

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

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій БОГОМОЛ

« ____ » _____ 2023 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів»
спеціальності 132 «Матеріалознавство»
на тему: «Виробництво радіопрозорих обтікачів для літаючих апаратів»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ФН-91

Горбань Максим Вікторович _____

Керівник:

Доцент, к. т. н., старший дослідник,

Солодкий Євген Васильович _____

Консультант з економічно-організаційного розділу:

Доцент, к. е. н., доцент,

Нараєвський Сергій Вікторович _____

Консультант з охорони праці:

Завідувач кафедри, д. т. н., професор,

Левченко Олег Григорович _____

Нормоконтроль:

Доцент, к. т. н., доцент,

Бірюкович Л. О. _____

Рецензент:

Науковий співробітник, к. т. н., Науковий співробітник,

Марич Мирослав Васильович _____

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 132 «Матеріалознавство»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій БОГОМОЛ

«__»_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Горбаню Максиму Вікторовичу

1. Тема проєкту «Виробництво радіопрозорих обтікачів для літаючих апаратів», керівник проєкту Солодкий Євген Васильович, Доцент, к. т. н., старший дослідник, затверджені наказом по університету від «_01_»_червня_2023р. №2122-с
2. Термін подання студентом проєкту 16.06.2023
3. Вихідні дані до проєкту діелектрична проникність матеріалу (ϵ) в діапазоні частот 3-10ГГц повинна становити не більше 5, тангенс кута діелектричних втрат ($\tan\phi$) $27 \cdot 10^{-4}$. Матеріал повинен витримувати термічний удар до температури 1200 °С та мати міцність на згин не менше 110 МПа при цій же температурі.
4. Зміст пояснювальної записки: технологічний розділ, будівельний розділ, спеціальний розділ, розділ охорони праці, організаційно-економічний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

- апаратурно-технологічна схема дільниці, що проектується;
- креслення плану дільниці, що проектується, із зазначенням на ньому місцезнаходження технологічного обладнання;
- креслення спеціального агрегату;
- таблиця техніко-економічних показників.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний	старший викладач к.е.н. Нараєвський С.В.	08.05.2023	
Охорона праці	професор, д.т.н. Левченко О.Г.	В25.05.2023	

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз сучасних матеріалів обтічників для літальних апаратів	25.04.2023	
2	Вибір матеріалів обтічника, який відповідає поставленим вимогам	29.04.2023	
3	Аналіз сучасних методів виробництва обтічників для літальних апаратів	29.04.2023	
4	Вибір технології отримання обтічників	09.05.2023	
5	Написання Технологічного розділу	20.05.2023	
6	Написання Будівельного розділу	30.05.2023	
7	Написання Організаційно-економічного розділу	05.06.2023	
8	Написання розділу з охорони праці	11.06.2023	
9	Попередній захист	12.06.2023	
10	Нормоконтроль	15.06.2023	
11	Рецензія	20.06.2023	
12	Основний захист	21.06.2023	

Студент

Максим ГОРБАНЬ

Керівник

Євген СОЛОДКИЙ

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Виробництво обтікачів для літаючих
апаратів»**

Київ – 2023 року

РЕФЕРАТ

Проект складається з пояснювальної записки формату А4 та графічної частини. Пояснювальна записка обсягом 82 сторінка, вміщує 21 рисуноків, 28 таблиці, 4 додатки та 19 бібліографічних найменувань. Графічна частина представлена 3 кресленнями та 1 плакатом на аркушах формату А1.

КЕРАМІКА НА ОСНОВІ НІТРИДУ БОРУ, КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ, НІТРИД БОРУ, ОКСИД КРЕМНІЮ, ПОРОШКОВА МЕТАЛУРГІЯ, РАДІОПРОЗОРИ МАТЕРІАЛИ.

Метою дипломного проекту є проектування ділянки з виробництва радіопрозорих обтікачів для літаючих апаратів продуктивність 10000 шт/рік.

В дипломному проекті вибрано та обґрунтовано схему технологічного процесу виробництва радіопрозорих обтікачів, проведено матеріальні розрахунки, які дозволили вибрати технологічне обладнання та встановити його необхідну кількість.

Проаналізовано умови праці, визначено параметри небезпечних і шкідливих чинників, розроблено заходи, які спрямовані на усунення й запобігання ураженню небезпечними чинниками.

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 4,85 роки.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Горбань М.В</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Солодкий Є.В.</i>				6	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л.О.</i>			РЕФЕРАТ КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гн. ФН-91		
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>					

ABSTRACT

The project consists of an explanatory report in A4 format and a graphical section. The explanatory report, totaling 82 pages, includes 21 figures, 28 tables, 4 additions, and 19 bibliographic references. The graphical section consists of 3 drawings and 1 poster on A1-sized sheets.

POWDER METALLURGY, COMPOSITE MATERIAL, RADIO-TRANSPARENT MATERIALS, BORON NITRIDE-BASED CERAMICS, BORON NITRIDE, SILICON DIOXIDE.

POWDER METALLURGY

The aim of the diploma project is to design a production area for manufacturing radio-transparent fairings for aircraft, with a production capacity of 10,000 units per year.

The diploma project includes the selection and justification of the technological process scheme for producing radio-transparent fairings. Material calculations have been carried out to select the necessary technological equipment and determine its required quantity.

Work conditions have been analyzed, and parameters of hazardous and harmful factors have been identified. Measures have been developed to eliminate and prevent exposure to these hazardous factors.

In the energy, organizational, and economic sections of the project, expenses for electricity required to support the technological process have been calculated. Workforce size and average wages have been determined, and it has been demonstrated that the developed project is economically efficient with a payback period of 4.85 years.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Горбань М.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Солодкий Є.В.</i>				7	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л.О.</i>			ABSTRACT <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i> <i>Каф. ВТМ та ПМ</i> <i>Гр. ФН-91</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю.І.</i>					

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	13
1.1 Вибір та обґрунтування технологічного процесу	13
1.1.1 Вибір матеріалу	13
1.1.2 Порівняння обраних матеріалів.....	16
1.1.3 Вибір технологічного процесу	17
1.1.3.1 Лиття водним шлікером.....	18
1.1.3.2 Отримання обтікачів методом гарячого пресування	19
1.1.3.3 Інжекційне пресування	21
1.1.4 Висновки та постановка задачі проектування.....	23
1.2 Опис технологічного процесу	23
1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції і технічних умов на неї	23
1.2.2 Вибір головних видів сировини і технічні умови на неї	25
1.2.3 Опис технологічних операцій	26
1.2.3.1 Дозування	26
1.2.3.2 Підготовка шлікеру.....	26
1.2.3.3 Дозування шлікеру.....	27
1.2.3.4 Лиття водним шлікером (формування).....	28
1.2.3.5 Сушка.....	28
1.2.3.6 Спікання.....	29
1.2.3.7 Механічна обробка.....	29

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розроб.	Горбань М.В.						
Перевір.	Солодкий Є.В.						
Н. Контр.	Бірюкович Л.О.						
Затверд.	Богомол Ю. І.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					8	3	
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91		

1.2.4	Технологічний контроль і контроль якості продукції.....	30
1.3	Розрахунок і складання матеріального балансу.....	31
1.4	Вибір та розрахунок кількості обладнання.....	42
1.4.1	Обладнання для дозування.....	42
1.4.2	Обладнання для підготовки шлікеру.....	42
1.4.3	Обладнання для дозування шлікеру.....	44
1.4.4	Обладнання для формування.....	44
1.4.5	Обладнання для сушки.....	45
1.4.6	Обладнання для спікання.....	46
2	БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	49
3	СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	50
4	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	54
4.1	Характеристика ділянки та умови її експлуатації.....	54
4.2	Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення (нормалізації) умов праці.....	60
4.2.1	Фізичні джерела небезпечних і шкідливих виробничих факторів ...	60
4.2.2	Небезпека ураження електричним струмом.....	61
4.2.3	Пожежна безпека.....	62
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	63
5.1	Енергетичні витрати.....	63
5.2	Організаційні витрати.....	66
5.1.2	Розрахунок чисельності виробничих робітників.....	66
5.2.2	Визначення фондів заробітної плати.....	69
5.2.3	Розрахунок продуктивність праці.....	71
5.3	Економічна ефективність.....	71

5.3.1 Розрахунок капітальний вкладень.....	71
5.3.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції	74
5.3.3 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення.....	76
ВИСНОВКИ.....	79
CONCLUSIONS.....	80
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	81
ДОДАТКИ.....	86

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Порошкова металургія як галузь виробництва використовується у дуже багатьох сферах промисловості. Актуальність даного методу досить висока, бо порошкові вироби знаходять своє застосування у багатьох областях виробництва: авіабудування, військова промисловість, машинобудування, енергетика, медицина тощо.

Це зумовлено перевагами в порівнянні з іншими методами:

- висока економічна ефективність;
- високі технічні характеристики виробів.
- простіше виготовлення деталей складної форми
- висока точність виробів

Стрімкий розвиток промисловості вимагає від виробництва вдосконалення існуючих технологій по отриманню виробів. Все частіше зростає попит на вироби, які можуть працювати в екстремальних умовах. Наприклад, деталі обтікачів літаючих апаратів мають поєднувати в своїх робочих характеристиках здатність витримувати високі теплові навантаження, при цьому зберігаючи свою цілісність, тобто мати високі механічні характеристики.

Обтікачі є головними деталями у літаючих апаратах, в першу чергу виконувати задачу захисту системи навігації. При цьому матеріал з якого виготовлений обтікач, його форма та розміри мають забезпечувати виконання головної конструкторської задачі, а саме – зменшувати навантаження при польоті.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Горбань М.В.</i>					11	2
<i>Перевір.</i>		<i>Солодкий Є.В.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л.О.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>						
						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гн. ФН-91		

Аналіз сучасного ринку виробництва обтікачів дозволяє стверджувати, що на сьогодні доступно багато різних керамічних матеріалів, які використовують у виробництві обтікачів, але більшість комерційно доступних варіантів, на жаль, не здатні забезпечити вимоги, які ставляться до робочих характеристик даних елементів конструкцій, тобто, здатність працювати в умовах екстремальних навантажень.

Основною проблемою у виробництві обтікачів є знаходження балансу між функціями захисту системи навігації та діелектричною проникністю. Саме це і є ключовим фактором, який зумовлює високу вартість та складну технологічність процесу виготовлення обтікачів.

У часи військової агресії російської федерації на території України критично гостро постає питання використання бойової авіації на полі бою. Тому, виробництво обтікачів, які здатні працювати в умовах екстремальних навантажень є актуальним і корисним, оскільки розвиток літаючих апаратів може позитивно вплинути на військове домінування в небі, підвищить економічний стан країни і значно зменшить залежність від західних партнерів у постачанні зброї з далеким радіусом ураження до України.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змі	Арк	№ докум	Підпис	Дата		12

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Вибір та обґрунтування технологічного процесу

1.1.1 Вибір матеріалу

Обтікачі для літаючих апаратів є однією з ключових елементів конструкцій повітряних та космічних апаратів. Призначення обтікача полягає у розміщенні його на верхівці ракети-носія та захисті основних систем навігації.

У сучасних апаратах на верхівці ракет знаходиться система навігації та система наведення. Головною ціллю обтікача є захист системи наведення, що в свою чергу, вимагає пошуку балансу між захистом та діелектричною проникністю, що у свою чергу робить задачу вибору матеріалу для виробництва основною та головною.

Під час вибору матеріалу важливо знайти баланс між багатьма різними показниками, які є ключовими у виробництві обтікачів, а саме:

- діелектрична проникність;
- високі механічні характеристики;
- теплопровідність;
- термостійкість.

Виходячи з умов такої складної технологічної задачі, найчастіше використовують радіопрозору кераміку. Ця група матеріалів має задовільні характеристики для використання у літаючих апаратах [1].

Іншим важливим фактором виробництва обтікача є його форма. Форма допомагає зменшити загальний тиск та навантаження на ракету-носії [2]. Оскільки голова літаючого апарату приймає основний удар, вона повинна мати оптимальну форму. Для літаків та ракет, які працюють в умовах надзвукових швидкостей використовують такі форми обтікачів рис. 1.1:

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ					
<i>Розроб.</i>		<i>Горбань М.В.</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Солодкий Є.В.</i>							13	36
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л.О.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>						<i>Гн. ФН-91</i>		



Рисунок 1.1 – Форми обтікачів для літаючих апаратів [2]

Виходячи з заданих умов, обтікач повинен витримувати високі навантаження та тримати тепловий удар, при цьому мати низьку діелектричну проникність. Можна виділити декілька груп кераміки які використовуються:

- кераміка на основі нітриду кремнію;
- кварцова кераміка;
- кераміка на основі нітриду бору.

Загальними перевагами цих матеріалів є високі механічні характеристики при високих температурах, та низька діелектрична проникність, отже їх доцільно використовувати при виробництві обтікачів. Загальне порівняння характеристик різних видів керамічних матеріалів наведено в таблиці 1.1 [3]:

Таблиця 1.1 – порівняння матеріалів обтікачів [3]

Матеріал	Переваги	Недоліки
Кераміка на основі нітриду кремнію	Високі характеристики міцності за високих температурах (1500 °С), висока корозійну стійкість	Висока температура спікання, складний технологічний процес отримання
Кварцова кераміка	Висока термостійкість стабільність діелектричних характеристик у широкому інтервалі температур	Висока температура плавлення, мала механічна міцність, верхня межа робочих температур (1000 °С)
Кераміка на основі нітриду бору	Низька діелектрична проникність, та мінімальний вплив температури (до 2000 °С)	Висока температура спікання, складний технологічний процес отримання

Отже, враховуючи задані параметри для виготовлення можна використовувати дві основних групи матеріалів – кераміка на основі нітриду бору та кераміка на основі нітриду кремнію. Загалом, кераміка на основі нітриду бору має значно вищі механічні властивості та діелектричні властивості. Тому, враховуючи вищезазначене, для виробництва обтікачів доцільно використовувати саме кераміку на основі нітриду бору через її високі механічні властивостей, які зберігаються до 1500 °С.

