

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та
косметичних засобів**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту ННІХТ
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри ТЖХТ
Тамара НОСЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2022 р.

«__» червня 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Хімічна технологія

на тему : Удосконалення технології виробництва титан (IV) оксиду (E171)

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХТ-4-4

БІЛАН Анна Григорівна
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я по батькові повністю) (підпис)

Керівник БОЙЧУК Тетяна Михайлівна
(ПРІЗВИЩЕ, ім'я по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент Ігор БИЧКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Я як здобувачка Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавала і не отримувала недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувачка _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Білан Анна Григорівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва титан (IV) оксиду (E171)

керівник роботи Бойчук Тетяна Михайлівна, к.х.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від «31» березня 2022 року № 168 - КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи продуктивність 100 кг/добу харчової добавки E171 та 100 кг/добу титанових злитків

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, технологічна частина, техніко-економічне обґрунтування, організація контролю якості продукції, екологічна безпека, охорона праці, висновки, список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	05. 05.2022	31.05.2022

7. Дата видачі завдання _____ 31.03.2022 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	01.05.2022	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02.05.2022-04. 05.2022	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	05. 05.2022-10. 05.2022	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	11. 05.2022-15. 05.2022	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	16. 05.2022-18. 05.2022	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19.05.2022-24.05.2022	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	25.05.2022-29.05.2022	
8	ВИСНОВКИ	30.05.2022-31. 05.2022	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02. 05.2022-30. 05.2022	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	03. 05.2022-15. 05.2022	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	10. 05.2022-20. 05.2022	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	01.06.2022-05.06.2022	

Здобувач

_____ (підпис)

Анна БІЛАН

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тетяна БОЙЧУК

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 89 С., 9 РИС., 23 ТАБЛ., 45 ДЖЕРЕЛА.

Темою даної кваліфікаційної роботи є удосконалення технології виробництва титан (IV) оксиду (E171).

Дипломна робота складається з вступу, шести розділів і висновків. Проаналізувавши науково-технічну літературу обрали найоптимальніший спосіб отримання харчової добавки E-171 та шлях її удосконалення.

В процесі виконання роботи було розроблено принципово-технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва.

Був проведений розрахунок матеріального балансу до кожної стадії виробництва, тепловий баланс, а також розрахунок реактора з турбінною мішалкою закритого типу. Виконаний підбір основного обладнання відповідно до потужності виробництва.

Проаналізовано заходи безпечної роботи під час виробництва даної добавки, а також екологічні фактори, які негативно впливають на навколишнє середовище та шляхи їх вирішення.

Проведено техніко-економічний розрахунок виробництва титан (IV) оксиду: рентабельність підприємства становить 33%, повернення капіталовкладень – 2,94 роки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДІОКСИД ТИТАНУ, E-171, БІЛИЙ ПІГМЕНТ, ХАРЧОВА ДОБАВКА, ТИТАНОВА ГУБКА, УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ДІОКСИД ТИТАНУ.

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 89 P., 9 PIC., 23 TABLES, 45 SOURCES.

The topic of this qualification work is the manufacturing technology improvement of titanium (IV) oxide (E171).

Thesis consists of an introduction, six chapters and conclusions. After analyzing the scientific and technical literature, they chose the best way to obtain food additive E-171 and the way to improve it.

In the course of the work the principle-technological and hardware-technological schemes of production were developed.

The calculation of the material balance for each stage of production, heat balance, as well as the calculation of the main apparatus. Selection of the main equipment according to production capacity is executed.

The measures of safe work during the production of this additive are analyzed, as well as environmental factors that negatively affect the environment and ways to solve them.

Technical and economic calculation of titanium (IV) oxide production was carried out: the company's profitability is 33%, return on investment - 2.94 years.

KEY WORDS: TITANIUM DIOXIDE, E-171, WHITE PIGMENT, FOOD ADDITIVE, TITANIUM SPONGE, IMPROVEMENT OF TITANIUM DIOXIDE PRODUCTION.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ... 10	
1.1 Загальні відомості про титанові білила.....	10
1.2 Фізико-хімічні властивості діоксиду титану	10
1.3 Галузі застосування TiO_2	13
1.4 Способи виробництва титан (IV) оксиду.....	14
1.5 Удосконалення технології виробництва титан (IV) оксиду.....	25
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	27
2.1 Характеристика вихідної сировини.....	27
2.2 Опис принципово-технологічної схеми	33
2.3 Розрахунок матеріального балансу основних стадій.....	39
2.4 Підбір основного обладнання	48
2.5 Розрахунок реактора з турбінною мішалкою	56
2.6 Опис апаратурно-технологічної схеми	61
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	64
РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	70
РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	77
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	80
6.1 небезпечні та шкідливі фактори при виробництві губчастого титану.....	80
6.2 Виробниче освітлення.....	81
6.3 Заходи з електронезбезпеки.....	82
6.4 Характеристика шкідливих речовин на підприємстві.....	82

