку складаємо постановочний штат, який визначається кількістю робітників, що одночасно зайняті протягом робочої зміни. Потім у залежності від змінності роботи розраховуємо добовий штат робітників. Розташований штат робітників визначаємо по нормам, які встановлені на діючих підприємствах порошкової металургії та базовому виробництві.

Для врахування планових витрат робочого часу на відпустки, хворобу та інше складаємо баланс робочого часу (таблиця 4.1) і визначаємо коефіцієнт облікового складу.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Кучер О.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Нараєвський</i>					<i>83</i>	<i>106</i>
<i>Реценз.</i>						ІФФ, група ФН-61		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Нараєвський</i>						

Таблиця 4.1 – Баланс робочого часу

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	109
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	10
Номинальний фонд робочого часу, днів	246
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	220
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	1672

На основі балансу робочого часу табл. 4.1 визначаємо коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову :

$$K_{\Pi} = 100 / (100 - k) = 1.12, \quad (4.1)$$

де k – плановий відсоток невиходів на роботу ($k = \frac{26}{246} \cdot 100 = 10,6$).

Чисельність основних робітників, зайнятих на ненормованих роботах ($\mathcal{C}_{\text{ос}}^{\text{пл}}$) (контроль технологічного процесу, керування апаратами, машинами та іншим устаткуванням), розраховують за нормами обслуговування, а саме:

$$\mathcal{C}_{\text{ос}}^{\text{пл}} = \frac{m_0 \cdot \Pi_{\text{зм}} \cdot K_{\Pi}}{H_{\text{об}}}, \quad (4.2)$$

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де m_0 – кількість обслуговуваних об'єктів;

$P_{зм}$ – кількість робочих змін протягом доби;

$K_{п}$ – коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову;

$H_{об}$ – норма обслуговування (кількість одиниць обладнання, що обслуговує один працівник).

1. Шихтовик : $\mathcal{C}_{ос}^{пл} = \frac{9 \cdot 2 \cdot 1,12}{3} = 7$

2. Сушильник : $\mathcal{C}_{ос}^{пл} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 1,12}{2} = 3$

3. Спікальний : $\mathcal{C}_{ос}^{пл} = \frac{5 \cdot 3 \cdot 1,12}{1} = 15$

4. Шліфовщик : $\mathcal{C}_{ос}^{пл} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1,12}{1} = 5$

Чисельність допоміжних працівників ($\mathcal{C}_д^{пл}$), для яких неможливо встановити норму обслуговування та розрахувати трудомісткість робіт, визначають за кількістю робочих місць за формулою:

$$\mathcal{C}_д^{пл} = P_{р.м} \cdot P_{зм} \cdot K_{п}, \quad (4.3)$$

де $P_{р.м}$ – кількість робочих місць (визначається за планом цеху).

1. Черговий слюсар : $\mathcal{C}_д^{пл} = 2 \cdot 2 \cdot 1,12 = 4$

2. Черговий електрик : $\mathcal{C}_д^{пл} = 1 \cdot 3 \cdot 1,12 = 5$

3. Водій електрокари : $\mathcal{C}_д^{пл} = 1 \cdot 2 \cdot 1,12 = 2$

Результати розрахунків кількості основних та допоміжних робітників заносимо в таблицю 4.2.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 – Чисельність основних і допоміжних робітників цеху

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Явочна чисельність по змінах			Загалом на добу	Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а	2-а	3-а			
Основні робітники							
Шихтовик	5	3	3	-	6	1,12	7
Сушильник	6	1	1	1	3	1,12	3
Спікальний	5	4	4	4	12	1,12	15
Шліфовщик	4	2	2	-	4	1,12	5
Разом		10	10	5	25		30
Допоміжні працівники							
Черговий слюсар	5	2	1	-	3	1,12	4
Черговий електрик	6	2	1	1	4	1,12	5
Водій електрокар	4	1	1	-	2	1,12	2
Разом		3	3	2	9		11
Усього робітників		13	13	9			41

Чисельність управлінського персоналу МОП визначаємо виходячи з аналізу виробництва та підприємства-аналога. Результати розрахунків зводимо у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Відомість управлінського персоналу, спеціалістів та МОП

Штатна посада	Чисельність, чол.
Керівники	
Начальник цеху	1
Майстер	2
Спеціалісти	
Провідний інженер-технолог	1
Диспетчер цеху	1
Службовці	
Лаборант	1
Комірник	1
Прибиральниця	1
Всього по цеху	8

4.2 Розрахунок фондів заробітної плати

Розрахунок фондів заробітної плати проводимо виходячи з того, що він складається з фонду основної заробітної плати, а також з додаткової і інших заохочувальних виплат. Основна заробітна плата визначається згідно тарифним ставкам та посадових окладів у даній галузі промисловості. Результати розрахунків для керівного та молодшого обслуговуючого персоналу наведені в таблиці 4.4.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.4 – Штатна відомість та фонд заробітної плати
управлінського персоналу, ІТП та МОП.