Для вибору матеріалу потрібні більш точні характеристики які вказані у таблиці 1.2.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.1.2 Порівняння обраних матеріалів

Таблиця 1.2 – Порівняння матеріалів для виготовлення обтікачів літаючих апаратів [1]

	НІАСІТ 8ПП (SiB ₄)	ТСМ 983	BN-SiO ₂	Corning 7941 (SiO ₂)
Вміст BN, %	-	-	78 - 82	-
Температура плавлення, °С	2000	2000	2640	1980
Густина, кг/м ³	1960-2000	1880 - 2100	2310	1900-2100
Межа міцності при статичному згині та температурі 1300 °С, МПа	90-110	90-110	80-110	30-110
Коефіцієнт температурного розширення за 1000 °С, К ⁻¹ 10 ⁻⁶	0,5-0,6	0,5-0,7	0,4	0,4-1,0
Діелектрична проникність	3,2-3,53	3,3-3,55	3,5	3,3-3,6
Тангенс кута діелектричних втрат (tanφ)	0,001	0,001	0,0001	0,001
Теплопровідність, Вт/(м К)	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8	11-13	0,7-1,3

Кераміка марки НІАСІТ 8ПП (SiB₄), яка містить бор, активно використовується в виробництві через свою високу термостійкість та високі механічні властивості. Вона має середні показники за всіма параметрами. Процес отримання керамічного порошку відносно простий, а технологія порівняно не дорога.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Кераміка марки ТСМ 983 являє собою керамічний матеріал з високим вмістом SiO_2 , який використовується для конструювання обтікачів ракет. Як і НІАСІТ 8ПП. Він має середні характеристики по всіх параметрах. Технологія отримання порошку для цього матеріалу є відносно простою та дешевою.

Керамічний матеріал Corning 7941 (SiO_2), використовувався для виготовлення носіїв літаючих апаратів. Технологія отримання цього матеріалу є відносно простою.

Керамічний матеріал на основі BN-SiO_2 – застосовується у літаючих апаратах, які здатні працювати за екстремальних умовах. Дана кераміка не втрачає свої механічні властивості аж до $1500\text{ }^\circ\text{C}$ градусів, зберігаючи хорошу радіопроникність та високу корозійну стійкість. За рахунок цього, обтікачі з цього матеріалу мають значно довший час використання, що дозволяє виготовляти більш надійні літаючі апарати. Єдиним мінусом є складна технологічність (відносно інших матеріалів) отримання порошку.

Враховуючи вищезазначену інформацію, як матеріала для виготовлення обтікачів у даному дипломному проєкті, було обрано BN-SiO_2 , за рахунок високих механічних властивостей, термостійкості та низької діелектричної проникності. Вміст компонентів у кераміці складає: BN – 82 мас. % та SiO_2 – 18 мас. %.

1.1.3 Вибір технологічного процесу

Враховуючи складну геометрію форми обтікачів, виготовлення деталей даного типу класичними технологіями порошкової металургії є складним технологічним завданням. Тому, при виготовленні обтікачів використовуються наступні методи.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.3.1 Лиття водним шлікером

Лиття водним шлікером є одним із способів формування деталей складної форми у порошковій металургії. Цей процес починається з приготування водної суспензії (відомої як шлікер, для створення форми). Суть методу полягає у пропусненні шлікеру у форму і осіданню частинок порошку на поверхні.

Перш ніж розпочати процес лиття, шлікер готують шляхом змішування порошку з водою. Це призводить до утворення рідиноподібної суміші.

Після підготовки шлікеру, його виливають на поверхню форми або використовують для відливання відповідної конфігурації. Шлікер розподіляється рівномірно і заповнює всю форму, забезпечуючи таким чином рівномірний розподіл щільності отриманих виробів.

Після заливання шлікеру до форми проводиться процес сушіння, в результаті якого, вода, яка була присутня у шлікері випаровується. Це призводить до склеювання частинок кераміки та формування попередньої форми або відливки.

Остаточна обробка включає видалення форми або відокремлення відливки від шлікеру. Часто це вимагає механічної або термічної обробки. Потрібно зазначити, що даний метод доречно використовувати за щільності порошку менше 1940 кг/м^3 [1].

Перевагами даного методу є:

- можливість створення деталей складної форми;
- висока точність повторення геометрії виробів;
- рівномірний розподіл щільності отриманих виробів.

В той же час основним недоліком методу є довгий процес сушки, що напряму впливає на тривалість всього технологічного процесу в цілому.

Схема технологічного процесу отримання виробів за допомогою методу шлікерного лиття зображена на рисунку 1.2.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



Рисунок 1.2 – Технологічна схема отримання деталі водним шлікером [1]

1.1.3.2 Отримання обтікачів методом гарячого пресування

Гаряче пресування є процесом формування деталей з кераміки шляхом високого стиснення порошку з застосуванням одночасної високотемпературної обробки. Суть методу полягає у формуванні зразків з використанням тиску в поєднанні з високою температурою.

Процес гарячого пресування розпочинається з отримання сипучої суміші, яка складається з керамічних порошків та додаткових добавок, таких

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

пластифікатори або змащувальні речовини. Далі необхідно застосовувати технологічні операції підготовки порошків до формування. Наприклад, змішування порошку, його сушку і т.д.

У процесі гарячого пресування, до нагрітої сипучої суміші прикладається високий тиск. Високий тиск сприяє ущільненню порошку та забезпечує його рівномірний розподіл у формі.

Після досягнення необхідного тиску та температури, здійснюється процес охолодження, який дозволяє матеріалу затвердіти та зафіксувати його структуру. Після охолодження деталь витягають з пресу або матриці та піддають обробці.

Перевагою цього методу є:

- отримання виробів з високою щільністю;
- коротка тривалість процесу.

Недоліками цього методу є:

- висока вартість оснастки, яка використовується в процесі;
- висока енергоємність процесу;
- високі температури спікання;
- обмеженість форми та розмірів отриманих виробів.

Технологічний процес зображений рисунку 1.3.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

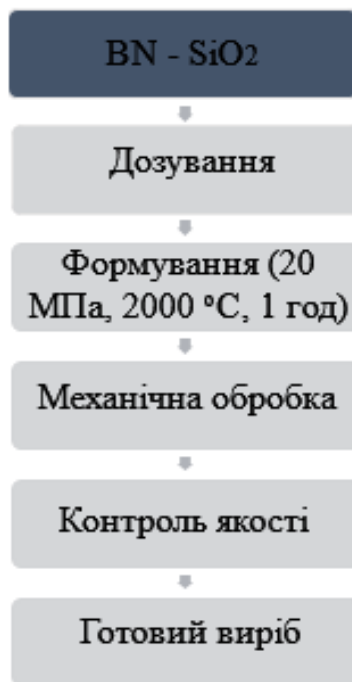


Рисунок 1.3 – Технологічна схема отримання деталі гарячим пресуванням [1]

1.1.3.3 Інжекційне пресування

Інжекційне пресування є одним з методів формування керамічних виробів і використовується для отримання складних форм з високою точністю. Суть метода полягає у тому, що матеріал за високої швидкості вдавлюють у форму, за рахунок чого відбувається формування деталі.

Спочатку необхідно підготувати керамічну суміш, яка складається з керамічних порошків та зв'язувальних матеріалів (пластифікаторів). У процесі інжекторного формування, керамічна суміш нагрівається до певної температури, яка забезпечує необхідну пластичність матеріалу. Потім суміш вводиться в спеціальну форму за допомогою інжектора, який створює високий тиск. Після введення, керамічна суміш в формі піддається додатковій обробці, такої як всебічне стиснення, для забезпечення більшої щільності та точності форми. Після цього підготовлена форма піддається термічній обробці.

Перевагою цього методу є:

- висока продуктивність;
- отримання виробів складної форми та розмірів;

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

– забезпечення однорідної щільності виробів по всьому об'єму.

Недоліками є:

- висока ціна виробництва;
- висока вартість обладнання.

Технологічна схема отримання виробів з використанням методу інжекційного формування наведена на рисунку 1.4.

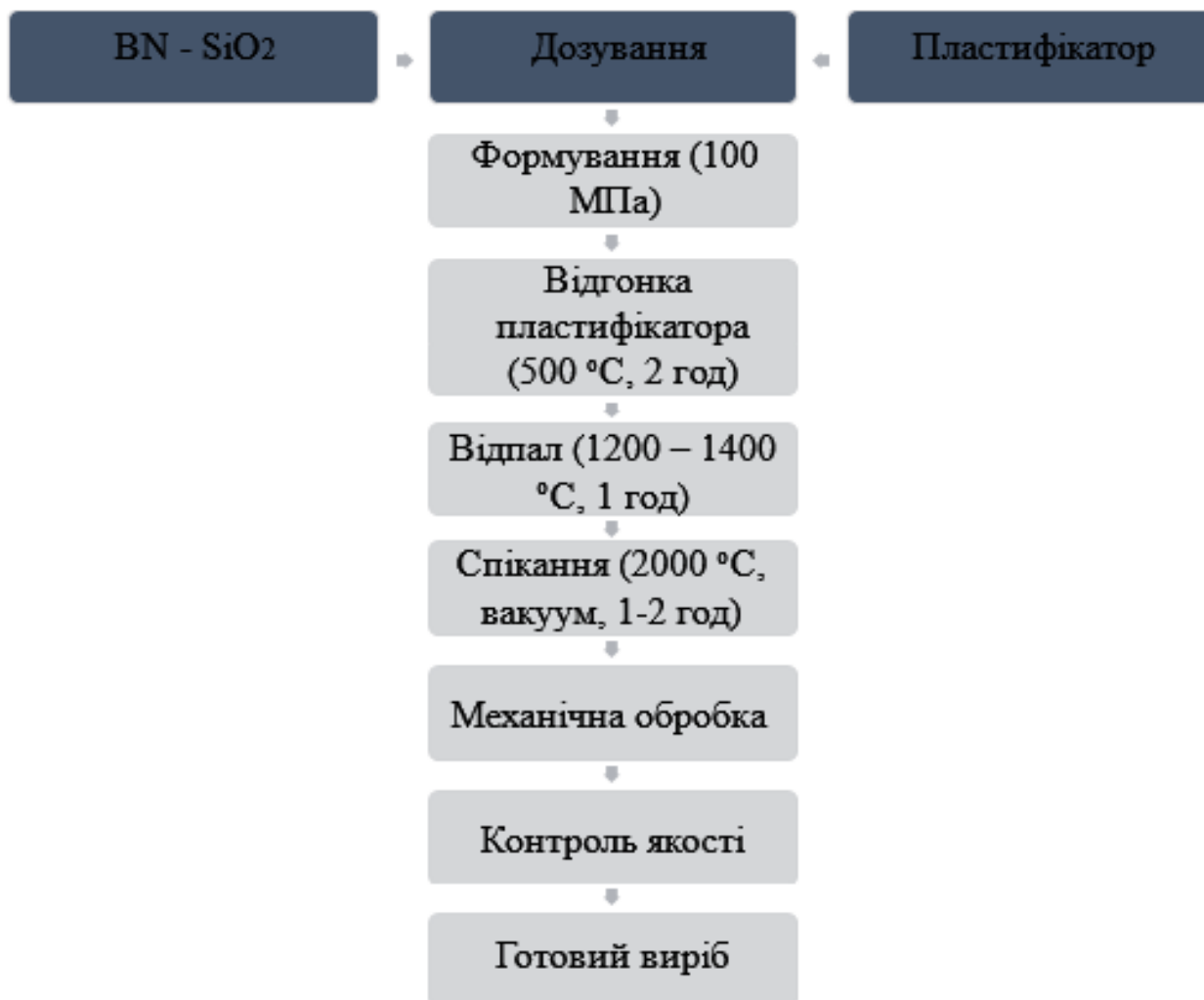


Рисунок 1.4 – Технологічна схема отримання деталі інжекторним пресуванням [1]

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

1.1.4 Висновки та постановка задачі проєктування

Розвиток авіаційної галузі неперервно вимагає постійного вдосконалення матеріалів, які використовуються для виготовлення компонентів літаків. Зокрема, це особливо відчутно при виробництві обтікачів. З прогресом технологій зростають й вимоги до властивостей матеріалів.

У контексті виготовлення обтікачів, найскладнішим етапом є вибір відповідного матеріалу, оскільки від цього залежить його здатність витримати навантаження і забезпечити радіопроникність. Тому важливо, щоб обрані матеріали були достатньо міцними та мали низьку діелектричну проникність.

В даному дипломному проєкті завдання полягає у проєктуванні дільниці для виготовлення радіопрозорих обтікачів для літаючих апаратів. Оскільки матеріал повинен мати високу робочу температуру, також зберігати високі механічні властивості та низьку діелектричну проникність, як найкращий варіант для виготовлення обтікачів був обраний матеріал BN-SiO₂, який задовольняє задані вимоги.

Із всіх трьох представлених технічних процесів лиття водним шлікером є технологічно ефективним і економічно вигідним процесом. Проте недоліком цього процесу буде загальна продуктивність та швидкість виготовлення, тому на етапі проєктування потрібно буде запускати декілька ліній виготовлення.