					<i>ННІХТ. ХТ-4-4.022.161.006.КР.ПЗ</i>													
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата														
<i>Розроб.</i>		<i>Білан А.Г.</i>			ЗМІСТ													
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>											Літ.	Арк.	Аркушів			
<i>Консульт.</i>													у	6	89			
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>											<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>																

ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	85

					ЗМІСТ	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Завдяки широкому спектру застосування харчових добавок, як в продуктах харчування, косметичці, фармацевтичних препаратах та багатьох інших продуктах споживання, життя сучасної людини важко уявити без використання харчових добавок. Однією з таких добавок є мінеральний білий пігмент діоксиду титану. Найбільшими його споживачами є лакофарбова, металургійна, паперова, фармацевтична, харчова, косметична та інші галузі промисловості, де TiO_2 використовується в якості наповнювача. Діоксид титану також використовується як наповнювач для виготовлення різних пластичних мас і виробів та у виробництві високоякісного паперу.

Дана тема актуальна в наш час оскільки кожного дня попит світового ринку на діоксид титану постійно зростає, зокрема для України оскільки в нас є два діючих підприємства з виробництва діоксиду титану – «Титаномагнієвий комбінат» місто Запоріжжя та «Сумихімпром» місто Суми.

Титан завдяки гарному поєднанню механічних і технологічних властивостей та високої корозійної стійкості знаходить широке застосування в найрізноманітніших галузях промисловості: авіакосмічній, хімічній та нафтяному машинобудуванні, в кольоровій металургії, харчовій промисловості та в інших галузях.

Одна з причин широкого застосування сплаву Ti полягає в тому, що він має гарне поєднання міцності та пластичності у найрізноманітніших умовах, має помірне дисперсійне твердіння, порівняно добре зварюється і формується в листи.

Мета роботи: на основі проаналізованої літератури запропонувати удосконалення технології виробництва діоксиду титана.

					<i>ННХТ. ХТ-4-4.022.161.008.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.	Білан А.Г.				ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Бойчук Т.М.					у	8	89
Консульт.								
Н. Контр.	Подобій О.В.							
Затверд.	Носенко Т.Т.					<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		

Завдання роботи:

1. Підібрати та проаналізувати літературні джерела щодо промислового виробництва діоксиду титана.
2. Аналіз можливих методів отримання діоксиду титану та вибір найбільш доцільного способу його отримання, за даною технологією скласти принципово-технологічну схему.
3. Удосконалення технології виробництва харчової добавки діоксид титану.
4. У відповідності до принципово-технологічної схеми розрахувати матеріальний баланс до кожної стадії з заданою продуктивністю.
5. Розрахувати техніко-економічні показники, такі як: рентабельність підприємства, собівартість продукції, період повернення капіталовкладень.
6. Підібрати відповідне обладнання та розробити апаратурно-технологічну схему виробництва.
7. Визначити небезпечні фактори на виробництві для персоналу, шкоду для навколишнього середовища та запропонувати заходи їх усунення.

Об'єкт дослідження: технологія виробництва TiO_2 .

Предмет дослідження: діоксид титану.

Апробація результатів представлена на 88 Міжнародній науковій конференції молодих учених, студентів та аспірантів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у 21 столітті».

- 1) Білан А. Г., Бойчук Т. М. Харчова добавка E171 – сфери застосування та ринок збуту. В книзі 88 Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у 21 столітті», – квітень – травень 2022 р. – К.: НУХТ, 2022 р. – Ч. 2. С. 187.
- 2) Bilan A. H., Sabadash N.I. Titanium dioxide in sunscreen. 88 International scientific conference of young scientist and students «Young scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution», April – May, 2022. Kyiv: NUFT, 2022. – Part 2. P. 177.

					ВСТУП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальні відомості про титанові білила

У 1789 році Макгрегор відкрив з'єднання раніше невідомого елемента, яке німецький хімік Мартин Генрих Клапрот в 1795 році назвав титаном. Незважаючи на численні родовища титанової руди, титан і його сполуки століттями не знаходили промислового використання. І тільки через більше ніж століття, в 1908 році, Норвегія розробила перший метод для промислового використання. Титан і кисень утворюють різні оксиди: TiO , Ti_2O_3 , TiO_2 , Ti_3O_4 , Ti_3O_5 , TiO_3 . Діоксид титану (TiO_2), також відомий як титановий відбілювач, використовується як білий мінеральний пігмент. Перший завод з виробництва двоокису титану був побудований в Норвегії в 1916 році з річною потужністю 1000 тонн. У 1940 році світовий випуск двоокису титану форми анатазу не перевищував 100 тис тонн. У 40-х роках було розроблено спосіб отримання діоксиду титану рутильної структури, який відрізняється від анатазної форми більш високою здатністю до розбілювання та низькою фотохімічною активністю. З цього моменту починається бурхливий розвиток виробництва титанових білил, який продовжується і до сьогоднішнього дня [1].

1.2 Фізико-хімічні властивості діоксиду титану

Фізичні властивості

Температура плавлення - $1870^{\circ}C$ (для рутильної форми), температура кипіння - $2500^{\circ}C$ (для рутильної форми). Чистий діоксид титану – це порошок, який змінює свій колір в залежності від температури, на холоді – білий, а в нагрітому стані – жовтуватий.