Штатна посада	Кількість чоловік	Посадовий місячний оклад, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.
I. – Керівники			
1.1. Начальник цеху	1	21 000	252 000
1.2. Майстер	2	14 000	336 000
Всього:	3		558 000
II. – Спеціалісти			
2.1. Провідний інженер-технолог	1	15 000	180 000
2.2. Диспетчер цеху	1	10 000	120 000
Всього:	2		300 000
III. – Службовці			
3.1. Лаборант	1	9 000	108 000
3.2. Комірник	1	9 000	108 000
3.3. Прибиральниця	1	6 000	72 000
Всього:	3		288 000
Всього по цеху:	8		1 146 000

Годинну тарифну ставку для відповідного розряду (табл. 4.5) робітника розраховують приймаючи годинну тарифну ставку першого розряду на рівні мінімальної заробітної плати. Згідно державного бюджету України на 2020 рік мінімальна заробітна плата становить: у місячному розмірі – 4723 грн., у погодинному розмірі 28,31 грн.

Таблиця 4.5 – Типова тарифна сітка робітників різногалузевих підприємств та організацій

Показник	Тарифні розряди							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Тарифні коефіцієнти	1,0	1,088	1,204	1,350	1,531	1,800	1,892	2,0

Шихтовик 7 чол. 5 роз. :

$$\text{ЗФЗП} = 28,31 * 1,531 * 7 * 1672 * 1,40 * 1,18 * 1,12 * 1,12 = 923\ 253 \text{ грн.}$$

Сушильник 3 чол. 3 роз. :

$$\text{ЗФЗП} = 28,31 * 1,204 * 3 * 1672 * 1,40 * 1,18 * 1,12 * 1,12 = 465\ 202 \text{ грн.}$$

Спікальник 15 чол. 5 роз:

$$\text{ЗФЗП} = 28,31 * 1,531 * 15 * 1672 * 1,40 * 1,18 * 1,12 * 1,12 = 1\ 978\ 399 \text{ грн}$$

Шліфовщик 5 чол. 4 роз.:

$$\text{ЗФЗП} = 28,31 * 1,350 * 4 * 1672 * 1,40 * 1,18 * 1,12 * 1,12 = 581\ 502 \text{ грн.}$$

Черговий слюсар 4 чол. 5 роз.:

$$\text{ЗФЗП} = 28,31 * 1,531 * 4 * 1672 * 1,40 * 1,18 * 1,12 * 1,12 = 527\ 573 \text{ грн.}$$

Черговий електрик 5 чол. 6 роз.:

$$\text{ЗФЗП} = 28,31 * 1,800 * 5 * 1672 * 1,40 * 1,18 * 1,12 * 1,12 = 775\ 336 \text{ грн.}$$

Водій електрокари 2 чол. 4 роз.:

$$\text{ЗФЗП} = 28,31 * 1,350 * 2 * 1672 * 1,40 * 1,18 * 1,12 * 1,12 = 232\ 601 \text{ грн.}$$

У таблиці 6.6 приведено результати розрахунків тарифної ставки та фонду заробітної плати робітників.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці на виробництві, що проектується, визначаємо як відношення річного об'єму робіт до середньо облікового складу працівників цеху. У зв'язку з тим, що цех має вузьку номенклатуру деталей, продуктивність праці визначаємо як кількість продукції в кг. на одного працівника цеху:

$$\Pi = \frac{G}{\sum Ч}, \quad (4.4)$$

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

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

Таким чином, продуктивність праці Π – це річний обсяг продукції, виготовленої з розрахунку на одного працівника цеху:

$$\Pi = 170000 / 49 = 3469,4 \text{ кг /чол.} \quad (4.5)$$

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.6 – Розрахунок заробітної плати робітників.