1.2 Опис технологічного процесу

1.2.1 Обґрунтування асортименту продукції і технічних умов на неї

Розміри готової деталі зображенні на рисунку 1.5, річна продуктивність дільниці: 10 000 шт./рік.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

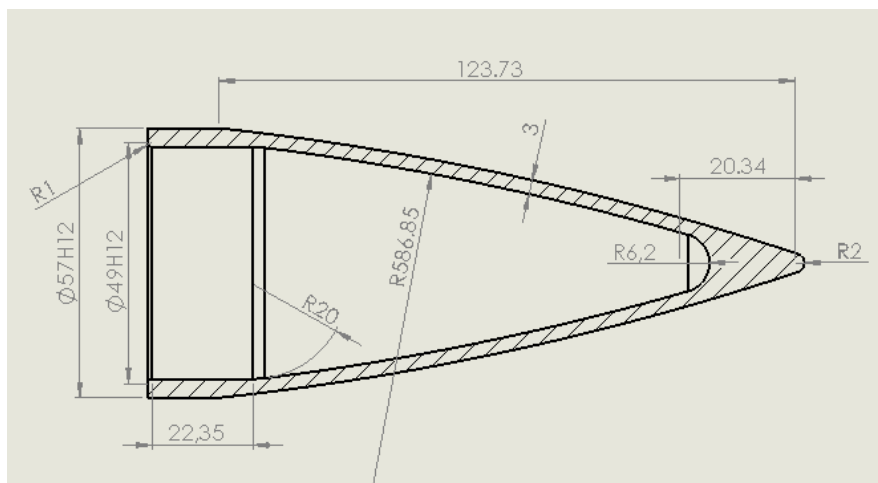


Рисунок 1.5 – Ескіз обтікача

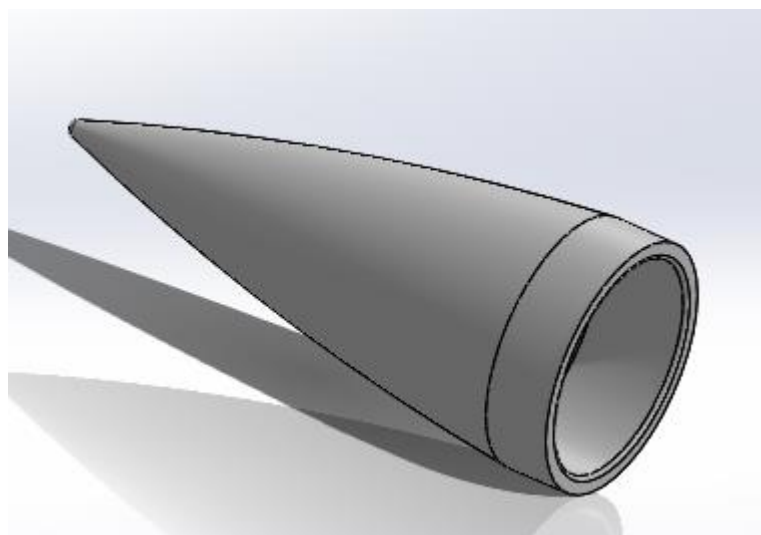


Рисунок 1.6 – 3Д модель обтікача

Для виробництва використовується матеріал на основі BN-SiO₂, його технічні умови наведені у таблиці 1.5.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 1.5 – Технічні умови BN-SiO₂

Найменування	Характеристики	Державний стандарт або технічні умови
BN	$\gamma_{\text{н}} = 2,34 \text{ г/см}^3$ BN – 98 % Інше – 2 %	ISO 17942:2014 [8]
SiO ₂	$\gamma_{\text{н}} = 2,2 \text{ г/см}^3$ SiO ₂ - 98 % Інше – 2 %	ДСТУ Б В.2 7-32-95 [9]
Гіпс	Пор 60 %	ДСТУ Б В.2.7-82:2010 [10]
Вода	Дистильована	ДСТУ ISO 3696:2003 [11]

Отже, для подальшого проєктування необхідно розрахувати теоретичну щільність матеріалу BN-SiO₂. Дані щільності матеріалів наведені у таблиці 2.1, фазовий склад рівний BN – 82 мас. % та 18 мас. %. Розрахунок відбувається за формулою адитивності:

$$\gamma_{\text{н}} = \frac{2,34 \times 2,2}{(2,34 \times 0,18 + 2,2 \times 0,82)} = 2,313 \text{ г/см}^3.$$

1.2.2 Вибір головних видів сировини і технічні умови на неї

За рахунок своєї тугоплавкості та високих механічних показників, BN-SiO₂ є поширеним у виробництві обтікачів при екстремальних умовах з низькою діелектричною проникністю.

Використання кераміки на основі нітриду бору застосовуються у екстремальних умовах, за рахунок високих механічних властивостей та низької діелектричної проникності.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно отриманого індивідуальному завданні на ділянці планується виготовляти обтікачі для літаючих апаратів, найбільш відповідає вимогам BN-SiO₂ за рахунок механічних та діелектричних властивостей.

Гексагональний нітрид бору є відносно розповсюдженим матеріалом, ціна на ринку за 1 кг складає 1000 грн. Одним із способів отримання BN є його шляхом взаємодії бору з аміаком за високої температури. Цей процес забезпечує основними характеристиками BN, а саме хімічну стабільність, високу термостійкість та щільність 2,34 г/см³.

Іншою основною сировиною є SiO₂, який є доволі розповсюдженим матеріалом. Ціна за кг від 288 грн. Отримують SiO₂ методом термічної обробки SiCl₄.

1.2.3 Опис технологічних операцій

1.2.3.1 Дозування

Процес дозування виступає першим етапом у литті водним шлікером, і полягає у точному співвідношенні матеріалів.

Метою технологічної операції є створення фрикційного матеріалу із наперед визначними характеристиками, за рахунок точного співвідношення порошків. Операція проводиться на технічних терезах або дозаторах, вибір обладнання на пряму залежить від потужності виробництва.

1.2.3.2 Підготовка шлікеру

Процес полягає у змішуванні порошку та води у кульовому млині, до отримання водної суспензії (відомої як шлікер, для створення форми). Суміш перемішують в кульовому млину протягом 20 годин. Потрібно зазначити, що механічним перемішуванням не змінить зернового складу, але збільшує механічну міцність [1]. Даний метод доцільно використовувати до щільності порошку. Оптимальним є вміст води у шлікері близько 0,13%.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Оптимальними технічними параметрами процесу підготовки шлікеру:

- коефіцієнт завантаження млина – 0,45;
- швидкість оберту млина рівна – 44 об/хв;
- час операції 20 годин;

Співвідношення компонентів повинно бути близько:

- 1 х Порошку до 1,3 х розмельних тіл до 1 х води [1].

Після перемішування дізнаються властивості отриманого шлікеру. Параметри шлікеру представлені у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Параметри шлікера представлені [1]

Густина, г/см ³	В'язкість, Па*с	Кислотність розчину, рН
2,1	20 – 40	4,0 – 6,4

Важливу роль відіграє зерновий склад порошку, оскільки при невірному помелі на етапі сушіння деталь може зруйнуватися.

Середній розмір частинок порошку VN-SiO₂ повинен бути близько 3 мкм

Також у вихідній речовині повинні бути відсутні повітряні включення, оскільки наявність таких включень призведе до високої пористості деталі.

1.2.3.3 Дозування шлікеру

Мета цієї технологічної операції полягає у точному вимірюванні потрібної кількості шлікеру для формування обтікача у гіпсовій формі. Кількість потрібного шлікеру залежить від матеріалу та габаритів деталі. Для технологічної операції можна використовувати ваги або дозатори.

1.2.3.4 Лиття водним шлікером (формування)

На етапі формування порошок отримує власну форму, процес полягає у тому що водним шлікером просочують форму. Осідання порошку напряду залежить від форми, у випадку даної схеми використовується гіпс з пористістю 68% і вертикальним набиранням маси. Цей процес поділяють на декілька етапів:

Першим кроком є підготовка форми, у яку буде вливатися шлікер. У даному процесі доцільно використовувати форму з гіпсу.

Далі водний шлікер вводиться до форми за допомогою методу вливання.

Після наповнення форми надлишковий шлікер, якщо такий є, може бути видалений.

Деталь симетрична, доцільно буде використовувати розбірні форми, оскільки це суттєво зменшить витрати на гіпсові форми.

Отримані обтікачі мають ряд вимог такі як висока міцність, відсутність дефектів. В разі не виконання цих вимог у процесі сушки деталі почнуть деформуватися [1].

1.2.3.5 Сушка

Процес сушки у литті у водному шлікеру є стадією після формування керамічних виробів і перед їх подальшою обробкою. Сушка має на меті випарування води з шлікеру і зміцнення структури.

Процес проходить за низькій температурі (100 – 120 °С), та за довгий час (24 год), після чого виріб проходить додаткову термічну обробку.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

1.2.3.6 Спiкання

Спiкання є основною операцією в порожковiй металургiї, унаслідок якої вироби набувають остаточнi геометричнi розмiри та структуру. У процесi спiкання збiльшується мiцнiсть контактiв мiж частинками, якi утворились пiд час формування, зменшується пористiсть, що призводить до збiльшення мiцностi всього виробу.

Оскiльки обраний матерiал BN-SiO₂ має високу температуру спiкання то доцiльно проводити операцію у середовищi вакууму.

Для отримання максимальних значень мiцностi на згин операція спiкання буде вiдбуватися за температурi близької до 2000 °C при термiчнiй витримцi в межах 1-2 годин. Процес спiкання буде вiдбуватися в одну стадiю.

Спiкання проводиться у вакуумнi печi до досягнення 10% залишкової пористостi.

Отже на операцію буде надходити деталь з шириною стiнки близько 3,1 мм. Остаточна ширина стiнок буде рiвна 3 мм. Вiдповiдно коефiцiєнт усадки буде рiвним 4%.

Матерiал який пройшов операцію спiкання має високу стiйкiсть до окислення, високу ерозiйну стiйкiсть [1].

1.2.3.7 Механiчна обробка

Пiсля процесу спiкання отримуємо кiнцевий продукт, який необхідно механiчно обробити. Шорсткiсть поверхнi має бути Ra (середнє арифметичне вiдхилення профiлю) = 0,012; Rz (висота нерiвностей профiлю) = 0,040. Для забезпечення цих параметрiв проводять операції шліфування та полiрування.

Обтiкач шліфують знимаючи верхнiй шар керамiки, за рахунок цього процесу досягається бiльш гладка поверхня виробу. Потiм деталь необхідно вiдполiрувати для отримання високої якостi поверхнi та видалення подряпин.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		

Проводиться контроль розміру зразка. Розміри готового обтікача повинні відповідати заданим параметрам ($l = 57$ мм, $b = 57$ мм, $h = 138,81$).

Механічна обробка проводиться для усунення дефектів та покращення поверхні, що як наслідок покращує обтічність деталі.

1.2.4 Технологічний контроль і контроль якості продукції

Після проходження всіх технологічних операцій необхідно виконати технологічний контроль та контроль якості продукції.

Завданням технологічного контролю є: запобігання випуску браку, та знаходження причин утворення дефектів.

На ділянці буде відділ технологічного контролю (ВТК), в якому буде проходити контроль якості продукції.

Технічний контроль фінальної продукції передбачає перевірку основних властивостей обтікача, таких як: міцність на згин (110 МПа) та здатність витримувати термічний удар за температурі 1200 °С. Для цього окрім обтікачів буде вилитися контрольні зразки.

Міцність на згин буде перевірятися обладнанням ІДЦ1.

Витримка термічного удару буде перевірятися у печі.

Технічний контроль передбачений для кожної операції, він включає контроль якості матеріалів та режим роботи обладнання.

Для операції змішування важливо забезпечити рівномірність змішування, та правильне співвідношення матеріалів.

По завершенню операції формування проходить контроль по зовнішньому вигляду та геометричним розмірам.

Важливо дотримуватися режиму спікання. Коли обтікач задовольняє вимоги, то він проходить операцію механічної обробки.

Готовий обтікач проходить перевірку структури, геометричних розмірів.

За допомогою візуального огляду готовий виріб перевіряють на наявність дефектів. Ймовірні дефекти: тріщини, сколи та опали.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контролюють структуру експрес метод перевірки, полярографічний (метод ISO 24046:2022) [12]. Величезною перевагою цього методу є відсутність пошкоджень зразку під час тестування, що зменшує витрати матеріалів та забезпечує більшу оптимізацію.

Перевірку геометричних розмірів контролюють штангенциркулем.

1.3 Розрахунок і складання матеріального балансу

Матеріальний баланс виступає ключовим вихідним фактором для визначення потрібної кількості початкових матеріалів, обсягу технологічного обладнання та встановлення техніко-економічних показників для проєктованого виробництва. Для того, щоб скласти матеріальний баланс з окремих операцій і всього технологічного процесу в завданні вказано продуктивність ділянки, яка складає 10000 шт/рік.

Розрахунки проводяться відносно добової продуктивності, яка у свою чергу розраховується з фонд часу роботи обладнання на рік.

Баланс часу наведено у таблиці 1.8, який складають за нормативними заводськими даними та досвідом роботи. Час на зміну технологічного режиму складає 1,6% загального часу роботи обладнання.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Вихідними даними для визначення витрат матеріалів являється:

- виробнича потужність – $P = 10000$ шт.;
- питома густина фрикційного матеріалу – $\rho = 2313$ кг/м³;
- об'єм фрикційного матеріалу на одному виробі – $V = 0,00005$ м³.

Маса одного обтікача визначається за формулою:

$$M = V \times \rho. \quad (1.1)$$

$$M = 2313 \times 0,00005 = 0,11567 \text{ (кг)}.$$

Маса вироблених обтікачів за рік визначається за формулою:

$$P_m = M \times P. \quad (1.2)$$

$$P_m = 0,1157 \times 10\,000 = 1157 \text{ (кг)}.$$

Визначивши кількість робочий днів (далі n) треба розрахувати добову продуктивність цеху. Її визначають за формулою:

$$A = \frac{G}{n}, \quad (1.3)$$

де G – річний випуск продукції;

n – кількість робочих днів на рік.

$$A = \frac{10000}{240} = 41,667 = 42.$$

Розраховуємо масу вироблених обтікачів за добу за формулою:

$$G = P \times n. \quad (1.4)$$

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$G = 0,11567 \times 42 = 4,858 \text{ (кг)}.$$

Отже, для забезпечення заданої продуктивності треба виготовляти 42 обтікачі на добу. Потрібно зазначити, що на підприємстві під час виробництва є незворотні втрати, враховуючи це треба компенсувати втрати на лінії, для цього йде подача сировини з надлишком.

Втрати визначають за формулою:

$$A_0 = \frac{A}{\varphi} 100, \quad (1.5)$$

де A_0 – кількість матеріалу, що направляється на початку процесу, %;

φ – вилучення

При виробництві існують два види втрат – механічні та технологічні. Повністю ліквідувати втрати на виробництві неможливо, тому потрібно їх мінімізувати та компенсувати. Для цього проводять розрахунок балансу матеріалів.

До технологічних втрат належать такі процеси як:

- вигорання;
- випаровування;
- відновлення оксидів.