Густина при $20^{\circ}C$: для рутила $4,235 \text{ г/см}^3$, для анатазу $4,05 \text{ г/см}^3$, для брукіту $4,1 \text{ г/см}^3$. Температура розкладання для рутила $2900^{\circ}C$.

					<i>ННІХТ. ХТ-4-4.022.161.010.КР.ПЗ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						
Розроб.		Білан А.Г.			АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ					
Перевір.		Бойчук Т.М.						Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.								у	10	89
Н. Контр.		Подобій О.В.						НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.								

Температури плавлення, кипіння та розкладання інших модифікацій не вказуються, оскільки при нагріванні вони переходять у рутильну форму.

Діоксид титану не розчинний у воді, нерозчинний у лужному розчинні, стійкий до дії SO_2 та H_2S , органічних кислот та більшості неорганічних кислот. Внаслідок взаємодії з концентрованою сірчаною кислотою та плавиковою кислотою двоокис титану утворює сульфат і фторид титану. Розчинність двоокису титану в сірчаній та плавиковій кислотах зменшується із підвищенням температури прожарювання [2].

Діоксид титану при сплавленні з оксидами та карбонатами одно- та двовалентних металів утворюються титанати складу $\text{Me}_2\text{O-TiO}_2$, MeO-TiO_2 та 2MeO-TiO_2 . Діоксид титану розчинний у розплавленому фосфаті та кремнеземі. TiO_2 буде відновлюватися тільки під дією сильних відновників, таких як: H_2 , C при температурах вище 1000°C [1].

Алотропні модифікації TiO_2

Діоксид титану є поліморфною сполукою: він зустрічається в природі у трьох кристалічних структурах: брукіт, анатаз та рутил. Природні форми – рутил, анатаз, брукіт.

Рутил в своєму складі містить домішки заліза, олова, ніобію та танталу. Колір: чорний, бурий, червоний, золотисто-жовтий і жовто-бурий. Блиск від металевого до діамантового. Діелектрична проникність 114 – одне з найвищих значень у природі.

Анатаз він зустрічається рідше за інші модифікації TiO_2 , містить домішки: заліза, іноді олова, ніобію. Колір: коричневий, жовтувато або червонувато-коричневий, синій, чорний; зеленуватий, сірий, рідко майже безбарвний. Температура переходу в рутил $400-1000^\circ\text{C}$. Діелектрична проникність 48.

Брукіт Хімічний склад - вміст (у%): TiO_2 - 94,09 - 98,77; Fe_2O_3 - до 4,5; Nb_2O_5 та Ta_2O_5 - до 9,6. Колір: жовтуватий, червоний, червонувато-бурий до залізно-чорного. Температура переходу в рутил близько 750°C [4, 5].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

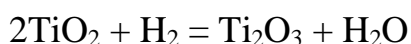
Раніше в якості пігменту застосовувався двоокис титану лише структури анатазу. В даний час завдяки різноманітним дослідженням з покращення білизни та пігментних властивостей найбільш широкого застосування набув двоокис титану структури рутила. Насипна щільність двоокису титану залежить від дисперсності та досягає 2000 кг/м³ для грубодисперсних марок.

Форма частинок двоокису титану близька до круглої, відхилення значно менше, ніж в інших пігментах. Середній розмір частинок анатазу близько 0,4 мкм, рутила 0,3 мкм [2].

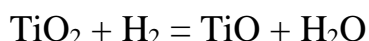
Хімічні властивості

Діоксид титану – це амфотерний оксид, тобто проявляє як кислотні, так і основні властивості. Цю речовину можна вважати відносно інертною в зв'язку з тим що діоксид титану є нерозчинним у воді та багатьох інших розчинниках.

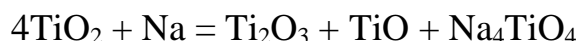
Під дією водню та металів діоксид титану здатний відновлюватися, в залежності від умов проведення реакції відновлення відбувається до двох- та трьох- валентного титана. При пропусканні повільного струму водню над розжареним діоксидом титана при температурі 750-1000° С утворюється:



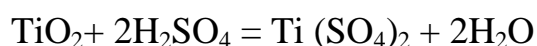
А при дії водню на діоксид титану під тиском 130-150 атм, який нагрітий до 2000° С, відновлення відбувається до монооксиду титана.



При відновленні діоксиду титана парами натрію утворюється суміш оксидів титана та титанату натрію [5].



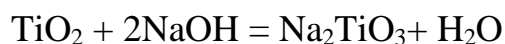
Повільно реагує з концентрованою сірчаною кислотою, розчиняючись у ній з утворенням відповідного сульфату:



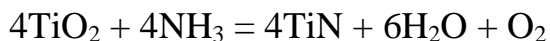
Також діоксид титану поступово розчиняється в концентрованих розчинах лугів, наприклад, гідроксиді натрію, утворюючи титанати

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

(похідні титанової кислоти):



При нагріванні діоксиду титану в атмосфері аміаку утворюється нітрид титану:



1.3 Галузі застосування TiO_2

Діоксид титану досить популярний у таких галузях: харчова промисловість (як добавка Е 171), косметична промисловість, виробництво фарб, пластмас і паперу.