Професія	Кваліфікаційний розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Обліковий склад, осіб	Кількість годин роботи на рік		Основна заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата, грн.					Загальний фонд заробітної плати, грн.
				Одного робітника	Усіх		Премії (40%)	За роботу в особливих умовах (18%)	Відпустка (12%)	Інші доплати та надбавки 12 %	Разом	
Шихтовик	5	43,34	7	1672	11704	507 282	202 913	91 311	60 874	60 874	415 971	923 253
Сушильник	6	50,96	3	1672	5016	255 605	102 242	46 009	30 673	30 673	209 596	465 202
Спікальник	5	43,34	1	1672	25080	1 087 033	434 813	195 666	130 444	130 444	891 367	1 978 399
Шліфовщик	4	38,22	5	1672	8360	319 507	127 803	57 511	38 341	38 341	261 995	581 502
Всього:			30			2 169 427					1 778 930	3 948 356
Черговий слюсар	5	43,34	4	1672	6688	289 875	115 950	52 178	34 785	34 785	237 698	527 573
Черговий електрик	6	50,96	5	1672	8360	426 009	170 404	76 682	51 121	51 121	349 327	775 336
Водій електродвигунів	4	38,22	2	1672	3344	127 803	51 121	23 004	15 336	15 336	104 798	232 601
Всього:			11			843 687					691 823	1 535 510
Загалом:			41			3 013 113					2 470 753	5 483 867

ФН61.6117.1103.003.01ПЗ

Зведена відомість чисельності робітників в цеху та фонд їхньої заробітної плати наведений в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Зведена відомість чисельності робітників працюючих в цеху та фонд їхньої заробітної плати.

Категорія працівників	Обліковий штат	Фонд заробітної плати на рік, грн.
1. Основні робітники (виробничі)	30	3 948 356
2. Допоміжні робітники	11	1 535 510
3. Управлінський персонал, ІТР та МОП	8	1 146 000
Всього по цеху:	49	6 629 866

5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення у виробничі фонди (придбання обладнання, транспортні кошти, оснастка, інструмент, інвентар, будівельно-монтажні роботи) та оборотних нормативних коштів (витрати на створення запасів матеріалів, запасних частин для поточного ремонту обладнання та інше).

Капітальні витрати на обладнання (таблиця 5.1) визначаємо по їх ринковій вартості, а витрати на монтаж та транспортування обладнання приймаємо 10% від їх вартості. Вартість допоміжного обладнання приймаємо 3% від вартості основного обладнання. Вартість інвентарю приймаємо 2,5% від вартості обладнання. Вартість меблів та господарчого інвентарю приймаємо 3% від вартості будівель та споруд.

Таблиця 5.1 – Капітальні вкладення в обладнання

Найменування обладнання та його модель	Кількість одиниць	Вартість одиниці, тис. грн.	Загальна вартість, тис. грн.	Витрати на монтаж, тис. грн.	Всього капітальних витрат, тис. грн.
Технологічне обладнання					
Шнековий змішувач СМШ-13	6	17,8	106,8	10,68	117,48
Сито протиричне СП-1,2	2	12,8	25,6	2,56	28,16

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кучер О.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Нараєвський				93	106
Реценз.		П.І.Б.			ІФФ, група ФН-61		
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		Нараєвський					
ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ							

Продовження таблиці 5.1

Найменування обладнання та його модель	Кількість одиниць	Вартість одиниці, тис. грн.	Загальна вартість, тис. грн.	Витрати на монтаж, тис. грн.	Всього капітальних витрат, тис. грн.
Гранулятор ГК-2,6/25	2	11,3	22,6	2,26	24,86
Сито ВС-2/0,5	1	8,2	8,2	0,82	9,02
Сушильна шафа ЦЕП-282	3	25,1	75,3	7,53	82,83
Піч спікання ОКБ-416	2	145	290	29	319
Піч спікання ЦЕП-356	2	225	450	45	495
Шліфувальний верстат СШ - 4,5/1,5	2	180	360	36	396
Всього:			1338,5	133,85	1472,4
Допоміжне обладнання					
Електрокара	1	29,7	29,7	2,97	32,67
Електроталь	2	6,2	12,4	1,24	13,64
Всього:			42,1	4,21	46,31
Всього по цеху:			1380,6	138,06	1518,66

Визначаємо капітальні вкладення в будівництво будівлі цеху. Як було визначено в будівельній частині проекту, будівля цеху уявляє собою будівельну конструкцію довжиною 30 м., шириною 18 м. та висотою 8,4 м. Капітальні вкладення в будівельно-монтажні роботи визначаємо виходячи з

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

площі та об'єму цеху, а також нормативної вартості будівництва та санітарно - технічних робіт 1 м будівлі. Необхідно також враховувати витрати на будівництво фундаменту та площадок для обладнання.