Отже, при переробці матеріалу відбуваються втрати, для їх врахування ми визначаємо прикладне φ . Втрати зображені на рисунку 1.7.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.7 – Витрати на операціях виготовлення обтікачів

Для визначення виходу придатного проводимо наступні розрахунки:

Прямий поопераційний витяг на кожній операції:

$$\eta_1 = 100 - (a + b) = 100 - (0 + 0) = 100\%.$$

$$\eta_2 = 100 - (a + b) = 100 - (1 + 0) = 99\%.$$

$$\eta_3 = 100 - (a + b) = 100 - (0,1 + 0) = 99,9 \%$$

$$\eta_4 = 100 - (a + b) = 100 - (0,5 + 0) = 99,5 \%$$

$$\eta_5 = 100 - (a + b) = 100 - (0,5 + 0) = 99,5 \%$$

$$\eta_6 = 100 - (a + b) = 100 - (4 + 0) = 96 \%$$

$$\eta_7 = 100 - (a + b) = 100 - (0,3 + 0) = 99,7 \%$$

$$\eta_8 = 100 - (a + b) = 100 - (0 + 0) = 100 \%$$

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

$$\varphi = \left(\frac{\eta_1}{100} \times \frac{\eta_2}{100} \times \dots \times \frac{\eta_n}{100} \right) * 100 = \frac{\eta_1 \times \eta_2 \times \dots \times \eta_n}{a^{n-1}} \quad (1.6)$$

$$\varphi_1 = \eta_1 = 100 \%$$

$$\varphi_2 = \frac{100 \times 99}{100} = 99 \%$$

$$\varphi_3 = \frac{99 \times 99,9}{100} = 98,901 \%$$

$$\varphi_4 = \frac{98,901 \times 99,9}{100} = 98,406 \%$$

$$\varphi_5 = \frac{98,406 \times 99,9}{100} = 97,914 \%$$

$$\varphi_6 = \frac{97,914 \times 99,9}{100} = 93,998 \%$$

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$\varphi_7 = \frac{93,998 \times 99,9}{100} = 93,716\%.$$

$$\varphi_8 = \frac{93,998 \times 100}{100} = 93,716\%.$$

Визначаємо кількість сировини, яка має надійти на початок процесу за формулою 1.5.

$$A_0 = \frac{A}{\varphi} = \frac{4,858}{93,716} \times 100\% = 5,184 \text{ (кг)}.$$

Визначаємо витрати відносно вихідного матеріалу на кожній операції за формулою:

$$a_n(\beta_n) = \frac{a_n(b_n) \times \varphi_{n-1}}{100}. \quad (1.7)$$

Дані занесені до таблиці 1.9.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.9 – Витрати відносно вихідного матеріалу на кожній операції

Зворотні	Незворотні
$\alpha_1 = a_1 = 0$	$\beta_1 = b_1 = 0$
$\alpha_2 = 0$	$\beta_2 = \frac{1 \times 100}{100} = 1$
$\alpha_3 = 0$	$\beta_3 = \frac{0,1 \times 99}{100} = 0,099$
$\alpha_4 = 0$	$\beta_4 = \frac{0,5 \times 98,901}{100} = 0,495$
$\alpha_5 = 0$	$\beta_5 = \frac{0,5 \times 98,406}{100} = 0,492$
$\alpha_6 = 0$	$\beta_6 = \frac{4 \times 97,914}{100} = 3,917$
$\alpha_7 = 0$	$\beta_7 = \frac{0,3 \times 93,998}{100} = 0,282$
$\alpha_8 = 0$	$\beta_8 = \frac{0 \times 93,716}{100} = 0$

Визначаємо абсолютні витрати у кілограмах. Дані занесені до таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Абсолютні витрати у кілограмах

Зворотні	Незворотні
$\alpha_1 = a_1 = 0$	$q_1 = b_1 = 0$
$\alpha_2 = 0$	$q_2 = \frac{5,184 \times 1}{100} = 0,052$
$\alpha_3 = 0$	$q_3 = \frac{5,184 \times 98,901}{100} = 0,005$
$\alpha_4 = 0$	$q_4 = \frac{5,184 \times 98,406}{100} = 0,026$
$\alpha_5 = 0$	$q_5 = \frac{5,184 \times 97,914}{100} = 0,026$
$\alpha_6 = 0$	$q_6 = \frac{5,184 \times 93,998}{100} = 0,203$
$\alpha_7 = 0$	$q_7 = \frac{5,184 \times 93,716}{100} = 0,015$
$\alpha_8 = 0$	$q_8 = \frac{5,184 \times 93,716}{100} = 0,000$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ

Арк.

38

Обчислимо суму зворотних втрат і визначаємо суму матеріалу, яка має надходити кожне день на початок процесу (В).

$$B = A_0 - \sum a. \quad (1.8)$$

$$B = 5,184 - 0 = 5,184 \text{ (кг)}.$$

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

На першу операцію:

– надходить: 5,184 кг;

– виходить: 5,184 кг.

На другу операцію:

– надходить: 5,184 кг;

– виходить: 5,132 кг.

На третю операцію:

– надходить: 5,132 кг;

– виходить: 5,127 кг.

На четверту операцію:

– надходить: 5,127 кг;

– виходить: 5,102 кг.

На п'яту операцію:

– надходить: 5,102 кг;

– виходить: 5,076 кг.

На шосту операцію:

– надходить: 5,076 кг;

– виходить: 4,873 кг.

На сьому операцію:

– надходить: 4,873 кг;

– виходить: 4,858 кг.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На восьму операцію:

– надходить: 4,858 кг;

– виходить: 4,858 кг.

Отримані результати занесено до таблиці 1.11.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.11 – Поопераційний матеріальний баланс

Назва операції	Поопераційні втрати, %			Пряме поопераційне вилучення, %	Загальне вилучення, %	Втрати відносно введеного матеріалу, %		Абсолютні втрати, кг		Маса матеріалу, що надходить на операцію, кг			Маса матеріалу, що виходить з операції, кг
	Зворотні	Незворотні	Загальні			Зворотні	Незворотні	Зворотні	Незворотні	З попередньої операції	Зворотні втрати	Всього	
Дозування	0	0	0	100	100	0	0	0	0	5,184	0	5,184	5,184
Підготовка шлікеру	0	1	1	99	99	0	1	0	0,052	5,184	0	5,184	5,132
Дозування шлікеру	0	0,1	0,1	99,9	98,901	0	0,099	0	0,005	5,132	0	5,132	5,127
Формування	0	0,5	0,5	99,5	98,406	0	0,495	0	0,026	5,127	0	5,127	5,102
Сушка	0	0,5	0,5	99,5	97,914	0	0,492	0	0,026	5,102	0	5,102	5,076
Спікання	0	4	4	96	93,998	0	3,917	0	0,203	5,076	0	5,076	4,873
Механічна обробка	0	0,3	0,3	99,7	93,716	0	0,282	0	0,015	4,873	0	4,873	4,858
Контроль якості	0	0	0	100	93,716	0	0	0	0	4,858	0	4,858	4,858

1.4 Вибір та розрахунок кількості обладнання

1.4.1 Обладнання для дозування

Оскільки на операцію дозування надходить 5,184 кг матеріалу в день, то ефективним рішенням буде проведення операції дозування матеріалів на технологічних терезах “Radwag” моделі WLC-C/1 зображена на рисунку 1.8, з наступними характеристиками:

- вартість обладнання – 17 436 грн;
- габарити – 250х300 мм.



Рисунок 1.8 – Технічні ваги серії WLC-C/1 “Radwag”

1.4.2 Обладнання для підготовки шлікеру

Для процесу формування водним шлікером потрібно створити суміш робочого порошку та води. Порошок буде змішуватись з водою протягом 20 годин до стану розчину.

Для змішування буде використаний кульовий млин марки ІВМУ- 100- 1 НТ Machinery з наступними технічними характеристиками:

- об’єм робочої камери – 0,3 м³;
- потужність двигуна – 4 кВт;
- габарити – 970х384х360 мм;

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– вартість – 80 000 гривень.



Рисунок 1.9 – Кульовий млин ІВМУ-100-1 НТ Machinery

Продуктивність млина:

$$p_{зм} = \frac{V\varphi \gamma_{нас}}{\tau}, \quad (1.9)$$

де V – б'єм змішувача, m^3 ;

φ – коефіцієнт заповнення;

$\gamma_{нас}$ – насипна щільність, $кг/м^3$;

τ – тривалість операції, год.

$$p_{зм} = \frac{0,3 \times 0,45 \times 1817}{20} = 12,26 \text{ (кг/год)}.$$

Необхідна кількість млинів:

$$N_m = \frac{G}{P_m \times \tau_m}, \quad (1.10)$$

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

P_m – продуктивність змішувача, $кг/год$;

τ_m – технологічний час роботи, год.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_m = \frac{5,184}{12,26 \times 20} = 0,021.$$

Прийmemo 1 кульовий млин IBMU-100-1 HT Machinery, з коефіцієнтом навантаження:

$$K_3 = \frac{0,021}{1} = 0,021.$$

1.4.3 Обладнання для дозування шлікеру

Оскільки на операцію дозування надходить 5,184 кг матеріалу в день, то ефективним рішенням буде проведення операції дозування матеріалів використовуючи ваги серії IBMU-100-1 HT Machinery які зображені на рисунку 1.8.

1.4.4 Обладнання для формування

Формування обтікача відбувається процесом литтям з вертикальним набором маси у гіпсовій формі. Відповідно для процесу формування буде використовуватися багаторазова розкладна гіпсова форма.

Денна кількість обтікачів яку необхідно виготовити складає 42 деталей. Час операції формування триває 40 годин. Це довше ніж процес підготовки шлікеру у 2 рази, тому для найвищої ефективності буде відбуватися формування двох партій одночасно. Для формування буде обрана розбірна гіпсова форма з наступними характеристиками:

- габарити однієї форми – 232x232x230 мм;
- ціна однієї форми складає – 440 грн;
- пористість гіпсу – 68 %.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.5 Обладнання для сушки

Враховуючи габарити обтікача була обрана камера сушіння марки Bench oven (SBH-444) з наступними технічними характеристиками:

- максимальна робоча температура – 260 °С;
- габарити робочої камери – 1200x1200x1200 мм;
- габарити – 1500x1500x2000 мм;
- потужність – 48 кВт;
- максимальне завантаження камери – 60 кг;
- ціна – 760 000 грн.



Рисунок 1.10 – Сушильна камера марки Bench oven (SBH-444)

У камеру сушильної камери габаритами 1200x1200x1200 мм може вміститися 3 платформи габаритами 1200x1200 мм. Тоді на одну платформу можна помістити 24 обтікачів. Оптимально використовувати 2 платформи, на

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

яких разом буде 42 деталі. Приймаючи завантаження 60 кг, розраховуємо продуктивність однієї сушильної камери:

$$P_k = \frac{60}{24} = 2.5 \text{ (кг/Год)}.$$

Далі необхідну кількість сушильних камер розраховуємо за формулою:

$$n_k = \frac{G_k}{P_k \times \tau}. \quad (1.11)$$

$$n_k = \frac{5,102}{02,5 \times 24} = 0,085.$$

Прийmemo одну сушильну камеру Bench oven (SBH-444), з коефіцієнтом навантаження:

$$K_3 = \frac{0,085}{1} = 0,085.$$

1.4.6 Обладнання для спікання

Для забезпечення технологічного процесу спікання BN-SiO₂ була обрана вакуумна піч PJ-S-644, зображена на рисунку 1.11, з наступними характеристиками:

- розміри робочого середовища – 600x400x400 мм;
- габарити – 5000x5000x2500 мм;
- потужність – 120 кВт;
- робоча температура – 2000 °С;
- вартість – 3 330 000 гривень.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.11 – вакуумна піч PJ-S-644.

Для визначення продуктивності потрібно визначити вагу деталей одного завантаження потрібно використати формулу:

$$G_{\text{п}} = g_{\text{п}} \times N_{\text{п}}, \quad (1.12)$$

де $g_{\text{п}}$ – вага однієї деталі;

$N_{\text{п}}$ – кількість деталей, що можна завантажити на один піддон.

$$G_{\text{п}} = 0,116 \times 42 = 4,858 \text{ (кг)}.$$

Далі необхідну кількість печей визначають за формулою:

$$N_{\text{п}} = \frac{G_{\text{з}}}{(p_{\text{н}} \times \tau)}. \quad (1.13)$$

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$n_{II} = \frac{5,076}{(4,858 \times 2)} = 0,522.$$

Прийmemo одну вакууму пiч PJ-S-644, з коефiцiєнтом навантаження:

$$K_3 = \frac{0,522}{2} = 0,261.$$

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Мета будівельного розділу це розрахунок та проектування ділянки для виробництва обтікачів для літаючих апаратів.

У додатку 4 неведена схема планування ділянки. Діляниця складається з наступних приміщень:

- склад готової продукції;
- склад сировини;
- службове приміщення;
- робоча діляниця;
- відділ технологічного контролю.

У даному виробництві спроектовано одноповерхову багатопрольотну будівлю, згідно вимог пожежної безпеки ділянка повинна бути побудована з негорючого матеріалу, який повинен відповідати I та II ступеням вогнестійкості. Доцільно буде побудувати стіни та підлогу з залізобетону. Відстань між колонами 6м.

Висота робочого приміщення за державними стандартами повинні бути не нижче ніж 3,2 м, найвищим за розмірами обладнання є вакуумна піч з розмірами 2,5 м. Отже для будівлі висота стін буде складати 3,2 м.

На виробництві буде використатися природне та штучне освітлення, розміри встановлених вікон рівні 1200x1000 мм. Відповідно площа ділянки складає 324 м², а об'єм 1036 м³. Розміщення необхідного обладнання відповідає нормам проектування ділянок в галузі порошкової металургії.

Кульовий млин розташований на відстані 800 мм від стін. Сушильна камера розташована на відстані 800 мм від будівельних конструкцій.

Вакуумна піч розташована на відстані 800 мм від стін, відстань між обладнанням 2,5 – 4 м.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ					
<i>Розроб.</i>		<i>Горбань М.В</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Солодкий Є.В.</i>							49	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л.О.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>						<i>Гп. ФН-91</i>		

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

Метою цього розділу є проектування форми для лиття водним шлікером обтікачів для літаючих апаратів.

Параметри деталі обтікача з розмірами $l = 57$ мм, $b = 57$ мм, $h = 138,81$ мм, коефіцієнт усадки $K_y = 1,04$.