Добавка Е-171 використовується у виробництві рибних консервів, хлібобулочних, кондитерських виробів. Жувальна гумка, сир, карамель, морозиво, сухе молоко, сухі сніданки — все це продукти, в яких використовується діоксид титану. Як відбілювач Е-171 використовується при виготовленні деяких видів швидких сніданків і сухого молока. Ця добавка також присутня в крабових паличках де надає їм білого кольору. Харчова добавка також використовується для відбілювання борошна. Додайте в тісто потрібну кількість барвника разом з борошном і ретельно перемішайте тісто, щоб максимально розподілити. Дозування становить: 100-200 г на 100 кг борошна [3, 9].

Діоксид титану застосовують і в м'ясній промисловості, оскільки ця хімічна сполука має відмінну диспергованість. Крім того, Е-171 може відбілити м'ясні соуси, сало та інші делікатеси. Ця добавка також використовується у виробництві овочевих консервів для освітлення меленого хрону.

В Україні згідно з СанПін добавка Е 171 дозволена до використання. Проте на даний момент відбуваються суперечки між різними вченими на рахунок безпечності діоксиду титану, за проведеними експериментами було доведено, що дана речовина має накопичувальний ефект в організмі людини, в результаті цього може викликати деякі захворювання.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Проте ця інформація підтверджується тільки дослідями на гризунах. Через негативний вплив дану добавку заборонили до використання в Франції в 2020 році.

ЕС заборонив використання харчової добавки з 2022 року. В косметичній промисловості найчастіше застосовують діоксид титану через його здатність відбивати УФ-промені, виступає як фізичний УФ-фільтр. Мікрогенізований діоксид титану разом з оксидом цинку вводять до складу сонцезахисних засобів. Перевагою таких косметичних засобів з вмістом діоксиду титану є те що він не поглинає сонячні промені, а відбиває їх. Перламутровий пігмент, який зроблений на основі діоксиду титану присутній в таких косметичних засобах: пудра, губна помада, тіні, а також в антиперспірантах. На етикетках дана речовина позначається, як титанові білила, діоксид титану, titanium dioxide.

В фармацевтичній галузі харчова добавка E-171 застосовується при виробництві капсул і таблеток з метою надати пігулкам білий колір, продовжити їх термін зберігання, тобто використовується в якості наповнювача та барвника [5].

1.4 Способи виробництва титан (IV) оксиду

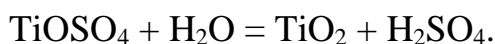
Сульфатний спосіб

Сульфатний спосіб виробництва білого пігменту був запроваджений у 1931 р. для виробництва анатазної форми діоксиду титану, пізніше, в 1941 р. – для рутильної форми. Даний спосіб заснований на обробці титанових концентратів і титанових шлаків сірчаною кислотою для отримання розчину титанілсульфата (TiOSO_4). Після цього танілсульфат піддають гідролізу в результаті чого утворюється гідроксид титана $\text{TiO}(\text{OH})_2 + n\text{H}_2\text{O}$ він підлягає подальшого проколювання осаду, який утворився для отримання порошку діоксида титана у формі анатаза або рутила [6].

Основні реакції отримання діоксида титана сірчаним способом з ільменіту:



					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

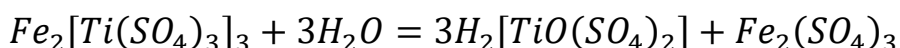
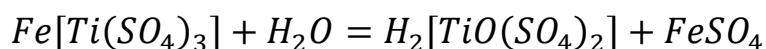


Цей метод є доволі складним та складається з таких стадій:

1) розклад концентрату сірчаною кислотою.

Розклад концентрату проводять за допомогою концентрованої сульфатної кислоти (92-94%) або олеума (розчин SO_3 у безводній H_2SO_4) в реакторах періодичної дії.

Дані реакції є екзотермічними тому після нагрівання сульфатної кислоти з подрібненим концентратом до $125-135^\circ\text{C}$ реакція проходить інтенсивно з саморозігрівом до $180-200^\circ\text{C}$ і закінчується через 5-10 хв. Спостерігається вспінювання, а інколи і викид, після цього маса твердне. Кінцевий вихід ільменіту становить 94-97%. Далі необхідно охолодити плав після чого його витравлюють гарячою водою при температурі $55-65^\circ\text{C}$. При більш низькій температурі процес сповільнюється. Даний процес є довготривалим та займає в середньому 4-5 годин. Відбувається реакція неповного гідролізу сульфат титанатів заліза з утворенням сульфатотитанових кислот і сульфатів заліза.



Якщо температура буде вища за 65°C гідроліз може протікати далі, тому що йому може піддатися дисульфатометатитанова кислота, яка утворилася в розчині, а також і сульфат заліза (III).

Отже, таким чином одержуємо розчини, які містять в своєму складі сульфатотитанові кислоти, сульфати заліза (II) і заліза (III), а також вільну сульфатну кислоту [6,9].