Розрахунки капітальних вкладень на будівництво цеху приведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунки капітальних вкладень на будівництво будівлі цеху

Елементи капітальних вкладень	об'єм приміщень, м ³	Вартість, грн.	
		одиниці	загальна
Виробничі приміщення	3 216	3000	9 648 000
Водопостачання		35	112 560
Каналізація		30	96 480
Електропроводка		55	176 880
Вентиляція		75	241 200
Всього виробничі приміщення			10 242 120
Побутові приміщення	468	4000	127 800
Водопостачання		45	21 060
Каналізація		105	49 140
Електропроводка		60	28 080
Вентиляція		80	37 440
Всього побутові приміщення			214 380
Зовнішній благоустрій		75	1 040 000
Невраховані витрати		750	10 412 000
Загальна вартість будівлі			21 941 500

Найбільшим за розміром елементом (до 70 %) нормативу оборотних засобів є поточний запас матеріалів, який створюється для забезпечення процесу виробництва матеріальними ресурсами в період між двома черговими поставками.

Середній поточний запас (Z_M) визначається за формулою:

$$Z_M = M_D \cdot \frac{T_{\text{пост}}}{2}, \quad (5.1)$$

де M_D – середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн (табл. 5.3);

$T_{\text{пост}}$ – інтервал між поставками матеріалів у днях (приймається 20 днів).

$$Z_M = 757281 \cdot \frac{20}{2} = 7\,572\,810,$$

Таблиця 5.3 – Середньо добове споживання сировини та матеріалів

Назва сировини та матеріалу	Добова потреба, кг	Вартість 1 кг, грн.	Добова потреба, грн
Твердосплавна суміш ВК	590	1100	649 000
Самофлюсівний сплав	109	350	38 150
Крохмаль-ний клейстер	35,4	15	531
Водень	24 м ³	2 900	69 600
Всього			757 281

Таким чином, загальний річний норматив оборотних коштів ($H_{\text{заг}}$) по об'єкту, що проектується, складе:

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_M = 1,5 \cdot 757810 = 11\,359\,215 \quad (5.2)$$

Після цього розраховують загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 5.4).

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.4 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	грн.	%
1. Будівлі:		
1.1. Виробничі	10 242 120	29,4
1.2. Побутові	214 380	0.6
1.3 Зовнішній благоустрій	1 040 000	3
1.4 Невраховані витрати	10 412 000	30
2. Устаткування		
2.1. Основне технологічне	1 472 400	4.2
2.2. Допоміжне та підйомо-транспортне	46 310	0.1
3. Норматив оборотних засобів	11 359 215	32.7
Всього капіталовкладень у виробничі засоби	34 786 425	100

5.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Для визначення планової собівартості продукції розраховуємо вартість основних та допоміжних матеріалів електроенергії, газу, води та інших енергоносіїв. Вартість основних та допоміжних матеріалів визначаємо з урахуванням даних приведених в таблиці в енергетичній частині проекту. Результати розрахунків приведені в таблицях 5.5.

Планову собівартість продукції розраховують згідно з Постановою КМУ "Типовим положенням по плануванню, обліку та калькулюванню собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості". Собівартість промислової продукції (робіт, послуг) – це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на її виробництво та збут.

Таблиця 5.5 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Ціна за одиницю, грн	Витрати на річну програму, тис. грн	Примітки
1. Сировина та матеріали					Згідно з розр.
1.1.Твердосплавна суміш ВК	кг	138 650	1100	152 515	
1.2.Самофлюсівний сплав	кг	25 615	350	8 965,25	
1.3.Крохмальний клейстер	кг	8 319	15	124,785	
1.4. Водень	м ³	8424	2 900	24 429,6	
2. Електроенергія	кВт*год	431729	1,8263	788,47	
3. Основна заробітна плата технологічних робітників				2 169,427	Згідно розд.
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників				1 778,930	Згідно розд.
5. Єдиний соціальний внесок				868,838	22,0% від загальної з/п осн. роб.
6. Утримання та експлуатація устаткування	будівлі			1 097,075	5% амортизації
	обладнання			379,665	25% амортизації
7. Загальновиробничі витрати				4 343,192	110 % від осн. з/п осн. роб.
8. Загальногосподарські витрати				3 948,356	100 % від осн. з/п осн. роб.
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва				1 579,342	40% від осн. з/п осн. роб.
Виробнича собівартість річної програми				187 692	
10. Позавиробничі витрати				13 138,44	7% від осн. з/п осн. роб.
Повна собівартість річної програми				200 830,44	