Розраховуємо ливникову систему форми:

$$H_{\text{лив}} = H \times K_y = 138,81 \times 1,04 = 144,36 \text{ мм.}$$

$$B_{\text{лив}} = B \times K_y = 57 \times 1,04 = 59,28 \text{ мм.}$$

Далі необхідно розрахувати розмір форми. Для цього потрібно дізнатися розмір стінок. Гіпс буде поглинати 60 % об'єму рідини, тому $K_{\text{пог}} = 1,6$. Спочатку розраховуємо розмір стінок по висоті:

$$H_{\text{фор}} = H_{\text{лив}} \times K_{\text{пог}} = 144,36 \times 1,6 = 230,98 \text{ мм.}$$

Ширина стінок повинна бути рівна по всій формі, тому ширина стінки рівна:

$$B_{\text{стін}} = H_{\text{фор}} - H_{\text{лив}} = 230,98 - 144,36 = 86,62 \text{ мм.}$$

Тоді значення бокових стінок будуть:

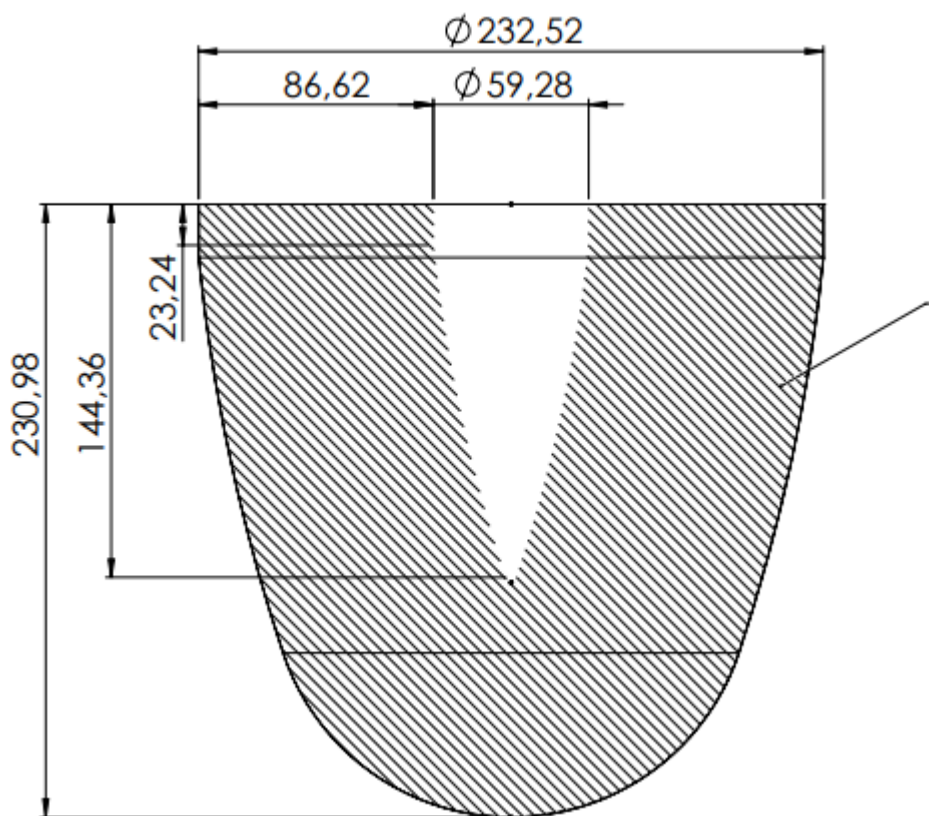
$$B_{\text{фор}} = B_{\text{лив}} + B_{\text{стін}} \times 2 = 59,28 + 173,24 = 232,52 \text{ мм.}$$

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ					
<i>Розроб.</i>	<i>Горбань М.В.</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Солодкий Є.В.</i>								50	4
<i>Н. Контр.</i>	<i>Бірюкович Л.О.</i>							<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Богомол Ю. І.</i>							<i>Гр. ФН-91</i>		

Тоді ширина розібраної деталі рівна:

$$B_{\text{роз}} = B_{\text{фор}} / 2 = 232,52 / 2 = 116,26 \text{ мм.}$$

Спроектована форма зображена на рисунку 3.1.



1 – гіпсова форма

Рисунок 3.1 – Ескіз спроектованої форми

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

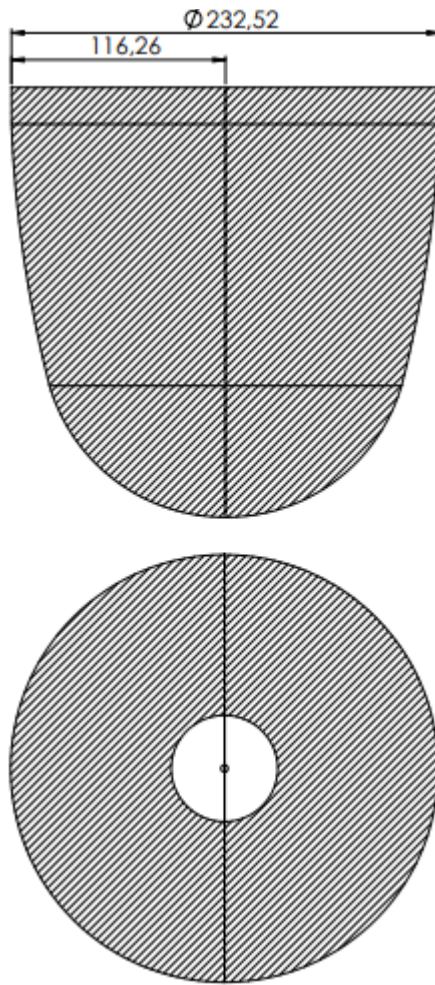


Рисунок 3.2 – Ескіз зібраної форми

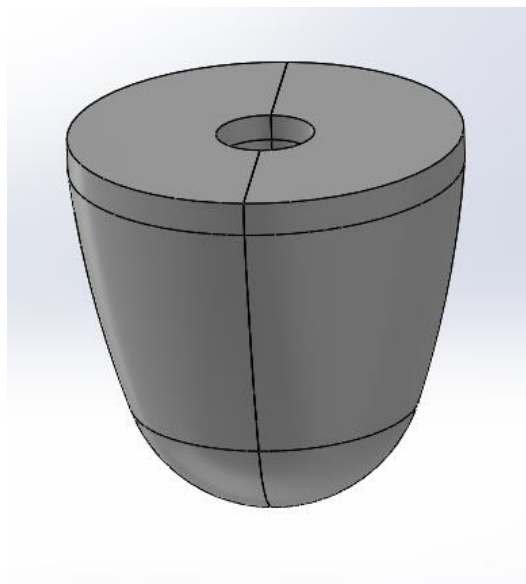


Рисунок 3.3 – 3Д модель зібраної форми

Змі	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ

Арк.

49

Для форми лиття водним шлікером необхідна підставка. Підставка для форми зображена на рисунку 3.4 та 3.5.

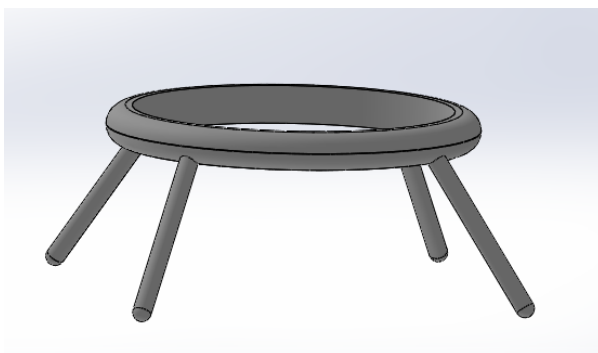


Рисунок 3.4 – Підставка для форми

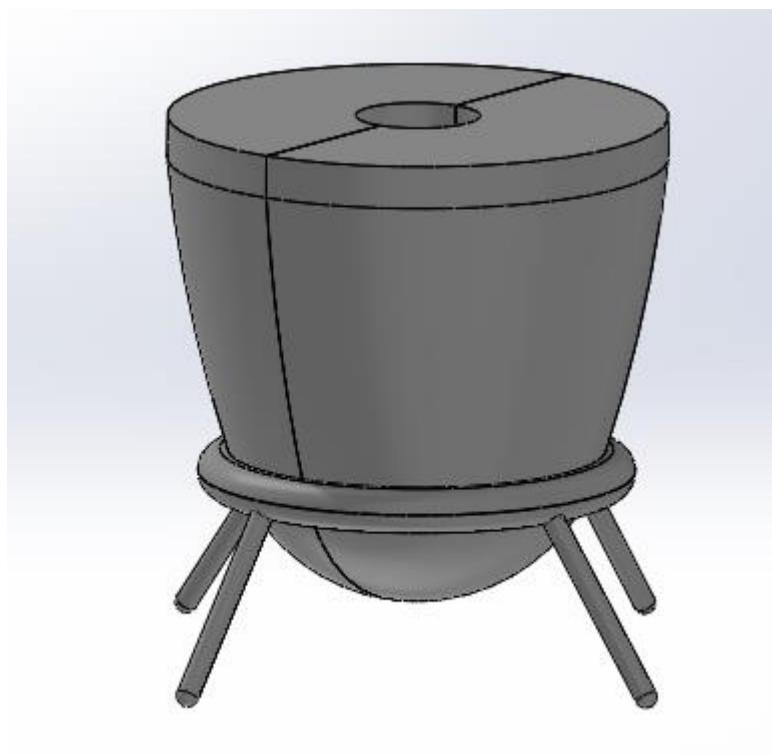


Рисунок 3.5 – Підставка з гіпсовою формою

Змі.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ

Арк.

49

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є надзвичайно важливим етапом при проектуванні виробництва. Охорона праці має велике значення для забезпечення стабільної та безпечної трудової діяльності. Вона представляє собою комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини під час праці.

Умови виробництва повинні гарантувати безпечність працівників та спеціалістів. При проектуванні підприємства повинні враховуватися всі фактори які можуть травмувати робітників розвивати хвороби, або спричиняти смерть.

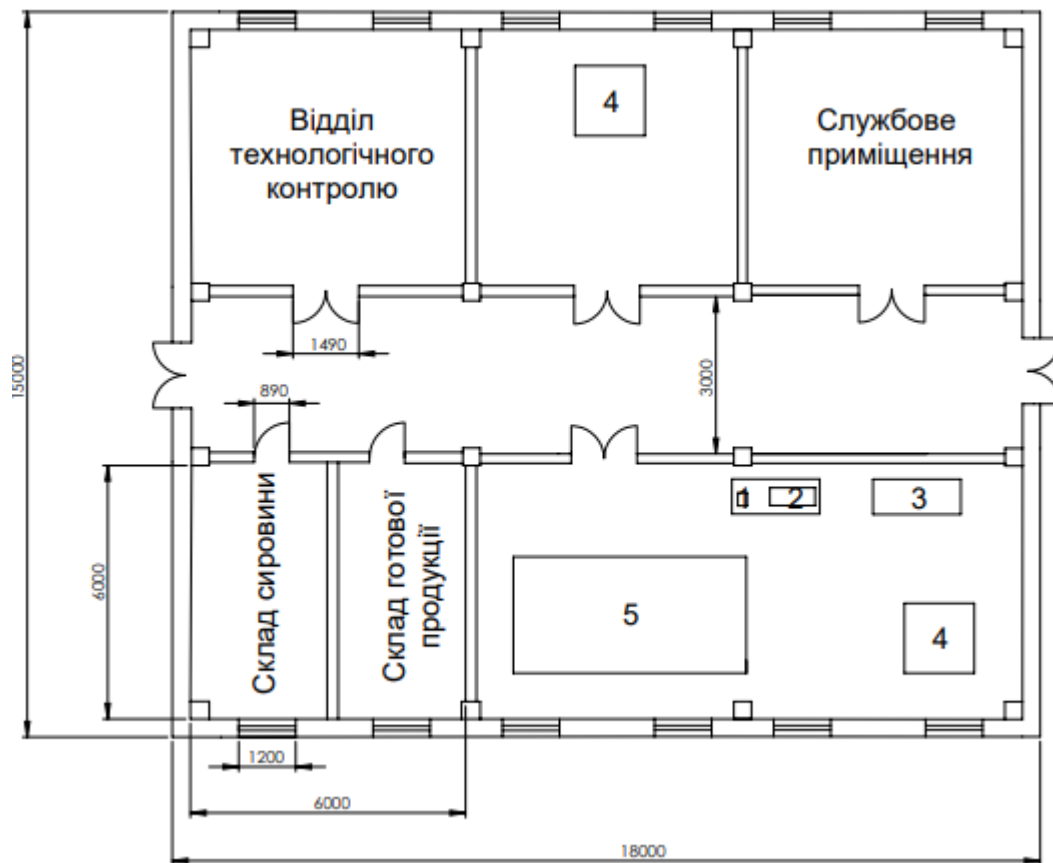
Метою даного розділу є виявлення всіх факторів та ризиків, які виникають під час проектування виробництва обтікачів для літаючих апаратів, та їх мінімізація.

4.1 Характеристика ділянки та умови її експлуатації

Метою даного дипломного проекту розробити виробництво обтікачів для літаючих апаратів, з урахуванням усіх норм та вимог. Роботодавець повинен забезпечувати умови праці та створити на робочому згідно нормативно-правових актів. І безпосередньо роботодавець несе пряму відповідальність за порушення вимог. Тому надзвичайно важливо запроектувати виробництво щоб були підтримані всі норми. Оскільки забезпечення задовільних умов для працівників підтримує високу ефективність роботи робітників.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Горбань М.В</i>			ОХОРОНА ПРАЦІ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Солодкий Є.В.</i>					54	9
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л.О.</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>				<i>Каф. ВТМ та ПМ</i>		
						<i>Гп. ФН-91</i>		

Детальна специфікація технологічного обладнання та характеристики приміщення наведені у таблицях 4.1, 4.2 також план виробничого приміщення наведено на рисунку 4.1.



1 – технічні ваги серії WLC-C/2 “Radwag”; 2 – кульовий млин IBMU-100 -1 HT Machinery; 3 – робочий стіл для гіпсових форм;
 4 – сушильна камера марки Bench oven (SBH-444); 5 – вакуумна піч PJ-S-644

Рисунок 4.1 – План виробничого приміщення

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						55

Таблиця 4.1 – Характеристики виробничого приміщення

Висота, м	3,2
Довжина, м	12
Ширина, м	6
Площа, м ²	72
Об'єм, м ³	230,4

Відповідно до вимог до будівель виробничого приміщення ДБН В.2.2- 28:2010 [13], висота виробничих приміщень має бути не менше 3,2 м, площа 15 м³, об'єм і площа для кожного працівника повинна бути не менше ніж 15 м² та 4,5 м³.