2) очистка сульфатно-титанових розчинів від сполук заліза.

В складі розчину який утворився на попередній стадії основними домішками є FeSO_4 та $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Сульфат заліза (III) гідролізується і осідає при $\text{pH}=2$. Для попередження цього осадження проводять відновлення Fe(III) до Fe(II) , додаючи в розчин залізний скрап (pH початку осадження 6).

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

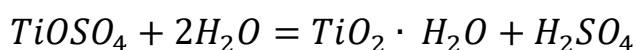
Кінець реакції визначають за появою фіолетового забарвлення Ti^{3+} . З'єднання Ti^{3+} є сильними відновниками і вони попереджують можливість повторного окиснення $Fe(II)$ в $Fe(III)$ і відповідно осадження та адсорбцію заліза на гідроксиді титану.

Отриманий розчин відмивають на намивних фільтрах від шламу, а потім освітлюють при цьому проводять коагуляцію колоїдних частин за допомогою ПАР або ВМС. Освітлений розчин охолоджують до $-5^{\circ}C$, а потім проводять кристалізацію залізного купоросу $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

В результаті кристалізації склад заліза в розчині знижується до 20 г/л.

3) осадження метатитанової кислоти.

З розчинів, які містять оксосульфат титана, гідролітичним розкладом виділяють метатитанову кислоту:



Існує два способи проведення гідролізу: спосіб ведення зародку та спосіб розбавлення.

Гідроліз проводять методом введення зародків (їх готують осаджуючи $Ti(OH)_4$ із розчинів сульфату титану гідроксидом натрію). На етапі гідролізу утворені частинки гідролізату (гідратів діоксиду титану) мають високу адсорбційну здатність, особливо по відношенню до солей Fe^{3+} , саме із цієї причини тривалентне залізо відновлюється до двовалентного. Змінюючи умови проведення гідролізу (концентрацію, тривалість стадій, кількість зародків, кислотність) можна досягти виходу частинок гідролізату із заданими властивостями, у залежності від передбачуваного застосування. Для цього необхідно нагріти розчин до кипіння в результаті чого випадає осад 95-96% TiO_2 .

При способі розбавлення вихідні розчини концентрують випарюванням до вмісту 240-260 г/л TiO_2 після того нагрітий розчин розбавляють додаючи в нього воду. При розбавленні розчину виникають зародки – центри кристалізації, а потім утворюється осад метатитанової кислоти.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

4) *проколювання метатитанової кислоти.*

Після того, як осад метатитанової кислоти відфільтрований і промитий його проколюють в барабанних печах при максимальній температурі 850-1000° С протягом 8 год, крім води при проколюванні видаляється SO_3 , який міститься в домішках.

5) *заклучна обробка.*

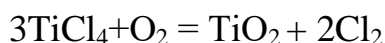
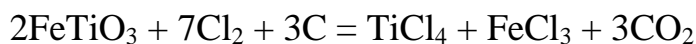
Отриманий порошок діоксида титана охолоджують, піддають вологому помелу в кульковому млині. Пульпу, яка витікає з млина направляють в гідроциклони або центрифуги для класифікації частин по розмірам.

В залежності від подальшого призначення TiO_2 , проводять поверхневу обробку ПАР або кремнеорганічними сполуками. Отриманий таким чином TiO_2 , сушать, піддають мікронізації в парових струменевих млинах, фасують та запаковують у відповідну тару.

Проте сірчаноокислотний спосіб виробництва харчової добавки Е-171 має ряд істотних недоліків такі як: складна багатостадійна схема, висока витрата сірчаної кислоти, яка в свою чергу непродуктивно витрачається та в результаті чого утворюється великих кількостей відходів - сульфату заліза, а також розведеної 20-22% -вої і забрудненої домішками сірчаної кислоти, які негативно впливають на навколишнє середовище. З цієї причини в даний час все більшого значення набуває інший - хлорний метод [6, 5].

Хлорний спосіб

Технологія виробництва диоксида титану хлорним методом було запропоновано в 1931 р., та відбувається за такими реакціями:



Найбільш поширений вид сировини для виробництва двоокису титану хлорним способом - ільменітовий концентрат, який містить 95-98% TiO_2 .

Процес виробництва двоокису титану хлорним способом можна поділити на такі етапи:

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- 1) подрібнення сировини
- 2) виплавка
- 3) хлорування титанового концентрату
- 4) конденсація
- 5) відстоювання
- 6) очищення тетраклориду титану ректифікацією
- 7) окиснення тетраклориду титану в газовій фазі

Подрібнення сировини

Подрібнення сировини полягає у подрібненні антрациту та ільменіту до розміру шматків не більше 10 мм для кращого технологічного процесу.