Повну собівартість одиниці продукції (C_{Π}) розраховують як відношення повної собівартості річної програми випуску продукції ($C_{\Pi}^{\text{річ}}$) до річного обсягу випуску продукції цехом:

$$C_{\Pi} = \frac{C_{\Pi}^{\text{річ}}}{G}, \quad (5.3)$$

де G – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$C_{\Pi} = \frac{200\,830\,440}{170\,000} = 1\,181 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок періоду окупності

Технологічну трудомісткість (t) у нормо-годинах можна розрахувати за формулою:

$$t = \frac{\chi_{\text{ос}} \cdot \Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}}{G}, \quad (5.4)$$

де $\chi_{\text{ос}}$ – загальна чисельність основних (технологічних) робітників, осіб;
 $\Phi_{\text{еф}}^{\text{пл}}$ – плановий ефективний фонд робочого часу одного працівника за рік, год.;

G – річний обсяг (програма) випуску продукції.

$$t = \frac{30 \cdot 1672}{170\,000} = 0,3 \text{ год/кг} \quad (5.5)$$

Капіталомісткість (фондомісткість) продукції (K_G) визначається як відношення загальних капітальних витрат ($K_{\text{заг}}$) у будівництво чи реконструкцію цеху (дільниці) або на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції:

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_G = \frac{K_{\text{заг}}}{G} = \frac{34\,786\,425}{170\,000} = 204,6 \text{ грн./кг}, \quad (5.6)$$

Грошовий потік за рік розраховується як сума чистого прибутку та амортизаційних відрахувань (табл.5.5. п.6), визначених за рік експлуатації спроектованого об'єкту:

$$ГП_p = 0,82 \cdot (Ц - C_n) \cdot G + \sum A, \quad (5.7)$$

де 0,82 – коефіцієнт, який враховує частку чистого прибутку у валовому прибутку;

Ц – ринкова ціна одиниці продукції, грн;

C_n – повна собівартість одиниці продукції, грн;

∑A – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

$$ГП_p = 0,82 \cdot (1220 - 1181) \cdot 170\,000 + (1097075 + 379665) = 6\,913\,340$$

Найбільш розповсюдженим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат (P_{ок}^н), який має критеріальний характер:

$$P_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{ГП_p} < P_{\text{ок}}^{\text{н}}, \quad (5.8)$$

де ГП_p – річна сума грошового потоку, грн;

P_{ок}^н – нормативний період окупності, років.

$$P_{\text{ок}} = \frac{34\,786\,425}{6\,913\,340} = 5,03 < P_{\text{ок}}^{\text{н}} \quad (5.9)$$

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6 – Техніко-економічні показники спроектованого цеху

Найменування показників	Одиниця виміру	Показники по проекту
1	2	3
1 Річний плановий обсяг виробництва продукції (Q)	т	170
2. Загальна площа цеху (дільниці)	м ²	540
3 Капіталомісткість продукції (K _Q)	грн/т	204 600
4 Загальна чисельність працюючих, ут. ч.	чол	49
4.1 Основних (технологічних)робітників	чол	30
4.2 Допоміжних (обслуговуючих)робітників	чол	11
4.3 Управлінський персонал та МОП	чол	8
5 Річний загальний фонд заробітної плати	грн	6 629 866
6 Середньорічний зарібок одного працівника	грн	135 303
7 Річний виробіток на одного працюючого (продуктивність праці)	кг/чол	3469,4
8 Цехова собівартість одиниці продукції	$\frac{\text{грн}}{\text{т}}$	1 181 00
9 Період окупності (П _{ок})	років	5,03

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз існуючих даних про виробництво деталей машин і механізмів, які працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування і ударних навантажень. Показана перспективність виготовлення таких деталей з композицій тверді тугоплавкі сполуки – самофлюсівні сплави.

2. Розроблено технологічний процес виготовлення відбійних плит відцентрових подрібнювачів в основі якого лежить процес отримання гранул з ТТС з наступним їх просоченням розплавом самофлюсівного сплаву, що значно спрощує технологію їх виготовлення. Визначена необхідна кількість технологічного обладнання та вихідних матеріалів.