Площа даного приміщення складає:

$$S = 12 \times 6 = 72 \text{ м}^2.$$

Під час роботи в робочій кімнаті працює 3 працівника, отже площа на одного працівника дорівнює:

$$S_{\text{ч}} = 72 / 3 = 24 \text{ м}^2/\text{чол.}$$

$$V_{\text{ч}} = 230 / 3 = 77 \text{ м}^3/\text{чол.}$$

Розрахувавши показники, можна прийти до висновку, що приміщення виробництва відповідає основним вимогам до будівель виробничого призначення ДБН В.2.2-28:2010 [13].

Всі отримані дані були занесені до таблиці 4.2.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Таблиця 4.2 – Порівняння характеристик підприємства та нормативних розміщення технологічного обладнання

№	Характеристики приміщення	Характеристики приміщення	Нормативні значення
1	Площа на одного працівника	24 м ²	4,5 м ²
2	Об'єм на одного працівника	77 м ³	15 м ³
3	Мінімальна ширина проходу	1,5 м	1,5 м

Таблиця 4.3 – Специфікація технологічного обладнання та оснащення вибраного приміщення

№ п.п.	Найменування	Розміри Д/Ш/В	Основні характеристики	Кількість	Позиція на рисунку
1	Технічні ваги	200x280x80 мм.	НГЗ – 2000 г; НмГЗ – 0,5 г; Розмір платформи – 195x195 мм.	1	1
2	Кульовий млин	970x384x360 мм	Об'єм робочої камери – 0,3 м ³ ; Потужність двигуна – 4 кВт.	1	2
3	Сушильна камера	1200x1200x1200 мм	Максимальна робоча температура – 260 °С; Потужність – 48 кВт.	1	4
4	Вакуумна піч	5000x3000x2500 мм	Потужність – 120 кВт; Габарити – 600x400x400 мм; Робоча температура – 2000 °С.	1	5

Виробниче приміщення містить наступне обладнання: технічні ваги серії WLC-C/1 “Radwag” (рис. 4.2); кульовий млин IBMU- 100- 1 НТ Machinery (рис. 4.3); Сушильна камера марки Bench oven (SBH-444) (рис. 4.4); та вакуумна піч PJ-S-644 (рис. 4.5).



Рисунок 4.2 – Технічні ваги серії WLC-C/1 “Radwag”



Рисунок 4.3 – кульовий млин IBMU-100-1 НТ Machinery



Рисунок 4.4 – Сушильна камера марки Bench oven (SBH-444)

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



Рисунок 4.5 – вакуумна піч PJ-S-644.

Під час проектування були визначенні потенційні шкідливі та небезпечних факторів, з них можна виділити такі як: робота в середовищі з високим рівнем шуму, що при довготривалому періоду часу може викликати проблеми зі здоров'ям у працівників; небезпека враженням електричним струмом; також при роботі у середовищі з підвищеною температурою, що негативно впливає на комфорт працівників та створює ризик для проблем зі здоров'ям.

Також після аналізу важкості роботи було визначено, що робота на даній ділянці відноситься до групи «легких» за стандартом ДСН 3.3.6.042-99 [14] – категорії 1б. Ця категорія відзначається присутністю неважких фізичних навантажень, які можуть включати незначні фізичні напруги і виконуватися як у сидячому, так і в стоячому положенні.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Оцінка ключових небезпечних та шкідливих виробничих факторів і розроблення заходів поліпшення (нормалізації) умов праці

4.2.1 Фізичні джерела небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Проаналізувавши робочу кімнату, можна виділити наступні потенційні носії фізичної небезпеки: кульовий млин IBMU-100-1 НТ Machinery для виготовлення шлікеру, та вакуумна піч PJ-S-644 для спікання. Дані занесено до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Фізичні небезпеки

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини	Наслідки небезпеки
1	Кульовий млин	Генератор	Механічний шум від роботи генератора	Робітник
2	Вакуумна піч	Вакуумний насос	Механічний шум від роботи вакуумного насосу	Робітник

Проаналізувавши шум, який виникає у робочій кімнаті, то його можна віднести до категорії постійного шуму, оскільки протягом робочого, його рівень не змінний. Також можна виділити, що обидва джерела шуму є механічними, який виникає при роботі з вакуумною піччю та кульовим млином. При одночасній роботі рівень шуму не перевищує норми, які встановлено Державними санітарними нормами. Нормативами дозволено рівень шуму до 75 дБА. Максимальний шум який буде виникати у робочій кімнаті при роботі кульового млин та вакуумної печі одночасно рівний 60 дБА, що не перевищує встановленої норми [14], дані занесено до таблиці 4.5.

Також потрібно зазначити, що при довготривалому впливі шуму на робітника може викликати ризики захворювання, тому робітникам потрібно носити захисті навушники, наприклад моделі SIGMA (9431201).

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Таблиця 4.5 – Реальні та нормативні значення факторів небезпеки шуму

Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
Шум	60 дБА	75 дБА

4.2.2 Небезпека ураження електричним струмом

Згідно вимогам електробезпеки ДНАОП 0.00-1.21-98 [15] в виробничих приміщеннях проводяться регулярні перевірки. Найбільшу потенційну небезпеку складають такі прилади як: кульовий млин ІВМУ- 100- 1 НТ Machinery, сушильна камера марки Bench oven (SBH-444), вакуумна піч PJ-S-644. Для живлення сушильної камери, кульового млину, і вакуумну піч використовують струм з напругою 220 В.

Для всіх приладів джерелом небезпеки слугує корпус, кожух та дріт, оскільки при пошкодженні ізоляції є ризик ураження струмом.

Таблиця 4.6 – Небезпека ураження електричним струмом

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини	Наслідки небезпеки
1	Кульовий млин	Корпус, дріт	Пошкодження ізоляції, помилкове вимикання, замикання дроту на землю	Робітник. Технологічний процес
2	Сушильна камера	Кожух, корпус, дріт	Пошкодження ізоляції, помилкове вимикання, замикання дроту на землю	Робітник. Технологічний процес
3	Вакуумна піч	Кожух, корпус, дріт	Пошкодження ізоляції, помилкове вимикання, замикання дроту на землю	Робітник. Технологічний процес

Ураження електричним струмом виникає під час контакту людини з елементами під напругою, подібна ситуація може виникнути у разі пошкодження ізоляції, невірному вимкненні приладів.

Для усунення ризику згідно державним вимогам потрібно регулярно проводити перевірки, та персонал повинен знати як правильно виконувати роботу з приладами [14]. Також встановлено захисне заземлення та ізоляцію.

4.2.3 Пожежна безпека

Працівники в обов'язковому порядку повинні пройти ознайомлення з пожежної безпеки на підприємстві.

Основними факторами на виробництві є:

- Загоряння у разі короткого замикання електричного струму;
- Недотримання правил користування електронними приладами .

Також, при проектуванні були вжиті заходи пожежної безпеки. Було встановлено пожежну сигналізацію моделі СПК-А Tiras (14-00015), вогнегасник моделі ВП-6 та пожежний рукав. Згідно вимогам ДБН В.1.1-7-2002 [16], будівля повинна відповідати I ступеню вогнестійкості.

Таблиця 4.7 – Пожежна небезпека

№	Найменування	Джерело небезпеки	Причини	Наслідки небезпеки
1	Кульовий млин	Генератор	Коротке замикання; порушення правил пожежної безпеки;	Робітник, технологічний процес
2	Сушильна камера	Блок живлення, нагрівальні елементи	Коротке замикання; порушення правил пожежної безпеки;	Робітник, технологічний процес
3	Вакуумна піч	Індуктор	Коротке замикання; порушення правил пожежної безпеки;	Робітник, технологічний процес

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Енергетичні витрати

Метою цього розділу є розрахунок енерговитрат робочої ділянки та необхідної кількості електроенергії необхідної для роботи ділянки.

Спочатку був розрахований обсяг витрат електроенергії для обладнання за формулою:

$$\mathcal{E} = M\Phi_0\eta_{зв}K_1K_2. \quad (5.1)$$

Для кульового млина:

$$\mathcal{E}_m = 4 \times 4800 \times 0,006 \times 0,3 = 24,192 \text{ (КВт)}.$$

Для сушильної камери:

$$\mathcal{E}_m = 48 \times 5760 \times 0,085 \times 0,6 = 9870 \text{ (КВт)}.$$

Для вакуумної печі:

$$\mathcal{E}_m = 120 \times 480 \times 0,261 \times 0,6 = 6314,112 \text{ (КВт)}.$$

Отримавши значення для кожного приладу визначаємо суму яка рівна 122459,904 КВт.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Горбань М.В			ОРГАНІЗАЦІЙНО- ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Солодкий Є.В.					63	17
						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ		
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.				Гн. ФН-91		
Затверд.		Богомол Ю. І.						

Далі йде розрахунок витрат енергії на освітлення за формулою:

$$Q = \frac{Sq\tau f}{1000}. \quad (5.2)$$

Розрахунок витрат енергії на освітлення робочої кімнати:

$$Q_p = \frac{72 \times 10 \times 4700 \times 0,8}{1000} = 2707,2 \text{ (КВт)}.$$

Розрахунок витрат енергії на освітлення складу сировини:

$$Q_c = \frac{18 \times 11 \times 4700 \times 0,8}{1000} = 744,48 \text{ (КВт)}.$$

Розрахунок витрат енергії на освітлення складу готової продукції:

$$Q_c = \frac{18 \times 10 \times 4700 \times 0,8}{1000} = 676,8 \text{ (КВт)}.$$

Розрахунок витрат енергії на освітлення ВТК (відділ технологічного контролю):

$$Q_b = \frac{36 \times 10 \times 4700 \times 0,8}{1000} = 1353,6 \text{ (КВт)}.$$

Розрахунок витрат енергії на освітлення службового приміщення:

$$Q_b = \frac{36 \times 10 \times 4700 \times 0,7}{1000} = 1184,4 \text{ (КВт)}.$$

Розрахунок витрат енергії на освітлення відділу сушіння форм:

$$Q_b = \frac{36 \times 10 \times 4700 \times 0,8}{1000} = 1353,6 \text{ (КВт)}.$$

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Витрати електроенергії на роботу технологічного обладнання

Найменування споживача струму	Кількість споживачів	Потужність, кВт	Фонд робочого часу на рік, год	Коефіцієнт завантаженості	Коефіцієнт одночасності	Коефіцієнт використання потужності	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Млин	1	4	4800	0,006	0,3	0,7	24
Камера сушіння	2	48	5760	1	0,6	0,7	9870
Вакуумна піч	1	120	480	0,261	0,6	0,7	6314
Усього витрат, кВт·год							16208,64

Таблиця 5.2 – Витрати електроенергії на освітлення

Найменування споживача	Освітлювальна площа, м ²	Поверхня щільність теплового потоку, Вт/м ²	Кількість годин горіння на рік, год	Коефіцієнт одночасності горіння	Річні витрати електроенергії, кВт·год
Робоча кімната	72	10	4700	0,8	2707,2
Склад сировини	18	11	4700	0,8	744,48
Склад готової продукції	18	10	4700	0,8	676,8
ВТК	36	10	4700	0,8	1353,6
Службове приміщення	36	10	4700	0,7	1184,4
Відділ сушіння форм	36	10	4700	0,8	1353,6
Усього витрат, кВт·год					8020,08

5.2 Організаційні витрати

Організаційні розділ бере за мету розрахунок організації процесу, тобто кількість людей, їх заробітні плати, нарахунки тощо. В цьому розділі буде розраховуватися заробітна плата робітників, керівництва та допоміжного персоналу.

5.1.2 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Відповідно розраховуємо чисельність працівників, зайнятих на нормативних роботах за формулою:

$$\mathcal{C}_{p.n}^{пл} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot m_i}{T_{p.c} \cdot K_{b.n}} \quad (5.3)$$

$$\mathcal{C}_{p.n}^{пл} = \frac{1 \times 86 \times 42}{1672 \times 1} = 2,1 = 2.$$

Далі розраховуємо чисельність основних робітників, зайнятих на ненормованих роботах за формулою:

$$\mathcal{C}_{oc}^{пл} = \frac{m_o \cdot \Pi_{зм} \cdot K_{п}}{H_{об}} \quad (5.4)$$

$$\mathcal{C}_{oc}^{пл} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 1,119}{2} = 3,3 = 3.$$

Дізнавшись кількість робітників потрібно побудувати баланс робочого часу середньооблікового працівника. Результати наведені у таблиці 5.3.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3 – Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	109
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	10
Номінальний фонд робочого часу, днів	246
Невиходи на роботу, днів з них:	26
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

Далі потрібно розрахувати коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову, який рахується за формулою:

$$K_{п} = \frac{100}{(100-k)} \quad (5.5)$$

$$K_{п} = \frac{100}{(100-10,6)} = 1,119.$$

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Далі потрібно розрахувати кількість допоміжних працівників, важливо зазначити, що визначити норму обслуговування та розрахувати трудомісткість робіт неможливо. Визначають кількість робочих місць за формулою:

$$\mathcal{C}_{\text{д}}^{\text{пл}} = \text{P}_{\text{р.м}} \cdot \text{P}_{\text{зм}} \cdot \text{K}_{\text{п}}. \quad (5.6)$$

$$\mathcal{C}_{\text{д}}^{\text{пл}} = 3 \cdot 3 \cdot 1,119 = 10.$$

Результати розрахунків кількості необхідних робітників заносимо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Чисельність основних і допоміжних робітників ділянки

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							
Формувальник	4	1	1	1	3	1,119	4
Спікальний	5	2	-	-	2	1,119	3
Разом		3	1	1	5		7
Допоміжні працівники							
Наладчик	6	1	-	-	3	1,119	2
Черговий слюсар-електрик	5	1	1	1	3	1,119	4
Вантажник	2	1	1	1	3	1,119	4
Разом		3	2	2	7		10
Усього робітників		6	3	3	12		17

5.2.2 Визначення фондів заробітної плати

Для визначення фондів заробітної плати керівничого та обслуговуючого персоналу потрібно дізнатися їх кількість. Дані занесено до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського та обслуговуючого персоналу

Штатна посада	Чисельність, осіб	Місячний посадовий оклад, грн	Річний фонд заробітної плати, грн
Керівники			
Начальник цеху	1	21000	252000
Заступник начальника цеху	1	19000	228000
Начальник дільниці	1	16000	192000
Майстер	1	14000	168000
Разом			840000
Спеціалісти			
Провідний інженер-технолог	1	15000	180000
Інженер-технолог II-ї категорії	1	12000	144000
Диспетчер	1	10000	120000
Разом			444000
Службовці та молодший обслуговуючий персонал (МОП)			
Обліковець	1	9000	108000
Комірник	1	9000	108000
Прибиральниця	1	6600	79200
Разом			295200
Усього по цеху (дільниці)			1579200

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ

Арк.