Виплавка

Титановий шлак отримують за допомогою виплавки ільменітових концентратів. Суть даного процесу полягає у відновленні з ільменіту заліза, за рахунок чого одержуваний шлак збагачується оксидом титану, вміст якого досягає 80% і більше, а вміст оксиду заліза зазвичай не перевищує 5%. Процес плавки ільменітового концентрату і вуглецевого відновника, який попередньо подрібнили до розміру частинок не більше 10 мм, проводять в руднотермічних печах при температурі 1650° С – 1800° С. При цьому концентрат ільменіту (42 - 60%) збагачують відновною плавкою в рудотермічних печах з використанням вуглецевого відновника - антрациту. Залізо, що міститься в ільменітовому концентраті, перетворюється в чавун, а TiO₂ залишається в шлаку (85 - 90% TiO₂). Для цього в шихту вводиться вуглецевмісний відновник – антрацит марки АМ. Оксиди заліза, будучи в умовах проведеної плавки термодинамічно менш стійкі, ніж оксиди титану, відновлюються в першу чергу з утворенням металеві фази:



При цьому частково відновлюється і титан до його нижчих оксидів TiO і Ti₂O₃. Плавку проводять шляхом поступової подачі в плавильний простір невеликих порцій шихти.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Як флюси використовують негашене вапно для пришвидшення відновлення заліза. Виплавлений титановий шлак разом з відновленим металом зливають з тигля. В титановому шлаці присутні такі домішки: SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , MnO , CaO , $(\text{Na}, \text{K})_2\text{O}$, V_2O_5 . Утворений в результаті плавки метал – це чавун з підвищеним вмістом титану вивозиться на склад для подальшої реалізації споживачеві [13, 9].

Брикетування

Основна мета брикетування титанових шлаків – це забезпечити хороший контакт з вуглецевмісним відновником і надати певних розмірів при яких нормально протікає процес хлорування в сольових хлораторах. Тому брикети мають задовольняти наступним вимогам:

- 1) мати конкретний розмір;
- 2) володіти високою міцністю при зберіганні та достатньою газопроникністю;
- 3) мати заданий вміст двоокису титана та вуглеводу, мінімальний вміст вологи;
- 4) бути однорідними за складом та властивостями.

Ефективність хлорування та якість TiCl_4 , буде залежати від міцності, газопроникності брикетів, кількості та активності відновника, складу шлаку. Вуглецевий відновник також повинен відповідати певним критеріям, а саме: мати низьку зольність та малий розмір частинок. Малий розмір частинок важливий для тісного контакту вуглецю зі шлаком для забезпечення однорідності брикету. Найбільш доцільним вуглецевим відновником, який відповідає даним критеріям є антрацит марки АМ. Брикетування титанового шлаку здійснюють за наступною технологією.

Антрацит, який виступає в якості вуглецевого відновника має мати розмір частинок 10-15мм. На брикетування поступають титанові шлаки з вмістом TiO_2 не менше 80%, антрацит, кам'яновугільний пек, сульфит-целюлозний луг.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

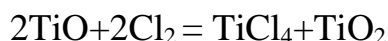
Дозування шихти: 84 кг шлаку, 52 кг антрациту, 8 кг пеку, 16 кг луѓу. Антрацит зі шлаком завантажують в змішувач. При температурі 70-80° С завантажують пек і луг. Перемішану масу подають на валковий прес де відбувається процес брикетування при температурі 110-120° С. Проте при вказаній технології брикети не отримують однакового розміру, це пояснюється тим, що на валки поступає суміш з різною температурою та в'язкістю. Крім того степінь заповнення осередків пресу, які розташовані по середині та на краях валків є різною. При коксуванні брикетів в заводських умовах необхідно піднімати температуру до 800-900° С і навіть вище оскільки маса брикетів, і кожен брикет окремо володіє низькою теплопровідністю [7].

Технологія процесу хлорування

Процес хлорування титановмісної шихти відбувається в сольовому хлораторі за температури від 700° С до 900° С. Сольовий хлоратор представляє собою апарат безперервної дії. В апарат брикети подаються за допомогою бункера для шихти в дозатор.

Через бічні фурми хлоратора, які розташовані в нижній його частині, в розплав подається хлор. З хлоратора виводяться – парогазова суміш продуктів хлорування. Парогазова суміш виводиться з хлоратора безперервно та після цього надходить на стадію конденсації технічного тетрахлориду титану. Технічний тетрахлорид титану, який одержують за такою технологією, містить: 99% TiCl₄; та 1% домішок, які складаються з: 0,3% Si; 0,1% Al; 0,2% Fe; 0,1% V; 0,05% Cl.

Процес хлорування відбувається за такою реакцією:



Конденсація

Для видалення основного продукту тетрахлориду титану, застосовують широко розповсюджений спосіб в хімічній промисловості – конденсацію. Під процесом конденсації розуміють перехід речовини з парогазового стану в рідкий.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Апарати для конденсації технічного тетрахлориду титану: два послідовно встановлених зрошувальних конденсатора, де в процесі охолодження відбувається конденсація технічного тетрахлориду титану. Парогазову суміш завантажують у камеру при температурі 500-800° С, суміш охолоджують до 130-110° С, разом із пилом осідають тверді хлориди заліза та алюмінію. Далі парогазова суміш поступає в рукавний фільтр, а з рукавних фільтрів газу подаються в зрошувальні конденсатори для конденсації рідких хлоридів. Отриманий таким чином технічний тетрахлорид титану відправляється на стадію відстоювання [7,13].