3. В спеціальній частині проведені дослідження по визначенню оптимальних параметрів на операціях технологічного процесу. Встановлені та обґрунтовані оптимальні параметри на операціях грануляції та просочення. Оптимальними при грануляції є швидкість обертання барабана **60 об./хв.** при часі грануляції **80 – 90 хвилин.**

Оптимальними умовами просочення є температура 1250 – 1300 °С за часу 30 хвилин.

4. Проаналізовано умови праці, визначено параметри небезпечних і шкідливих чинників. Розроблено заходи, які спрямовані на забезпечення безпечних умов праці робітників та охорони навколишнього середовища.

5. В енергетичному, організаційному та економічному розділах проекту розраховано витрати на електроенергію, необхідну для забезпечення технологічного процесу чисельність персоналу та середню заробітну плату і доведено, що розроблений проект є економічно ефективним, термін окупності складає 5 років.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кучер О.С.			ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Степанчук А.					1102	107
Реценз.		П.І.Б.				ІФФ, група ФН-61		
Н. Контр.		П.І.Б.						
Затверд.		Степанчук А.						

CONCLUSIONS

1. The analysis of the existing data on the production of machine parts and mechanisms operating in conditions of intensive abrasive wear and shock loads is carried out. The prospects of manufacturing such parts from compositions of hard refractory compounds - self-fluxing alloys are shown.

2. The technological process of manufacturing baffles of centrifugal grinders is based on the process of obtaining granules from TTS with their subsequent impregnation with a melt of self-flux alloy, which greatly simplifies the technology of their manufacture. The required number of technological equipment and raw materials has been determined.

3. In a special part researches on definition of optimum parameters on operations of technological process are carried out. The optimal parameters for granulation and impregnation operations are established and substantiated. Optimal for granulation is the speed of rotation of the drum 60 rpm. at a granulation time of 80 - 90 minutes.

The optimal conditions for impregnation are a temperature of 1250 - 1300 0C for 30 minutes.

4. Working conditions are analyzed, parameters of dangerous and harmful factors are determined. Measures have been developed to ensure safe working conditions for workers and environmental protection.

5. In the energy, organizational and economic sections of the project, the cost of electricity required to ensure the technological process, the number of staff and the average salary are calculated and it is proved that the developed project is cost-effective, payback period is 5 years.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кучер О.С.</i>			CONCLUSIONS	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Степанчук А.</i>				103	107	
<i>Реценз.</i>		<i>П.І.Б.</i>				ІФФ, група ФН-61		
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Степанчук А.</i>						

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанчук А. Н. Технология порошковой металлургии / А. Н. Степанчук, И. И. Билык, П. А. Бойко. – К. : «Высшая школа», 1989. – 415 с.
2. Портной К. И. Дисперсноупрочненные материалы / К. И. Портной, Б. Н. Бабич. – М. : Машиностроение, 1974. – 200 с.
3. Либенсон Г. А. Производство спеченных изделий / Г. А. Либенсон. – М.: Металлургия, 1982. – 256 с.
4. Дресвянников А. Ф. Физикохимия наноструктурированных алюминий содержащих материалов / А. Ф. Дресвянников, И. О. Григорьева, М. Е. Колпаков. – Казань : Издательство «Фен» АН РТ, 2007. – 358 с.
5. Федорченко І. М. Основи порошкової металургії / І. М. Федорченко, Р. А. Андриевский. – К. : Видавництво. Академії наук Української РСР, 1961. – 520 с.
6. Самсонов Г. В. Горячее прессование / Г. В. Самсонов, М. С. Ковальченко. – К. : Государственное издательство технической литературы УССР, 1962. – 212 с.
7. Tomida S. Fe–Al composite layers on aluminum alloy formed by laser surface alloy iron powder / S. Tomida, K. Nakata // Surface and Coatings Technology. – 2003. – Vol.174 – 175, №1. – P.559 – 563.
8. Лякишева Н. П. Диаграммы состояния двойных металлических систем / Под ред. Н. П. Лякишева. – М. : Машиностроение, 1976. – 250 с.
9. Шухардина С. В. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди / Под ред. С. В. Шухардина. – М. :Наука, 1979. – 248 с.
10. Осокин Е. Н. Процессы порошковой металлургии: курс лекций / Е. Н. Осокин, О. А. Артемьева. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 324 с.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кучер О.С.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Степанчук А.			104		107
Реценз.		П.І.Б.			ІФФ, група ФН-61		
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		Степанчук А.					
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ							