69

5.2.3 Розрахунок продуктивність праці

Продуктивність праці це показник який відображає ефективність робочі ділянки. Її розраховують за формулою:

$$\Pi = \frac{G}{\Sigma \text{ч}} \quad (5.7)$$

$$\Pi = \frac{1157}{27} = 42,85 \text{ (кг)}.$$

5.3 Економічна ефективність

5.3.1 Розрахунок капітальний вкладень

Капіталовкладення у проєкт будуть складатися з вкладень у основні засоби, та оборотних нормативних засобів.

Розрахунок капіталовкладень в обладнання та наведено у таблиці 5.7.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.7 – Розрахунок капітальних вкладень в обладнання

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспортування та монтаж, тис. грн	Усього, тис. грн
Основне технологічне устаткування					
Змішувач ІВМУ-100-1 НТ Machinery	1	80	80	8	88
Камера сушіння Bench oven (SBH-444)	2	760	1520	152	1672
Піч PJ-S-644	2	3330	6660	666	7326
Гіпсова форма	168	0,44	73	7	81
Разом основне технологічне устаткування					8331
Електро-штаблер ЕШ-188М (Р – 5 м; вантажопідйомність 500 кг)	1	200	800	80	880
Разом допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					2100
Загалом по цеху (виробничій дільниці)					10431

Далі потрібно визначити розмір капіталовкладень у будівництво споруди, для цього використовують площу споруди та усереднені нормативи вартості будівельних конструкцій. Усереднені нормативи вартості зображено у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Усереднені ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт

Елементи будівельно-монтажних робіт	Вартість, грн/м ³
1	2
1. Виробничі будівлі	3500
1.1. Одноповерхові	-
1.2. Багатоповерхові	-
2. Водопостачання виробничих приміщень	-
3. Каналізація виробничих приміщень	35
4. Електропроводка виробничих приміщень	30
5. Вентиляція виробничих приміщень	55
6. Побутові приміщення	80
7. Водопостачання побутових приміщень	4500
8. Каналізація побутових приміщень	45
9. Електропроводка побутових приміщень	110
10. Вентиляція побутових приміщень	60
11. Зовнішній благоустрій	80
12. Невраховані витрати	70

Отже, далі треба розрахувати середній запас поточний за формулою:

$$Z_m = M_d \cdot \frac{T_{\text{пост.}}}{2} \quad (5.8)$$

$$Z_m = 6,28 \cdot \frac{15}{2} = 47 \text{ (тис. грн.)}$$

Далі необхідно розрахувати загальний річний норматив оборотних коштів за формулою:

$$N_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_m \quad (5.9)$$

$$N_{\text{заг}} = 1,5 \cdot 47 = 70,74$$

Після розрахунку сировини і обладнання потрібно розрахувати загальні капіталовкладення в ділянку. Дані занесено до таблиці 5.9.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.9 – Розрахунок загальних капітальних вкладень

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн.	%
1. Будівлі:	-	
1.1. Виробничі	1198	9,029
1.2. Побутові	1576	11,872
2. Устаткування	-	
2.1. Основне технологічне	8331	62,749
2.2. Допоміжне та підйомно-транспортне	2100	15,817
3. Норматив оборотних засобів	70,739	0,533
Всього капіталовкладень у виробничі засоби	13277	100%

5.3.2 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Отже, потрібно визначити собівартість продукції, їх доцільно розрахувати за плановими нормами втрат та фактичними калькуляцією. Для цього потрібно скласти номенклатуру.

Номенклатура буде складатися з наступних пунктів [16]:

- сировина та матеріали;
- паливо та енергія;
- основна заробітна плата технологічних робітників;
- додаткова заробітна плата технологічних робітників;
- єдиний соціальний внесок;
- витрати на утримання та експлуатацію устаткування;
- загальновиробничі витрати;

- загальногосподарські витрати;
- витрати на підготовку та освоєння виробництва;
- позавиробничі витрати.

Отже для єдиного соціального внеску було обрано 22 %.

$$\text{ЄСВ} = (603324 + 482660) \times 0,22 = 238916.$$

Для витрат на утримання та експлуатацію устаткування було обрано 210 %.

$$\text{Утр} = 603324 \times 2,1 = 1266981.$$

Для загальногосподарських витрат було обрано 110 %.

$$\text{Заг. Вир.} = 603324 \times 1,1 = 663656.$$

Для загальногосподарських було обрано 60 %.

$$\text{Заг. Гос.} = 603324 \times 0,6 = 361994.$$

На витрати підготовки та освоєння виробництва було обрано 45 %.

$$\text{Осв.} = 603324 \times 0,45 = 271495.$$

Та на позавиробничі витрати було обрано 9 %.

$$\text{Поз.} = (9410000 + 4026 + 86254 + 603324 + 482660 + 238916 + 1266981 + 663656 + 361994 + 271495) \times 0,09 = 13389306 \times 0,09 = 1205037.$$

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно дані заносимо до таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Планова калькуляція собівартості річного обсягу виробництва продукції

Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Ціна за одиницю, грн	Витрати на річну програму, грн	Примітки
1. Сировина та матеріали					
1.1. BN-SiO2	шт	10 000	941	9 410 000	
1.2. Дистильована вода	кг	347,1	0,186	4026	
2. Паливо та енергія на технологічні цілі (енергоносії)				86254	
3. Основна заробітна плата технологічних робітників				603324	
4. Додаткова заробітна плата технологічний робітників				482660	
5. Єдиний соціальний внесок				238916	
6. Утримання та експлуатація устаткування				1266981	
7. Загальновиробничі витрати				663656	
8. Загальногосподарські витрати				361994	
9. Витрати на підготовку та освоєння виробництва				271496	
Виробнича собівартість річної програми				13389306	
10. Позавиробничі витрати				1205037	
Повна собівартість річної програми				14594343	

5.3.3 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Ефективність є важливим показником, завдяки якому можна оцінити продуктивність виробництва. Спочатку треба визначити трудомісткість за формулою:

$$t = \frac{C_{oc} \cdot \Phi_{ef}^{пл}}{G} \quad (5.10)$$

$$t = \frac{27 \cdot 1672}{1000} = 4,514.$$

Далі розраховуються капіталомісткість проекту за формулою :

$$K_G = \frac{K_{\text{заг}}}{G}. \quad (5.11)$$

$$K_G = \frac{13277111}{10000} = 1328.$$

Найбільшим показником економічної ефективності є період окупності капітальних втрат, який рахується за формулою:

$$П_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{ГП_p} < П_{\text{ок}}^H. \quad (5.12)$$

$$П_{\text{ок}} = \frac{1328}{2720} < 8 = 4,88 < 8.$$

$$ГП_p = 0,82 \cdot (1 - 0,941) \cdot 10\,000 + ((3001 \cdot 0,05) + (10431 \cdot 0,2)) = 2720.$$

Отримавши всі значення потрібно порівняти проект з реальним виробництвом, дані занесено до таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Порівняльні техніко-економічні показники спроектованого об'єкта

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення по варіантам	
		Базовий (підприємство-аналог)	Спроектований
1. Річний плановий обсяг виробництва продукції (G)	т, шт	9 000	10 000
2. Загальна площа цеху (дільниці)	м ²	330	324
3. Виробнича площа дільниці	м ²	80	75
4. Капіталомісткість продукції (K_G)	$\frac{\text{грн}}{\text{т}}$ ($\frac{\text{грн}}{\text{шт}}$)	1340	1328

Продовження таблиці 5.11

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення по варіантам	
		Базовий (підприємство-аналог)	Спроектований
5. Загальна чисельність у тому числі: основний (технологічний) персонал; допоміжний (технологічний) персонал; управлінський та обслуговуючий персонал	осіб	27	27
6. Загальний річний фонд заробітної плати	грн	1100000	1085984
7. Середньомісячна заробітна плата одного працівника	грн	6688,00	6688,00
8. Річний виробіток на одного працівника (продуктивність праці)	$\frac{т}{особу} \left(\frac{шт}{особу} \right)$	40	42,852
9. Технологічна трудомісткість продукції (t)	$\frac{нормо - годин}{т (шт)}$	4	4,514
10. Цехова собівартість одиниці продукції	$\frac{грн}{т (шт)}$	1000	941
11. Період окупності (P _{ок})	років	5	4,88

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті було проведено аналіз актуальності виробництва обтікачів та розроблено ділянку по виготовленню обтікачів для літаючих апаратів. Продуктивність виробництва повинна становити 10000 штук на рік.

З урахуванням технічних вимог до обтічників літальних апаратів було розглянуто кілька керамічних матеріалів. Показано, що композиційна кераміка BN-SiO_2 повністю задовольняє поставлені вимоги. Дана кераміка не втрачає свої механічні властивості аж до 1500 °C градусів, при цьому зберігаючи необхідну радіопрозорність.

Зважаючи на складну форму та значні габарити обтічника запропоновано технологію лиття водним шлікером та наступне вакуумне спікання.

Проаналізовано потенційні носії небезпеки у розділі охорони праці. Було виявлено 3 основних носії небезпеки - фізичні джерела небезпечних і шкідливих виробничих факторів, ураження електричним струмом, пожежна безпека. Було розроблено заходи безпеки персоналу та виробництва: робочим необхідно носити захисні навушники, всі потенційні джерела ураження струму помічені попереджувальними знаками, ділянка повинна проходити регулярні перевірки пожежної безпеки та цілісність електричних приладів, а персонал повинен обов'язково пройти інструктаж пожежної безпеки та правил поведінки з електричними приборами.

Термін окупності проєкту складає 4,85 роки.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Горбань М.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Солодкий Є.В.</i>				79	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л.О.</i>			ВИСНОВКИ		
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>			КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91		

CONCLUSIONS

In this thesis project, we analyzed the relevance of the production of fairings and developed a site for the production of fairings for aircraft. The production capacity should be 10,000 pieces per year.

Several ceramic materials have been considered, taking into account the technical requirements for aircraft fairings. It is shown that the BN-SiO₂ composite ceramic fully meets the requirements. This ceramic does not lose its mechanical properties up to 1500 °C degrees, while maintaining the required radio permeability.

Given the complex shape and large dimensions of the fairing, we propose the technology of water-slurry casting and subsequent vacuum sintering.

Potential hazards were analyzed in the occupational health and safety section. Three main hazards were identified: physical sources of dangerous and harmful production factors, electric shock, and fire safety. Safety measures for personnel and production were developed: workers need to wear protective headphones, all potential sources of electric shock are marked with warning signs, the site must undergo regular fire safety inspections and the integrity of electrical appliances, and personnel must be trained in fire safety and the rules of conduct with electrical appliances.

The payback period of the project is 4.85 years.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Горбань М.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Солодкий Є.В.</i>			80	1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л.О.</i>			CONCLUSIONS		
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>			КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Радиопрозрачные обтекатели летательных аппаратов. Проектирование, конструкционные материалы, технология производства, испытания : учеб. пособие / А. Г. Ромашин, В. Е. Гайдачук, Я. С. Карпов, М. Ю. Русин. – Харьков : Нац. Аэрокосм. Ун-т «Харьк. Авиаци. ин-т», 2003. – 239 с.
2. Varios types of ceramics used in radome [Electronic resource] / M. Saeedi Heydari, J Ghezavati, M Abbasgholipour, B. Mohammadi Alasti // Scientia Iranica : Sharif Univesity of Technplogy. – Volume 24. – Issue 3. – June 2017. – Pages 1136-1147. – Mode of access : https://scientiairanica.sharif.edu/article_4095_858927e7b92549901dceabfb656b5389.pdf. – Title from the screen. – Date of review 18.06.2023.
3. Перспективные радиопрозрачные керамические материалы для ракетной и космической техники / Г. В. Лисачук, Р. В. Кривобок, А. В. Захаров [и др]. – Харьков : Харьковский политехнический институт, 2014. – 77 с.
4. Білогубкіна К. В. радіопрозорі керамічні матеріали для авіаційної техніки на основі композицій системи BaO–ZnO–Al₂O₃–SiO₂ / К. В. Білогубкіна, О. Ю. Федоренко, Р. В. Кривобок. – Харків : НТУ «Харківський політехнічний інститут», 2019. – 4 с.
5. Design and performance of airborne radomes / G. A. E. Crone, B. A.W. Rudge, G. N. Taylor, [and others] // Royal Signals & Radar Establishment. – 1981. – № 128 (7). – P. 451–464.
6. Kishore Kumar Kandi Development of Silicon Nitride-Based Ceramic Radome / Kishore Kumar Kandi, Nagaveni Thallapalli, and Surya Prakash Rao Chilakalapalli. – Telangana, Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, 2014. – 12 p.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ		
<i>Розроб.</i>		<i>Горбань М.В</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Солодкий Є.В.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бірюкович Л.О.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Богомол Ю. І.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
					81	3	
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ Гр. ФН-91</i>		

7. Abanti Nag High temperature ceramic radomes (HTCR)/ Nag Abanti, R. Ramachandra Rao, P. K. Panda // Ceramics International. – 2021. – № 47 (15). – P. 20793 – 20806.

8. Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Methods for chemical analysis of boron nitride powders [Text] / ISO 17942:2014 [Publication date 2.08.14]. – P. 60.

9. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів виробів, конструкцій і робіт [Текст] / ДСТУ Б В.2 7-32-95 [Дійсний від 31.10.1995]. – Київ. – 13 с.

10. В'язучі гіпсові матеріали [Текст] / ДСТУ Б В.2.7-82:2010 [Дійсний від 18.08.2010]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 29 с.

11. Дистильована вода [Текст] / ДСТУ ISO 3696:2003 [Дійсний від 01.07.2004]. – Харків : Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського Української Академії аграрних наук, 2003. – 5 с.

12. Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Methods of tests for reinforcements — Determination of the tensile properties of resin-impregnated yarns [Text] : Publication date : 2022-08. – P. 17. – Mode of access : <https://www.iso.org/standard/77630.html>. – Title from the screen. – Date of review 20.05.2023.

13. Будинки адміністративного та побутового призначення [Текст] / ДБН В.2.2- 28:2010. – [Чинний від 2011-10-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 52 с.

14. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст] / ДСН 3.3.6.037-99. – [Чинний від 1999-12-01]. – К. : Міністерство охорони здоров'я

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ					
Розроб.		Горбань М.В						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Солодкий Є.В.							82	3
Н. Контр.		Бірюкович Л.О.						КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВТМ та ПМ		
Затверд.		Богомол Ю. І.						Гр. ФН-91		

15. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : ДНАОП 0.00-1.21-98. – [Введений з 09.01.1998]. – Київ : 1998. – 394 с.

16. Охорона праці та цивільний захист [Текст]: навч. посіб. / О.Г. Левченко, О.І. Полукаров, В.В. Зацарний [та ін.] ; [за ред. О.Г. Левченка]. – Київ : Основа, 2019. – 472 с.

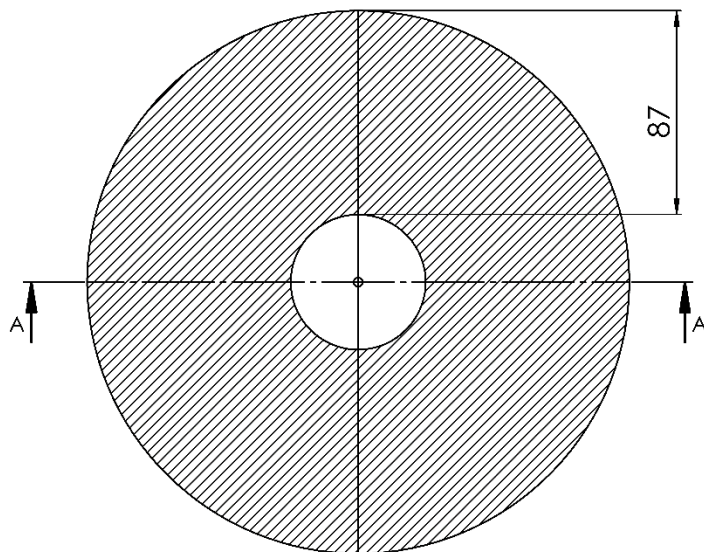
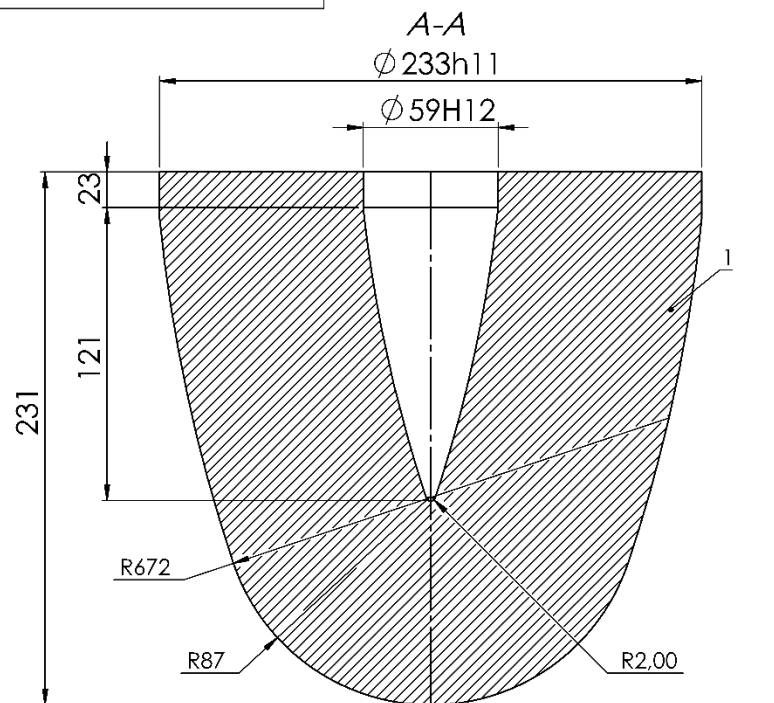
17. Степанчук А. М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів [Текст] : навч. посібник / А. М. Степанчук. – Київ : Центр учбової літератури, 2016. – 336 с.

18. Степанчук А. М. Обладнання виробництв порошкових та композиційних матеріалів. Каталог обладнання [Текст] : метод. вказівки до практичних занять та виконання курсових і дипломних проєктів для студентів спеціальності "Композиційні та порошкові матеріали, покриття" / А. М. Степанчук, М. О. Сисоєв. – Київ : НТУУ"КПІ", 2009. – 99 с.

19. Степанчук А. Н. Технология порошковой металлургии [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Степанчук, И. И. Билык, П. А. Бойко. – Киев : Вища школа, 1989. – 415 с.

					ФН91.9104.4203.0009.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

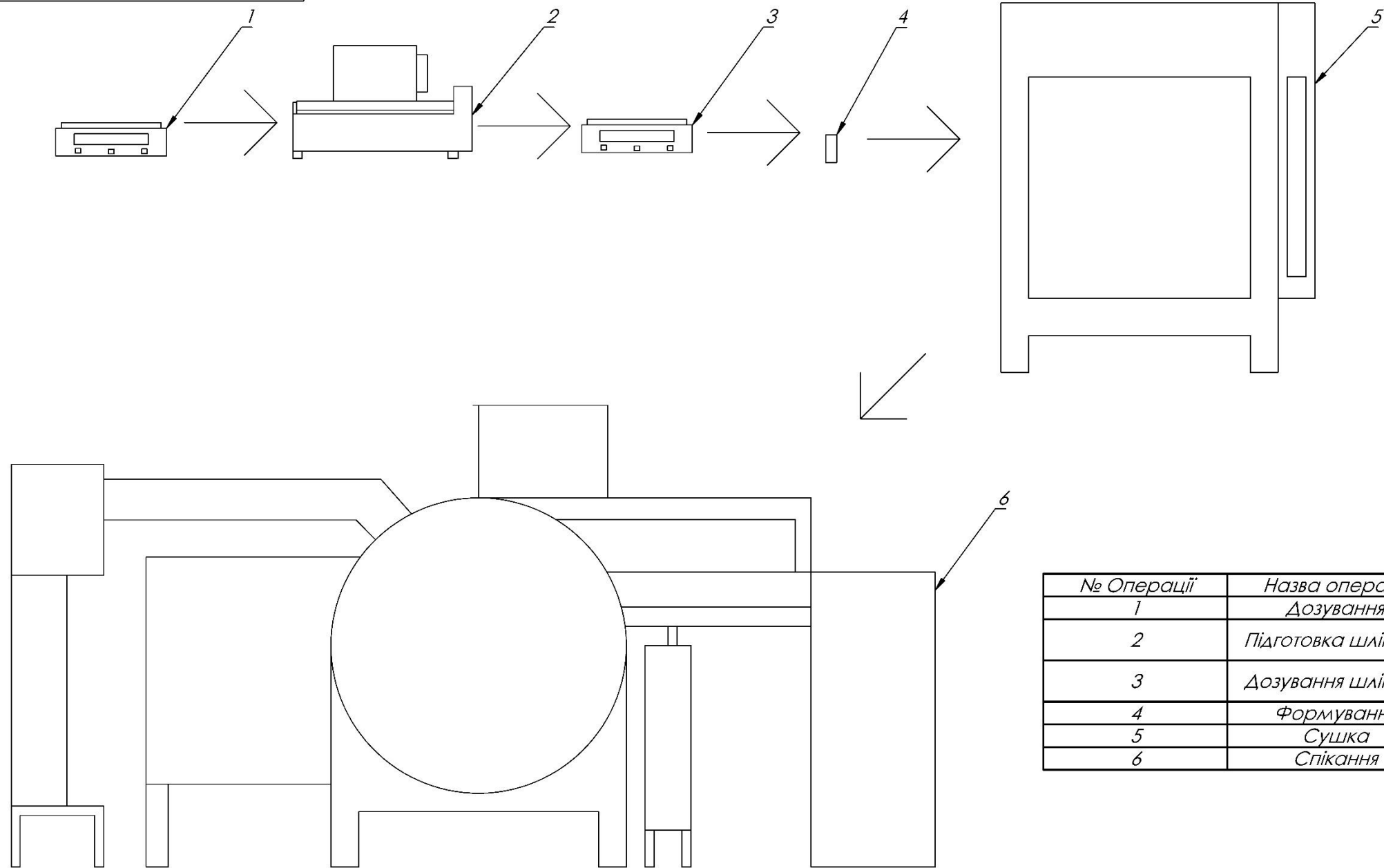
ФН9104.4203.0009.03СА



№ Деталі	Назва деталі	Кількість
1	Гіпсова форма	1

ФН9104.4203.0009.03СА				Літера	Маса	Масштаб
Зм. Аркуш	№ док.	Підпис	Дата	1		1:2
Розробив	Горбань М. В.					
Перевірив	Солодкий Є. В.			Аркуш 1	Аркуші 1	
Т. контр.						
Н. контр.	Брюкович Л. О.					
Затвердив	Богомолю Ю. І.					

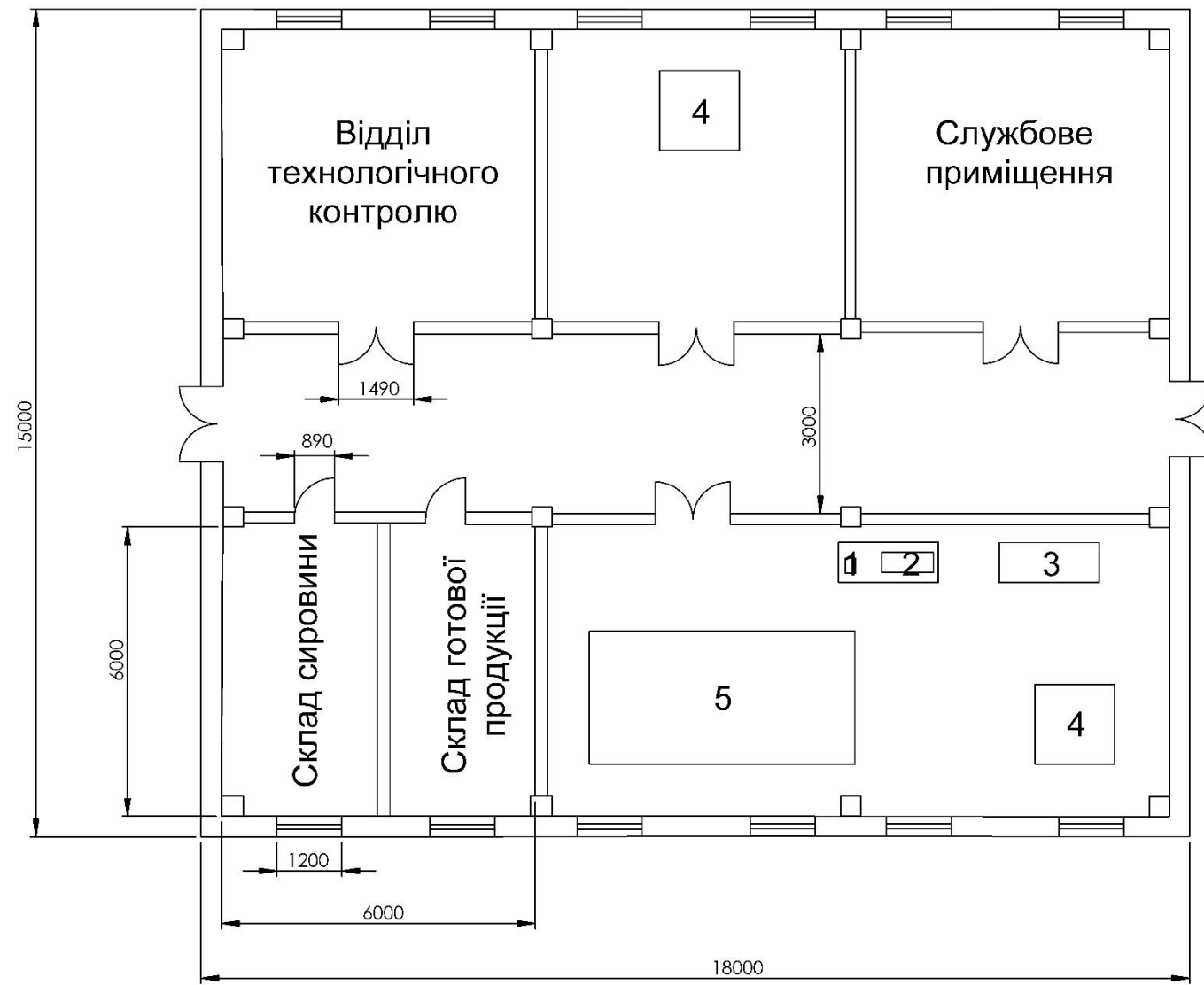
ФН9104.4203.0009.02АС



№ Операції	Назва операції
1	Дозування
2	Підготовка шлікеру
3	Дозування шлікеру
4	Формування
5	Сушка
6	Спікання

				ФН9104.4203.0009.02АС		
				Апаратурно-технічна схема		
				Літера	Маса	Масштаб
						1:1
				Аркуш 1	Аркушів 1	
Зм. Аркуш	№ док.	Підпис	Дата			
Розробив	Горбань М. В.					
Перевірив	Солодкий Є. В.					
Т. контр.						
Н. контр.	Бірюкович Л. О					
Затвердив	Богомол Ю. І.					

ФН9104.4203.0009.04ПД



№ Обладнання	Назва обладнання
1	Технічні ваги
2	Кульовий млин
3	Робочий стіл для формування
4	Сушильна шафа
5	Вакуумна піч

ФН9104.4203.0009.04ПД					Літера	Маса	Масштаб
План діляниці							1:75
					Аркуш 1	Аркуші 2	
Зм. Аркуш	№ док.	Підпис	Дата				
Розробив	Горбань М. В.						
Переїрив	Солодкий Є. В.						
Т. контр.							
Н. контр.	Бірюкович Л. О.						
Затвердив	Богомол Ю. І.						