Відстоювання

Рідкий тетрахлорид титану зливають у відстійник, у якому з розплаву виділяються й осідають тверді домішки, що утворюють відвальний шлам, який утилізують. Після охолодження тетрахлорид титану відправляють на стадію очищення.

Очищення тетрахлориду титану ректифікацією

Ректифікаційна очистка тетрахлориду титана заснована на різних температурах кипіння сумішей та тетрахлорида титана. Температури кипіння хлоридів складають: $\text{SiCl}_4 = 58^\circ \text{C}$; $\text{VOCl}_3 = 127^\circ \text{C}$; $\text{TiCl}_4 = 136^\circ \text{C}$; $\text{VCl}_4 = 164^\circ \text{C}$; $\text{FeCl}_3 = 319^\circ \text{C}$.

Очищення відбувається в ректифікаційній колоні, яка виготовлена з нержавіючої сталі, в такій колоні по висоті підтримується різна температура, від температури кипіння одного з компонентів в нижній частині до температури кипіння іншої – в верхній. Процес ведеться при температурі 120° С – 142° С.

Вихідну рідку суміш вводять в колону в середній частині, а з верхньої та нижньої частини відводять очищені, низькокиплячі та висококиплячі компоненти суміші. Від тетрахлорида титана відділяють тетрахлорид кремнію додаючи при цьому SiCl_4 (температура кипіння 58° С), та інших летючих домішок (CCl_4 , CS_2 , SOCl_2) при цьому в верхній частині колони підтримують

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

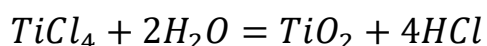
температуру його кипіння 58° С, та тиск 0,66-4 кПа. Температура в кубі колони 140-150° С. В відгоні збирається чистий тетрахлорид титана, який містить не більше ніж 0,01% домішок.

Ще один спосіб очищення тетрахлорида титана – це сольовий спосіб, він заснований на здатності хлорида натрію та хлоридів інших лужних та лужноземельних металів утворювати з розчинами в тетрахлориді титана трихлоридами алюмінію та заліза нерозчинні комплексні солі [13,8].

Окиснення тетрахлориду титану в газовій фазі

Після очищення тетрахлориду титану, щоб добути діоксид титану необхідно обрати один з двох способів:

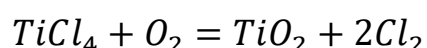
А) парофазний гідроліз відбувається за реакцією:



Процес відбувається двома способами: при низькій температурі (300-400° С) та при високій (> 900°С). При низькій температурі технологічний процес здійснити простіше, тому що анатаз, який при цьому утворюється швидко переходить в рутил, проте діоксид титану, який ми при цьому отримуємо може бути забруднений продуктами неповного гідролізу, при цьому потребується його додаткова термообробка. Якість продукту при високотемпературному способі вища, проте виникає питання щодо підбору корозійностійких матеріалів для апаратів, які використовуються. Основним недоліком процесу парофазного гідролізу є складність створити замкнутого циклу по хлору, оскільки регенерація хлору потребує великих затрат.

Б) окислення (спалювання) тетрахлорида титана.

Даний спосіб є більш перспективним оскільки дозволяє створити замкнене коло по хлору, та протікає за такою реакцією:



Ця реакція протікає достатньо швидко за температури 900-1000° С. Хлор, який отримують повертають на хлорування титанової сировини.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Відомо декілька варіантів проведення «спалювання» тетрахлориду титана:

- 1) реакцію проводять в камері в якій встановлена форсунка, даний технологічний процес протікає при температурі 900-1000° С. На виході з форсунки пари $TiCl_4$ реагують з повітрям в результаті чого утворюється жовто-зелене полум'я. Потік газу забирає частини діоксиду титану в пилову камеру та рукавні фільтри. Дані гази містять в своєму складі 80-85% хлору, який може бути використаний в виробництві $TiCl_4$.
- 2) використання плазми в якості джерела тепла – це другий спосіб спалювання тетрахлориду титану. Найдоцільніше використовувати високоякісний плазмовий пальник зі смолоскипом кисневої плазми. У смолоскип, який має температуру 6000-10000° С вводять пари тетрахлориду титану, який при такій високій температурі швидко реагує з киснем з утворенням тонкодисперсного діоксиду титану рутильної модифікації. Проте даний спосіб через високу температуру є недоречним [8].

Фтороамонійний спосіб

Ще один зі способів отримання діоксиду титану є фтороамонійний спосіб. Фтороамонійний метод дозволяє в одну стадію виділити з ільменіту тетрафторид титану і перевести його в форму діоксиду титану. Метод поєднує в собі операції по розкладанню ільменіту з одночасним очищенням від домішок хрому і торію. Метод не вимагає використання агресивних реагентів і не призводить до утворення рідких або будь-яких інших відходів, запропонований спосіб дозволяє отримувати як рутильну, так і анатазну форму діоксиду титану.