11. Акулич Н. В. Процессы производства черных и цветных металлов и их сплавов / Н. В. Акулич . – М. : «Мир», 2003. – 270 с.
12. Анциферов В. Н. Оптимизация состава порошковой алюминиевой бронзы / В. Н. Анциферов. – М. : Наука, 1992. – 32 с.
13. Квасова Ф. И. Промышленные деформируемые, спеченные и литейные алюминиевые сплавы / Под ред. Ф. И. Квасова и И. Н. Фридляндера. – М. : Metallurgiya, 1972. – 552 с.
14. Савицкий А. П. Подшипники скольжения на основе алюминия / А. П. Савицкий, М. И. Вагнер. – Томск : Известия Томского политехнического университета, 2008. – № 3. – 81 с.
15. Kang H. Z. Swelling behavior in reactive sintering of Fe–Al mixtures / H. Z. Kang, C. T. Hu // Materials Chemistry and Physics. – 2004. – Vol. 88. – P.264 – 272.
16. Сурков В. А. Получение интерметаллидов из дисперсных порошковых материалов системы Al-3dMe / В. А. Сурков. – Вестник двигателестроения, 2013. – № 1. – С. 121 – 126.
17. Rawers J. C. Tensile fracture iron – iron aluminide foil composites / J. C. Rawers Scr. / Met. Et Mater. – 1994. – №6. – P. 701 - 706.
18. Deevi S. C. Nickel and iron aluminides: An overview on properties, processing, and applications / S. C. Deevi, V. K. Sikka // Intermetallics. – 1996. – Vol. № 5. – P. 357-375.
19. Huang Y. D. Effect of thermomechanical processes on room-temperature mechanical properties of Fe₃Al-based alloys / Y. D. Huang, W. Y. Yang, Z. Q. Sun. – Journal of Materials Science Letters, 1998. – Vol. 17. – № 1. – P. 1781 – 1784.
20. FeAl materials from intermetallic powders / E. Godlewska, S. Szczepanik, R. Mania, J. Krawiarz, S. Kozinski // Intermetallics. – 2003. – № 4. – Vol. 11. – P. 307-312.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

21. Баглюк Г. А. Вплив технологічних режимів гарячого штампування на структуру та властивості порошкових інтерметалідів Fe₃Al / Г. А. Баглюк, О. І. Толочин, О. В. Толочина // Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: Вісник національного технічного університету «ХПІ», 2014. – № 44. – С. 8 – 15.

22. Баглюк Г. А. Применение горячей штамповки для получения порошкового интерметаллида Fe₃Al / Г. А. Баглюк, О. І. Толочин, О. В. Толочина, Р.В. Яковенко // Ресурсосберегающие технологии производства и обработки материалов давлением. – Харків: Вісник національного технічного університету «ХПІ», 2014. – № 1(15). – С. 88-96.

23. Szczepanik S. Influence of hot forming on the properties of Fe-Al intermetallic materials / S. Szczepanik, E. Godlewska, R. Mania. – Rotterdam : Proc. of the 8th Inter. Conf. on Metal Forming, 2000. – P. 477-484.

24. He Q. Influence of Iron Powder Particle Size on the Micro-structure and Properties of Fe₃Al Intermetallics Prepared by Mechanical Alloying and Spark Plasma Sintering / He Q., Jia C., Meng J. / Materials Science and Engineering. – 2006. – Vol. 428. – P. 314-318.

25. Лахтин Ю. М. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М. : Машиностроение, 1990. – 528 с.

26. Найда Ю. И. Промышленное производство порошков сплавов меди методом ударного дробления струи расплава / Ю. И. Найда, А. Н. Степанчук, А. Ю. Найда / Порошковая металлургия. – 2006. – № 1/2. – С. 112–117.

27. Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук: Підручник / А. М. Степанчук. – К. : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2006. – 410 с.

28. Баглюк, Г.А. Новые композиционные дисперсно-упрочненные материалы на основе алюминия [Текст] / Г.А. Баглюк, Ю.А. Шишкина // Технологические системы. – 2011. – № 4 (57). – С. 36-43.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Yang Xue. Fabrication, microstructure and mechanical properties of Al–Fe intermetallic particle reinforced Al–based composites / Yang Xue, Rujuan Shen, Song Ni // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – №618. – P. 537–544.

30. Krasnowski M. Nanocrystalline Al-Fe intermetallics - light weight alloys with high hardness / M. Krasnowski, T. Kulik // Intermetallics. – 2010. – № 18. – P. 47–50.

					ФН61.6117.1103.003.01ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАУВАЖЕННЯ

до дипломного проекту студента

Кучера Олександра Сергійовича

№	Зауваження	Відмітка
	ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	
1	Не правильно оформлена (необхідно, щоб кожен наступний рядок тексту був у наступному рядку відомості)	+
2	Відсутні ПІБ студента та керівника	+
	ЗАВДАННЯ	
3	Не правильно вказана спеціальність (не напрям підготовки, а спеціальність 132 «Матеріалознавство», а за нею ОПП: Освітньо-професійна програма – «ОПП Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»)	+
4	Відсутня назва ОПП	+
5	Зайві розділи проекту (у дипломному проекті бакалаврів не має Будівельного та Спеціального розділу)	+
6	Зайве затвердження керівника після Рекомендованої літератури	+
7	У Календарному плані зайвий Спеціальний розділ, а відсутні Енергетичний та Організаційний	+
8	Не правильно вказана назва розділу (повинна бути - РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ)	+
9	Після Календарного плану відсутній підпис керівника	+
	ЗМІСТ	
10	Спеціальний та Будівельний розділ зайвий	+
11	Треба писати « 3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ »	+
12	Треба писати « ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ »	+
13	Відсутні « ДОДАТКИ » - це специфікації до креслень	+
	ТЕКСТ РОБОТИ	
14	Не правильна нумерація сторінок	По всьому тексту
15	Не правильно оформлені підписи до рисунків (назву рисунку треба друкувати по центру рядка без абзацного відступу і без крапки в кінці)	По всьому тексту
16	Не правильне розташування рисунків 1.4, 1.5,1.6 (рисунок повинен бути розміщений у тексті безпосередньо після першого посилання на нього або на наступній сторінці – не далі)	С.278?-с.19,20
17	Пропущено пів сторінки аркуша	С.54,57,29
18	Не вирівняний текст на аркуші	С.28,78,101,102,103-105,115?
19	Відсутня нумерація підрозділів (якщо це не підрозділи, то їх не потрібно виділяти порожніми рядками до та після тексту)	П.1.2.3(с.28-38), С.49,50,51,52,53,55,56, 74,75
20	Назви розділів та підрозділів тощо друкують один за одним без порожнього рядка між ними	С.8,92

21	Не правильно оформлені таблиці (див. ДСТУ 3008-2015)	По всьому тексту
22	Не правильно оформлені пояснення до рисунків (після пояснення до рисунку крапка не ставиться, як і після назви рисунка)	С.37,42
23	Переліки оформлені не правильно (виконати у відповідності до ДСТУ 3008-2015)	С.27,49,51,52,53,55,56
24	Посилання на рисунки та таблиці, які записують у круглих дужках мають скорочену форму (рис. 3.2, табл. 5.1)	С.41,79,82,92
25	Відсутнє посилання на рисунок 4.1, таблицю 7.3, 7.6	С.72,95,100
26	Не правильно вказана назва розділу (повинна бути - РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ)	С.70
27	Не відредаговані назви підрозділів по ширині	По всьому тексту
28	Не правильна нумерація підрозділів	С.76
29	Не вказано ПІБ студент а та керівника	С.79
30	Нумерація літератури не може починатися з 9-го джерела	С.103
31	Опис бібліографічних джерел виконують відповідно до ДСТУ ГОСТ 7.1:2006	С.103-105,115?
32	Відсутні креслення та специфікації до них	

Відповідальна за нормоконтроль
кафедри ВТМ та ПМ

доц., к.т.н.Троснікова І.Ю.

Submission author:
Білик Ігор Іванович

Check ID:
1004008781

Check date:
12.06.2020 19:48:07 EEST

Check type:
Doc vs Internet + Library

Report date:
12.06.2020 19:52:07 EEST

User ID:
83608

File name: **Антиплагіат Кучер**

File ID: **1004021824** Page count: **55** Word count: **9782** Character count: **72637** File size: **96.02 KB**

3.27% Matches

Highest match: **0.7%** with source https://compnano.kpi.ua/pdf_files/methods/sintering/sintr-teor-05.pdf

1.34% Internet Matches 42

Page 57

2.56% Library matches 140

Page 57

0% Quotes

No quotes found

0% Exclusions

No exclusions found

Replacement

Character replacement 30