Сутність запропонованого методу полягає в розкладанні ільменіту на дифторид заліза і тетрафторид титану в розплаві фториду амонію. Розплав фториду амонію є одним з кращих фторуєчих агентів, при цьому температура розплаву всього 140° С. У той же час твердий фторид амонію при 20° С є досить інертним кристалічним порошком і, на відміну від фтору і фтороводню, не завдає суттєвої екологічної небезпеки.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

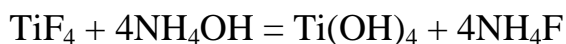
Важливим, з точки зору економічного процесу, є можливість повної регенерації фториду амонію і повернення його в цикл, що практично виключає витрати на цей реагент. Технологічно завдання вирішується тим, що змішують ільменіт і фторид амонію в стехіометричній пропорції 1:1 і суміш нагрівають до 300° С. Механізм реакції взаємодії ільменіту з фторидом амонію можна розглядати, як багатоступінчастий. На першій стадії утворюється тетрафторид титану і дифторид заліза.

Реакція відбувається при нестачі кисню і температурах нижче 140-240°С. При цьому шихта, що складається з чорного ільменіту, перетворюється в світло-сірий розплав, що твердне при охолодженні. При нагріванні отриманої маси на повітрі з неї переганяється тетрафторид титану, а дифторид заліза під дією кисню повітря і парів води окислюється до оксиду заліза (III). Разом з оксидом заліза від титану відокремлюються домішки хрому, торію і всіх інших нелетких фторидів.

Нижче наведені основні реакції, які можливі в системі FeTiO₃ - NH₄F в присутності кисню повітря і парів води.



Можлива регенерація фториду амонію і отримання гідроксиду і діоксиду титану.



Тetraфторид титану обробляють аміачною водою, в результаті в осад випадає гідроксид титану, а в розчині залишається фторид амонію, який після розпарювання можна направити на розкладання нової порції ільменіту.

При зневодненні гідроксиду титану при температурі до 350° С утворюється діоксид титану в кристалічній модифікації анатаза. При прожарюванні такого діоксиду титану вище 800° С отримуємо рутильну кристалічну модифікацію діоксиду титану.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Розмір частинок отриманого діоксиду титану залежить від режимів осадження на стадії отримання гідроксиду з тетрафторида. Ступінь чистоти отриманого діоксиду титану можна регулювати швидкістю сублімації і кількістю актів сублімації і десублімації. При одноразовій сублімації і десублімації отримують діоксид титану з чистотою 99,9%, основна домішка якого - оксид кремнію залишалася в продукті, який не впливає на забарвлення діоксиду титану [3,18].

Отже, проаналізувавши основні способи виробництва діоксиду титана можна зробити висновок, що добування діоксиду титана хлорним методом, а після того «спалювання» тетрахлориду титана в камері з форсункою є більш перспективним та кращим, порівняно з іншими способами, тому що:

- а) технологічна схема значно простіша та затрати в 1,5 рази менші;
- б) схема замкнута (тобто хлор утилізується);
- в) діоксид титана більш високої частоти, а якість пігменту який отримуємо з нього в кілька разів вища, ніж сірчанокислотним способом.

1.5 Удосконалення технології виробництва титан (IV) оксиду

Розглянувши технологію отримання харчової добавки (E-171) – титан (IV) оксиду хлорним способом можна дійти висновку, що за потреби частину чистого тетрахлориду титану, який утворився на стадії очищення в ректифікаційній колоні направляємо на виробництво титанових злитків, які є затребуваними на ринку титанової продукції.

Запропоноване вдосконалення технології є доцільним, оскільки титанові злитки мають широкий спектр застосування: використовуються в якості заготовок для подальшого виробництва різноманітних видів труб, також в деяких деталях арматури та кріпильних матеріалах. Завдяки тому що дані злитки є достатньо міцними, проявляють хорошу корозійну стійкість, малу щільність їх все частіше застосовують в медичній промисловості, а саме у виготовленні імплантів для зубів, виготовлення мікрохірургічних інструментів. Основні особливості титанових злитків: відмінна корозійна стійкість, добра стійкість до впливу тепла, а отже хороші теплові властивості,

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

низька щільність і висока специфічна потужність, немагнітний та нетоксичний.

Отже, зважаючи на всі переваги титанових злитків дане удосконалення буде мати попит серед споживачів.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика вихідної сировини

Для отримання діоксиду титану необхідні наступні компоненти:

- 1) антрацит марки АМ
- 2) ільменітовий концентрат ($\text{Fe}^{2+}\text{Ti}^{4+}\text{O}_3$)
- 3) CaO
- 4) Cl_2
- 5) TiCl_4
- 6) SiCl_4

1) антрацит АМ - має зольність 10%. Злам раковистий, іноді зернистий. Колір чорний або сірий з металевим блиском. Густина 1500—1700 кг/м³, твердість 2—2,5; теплотворна здатність 33...35 МДж/кг — 8000—8600 ккал. Антрацит горить без запаху, полум'я, спікання, але при цьому виділяє багато тепла. При цьому виділяється менше 5% летких речовин. Має хорошу електропровідність, низьку вологість 1-3%, містить до 9% летких речовин в горючій речовині, а також: вуглець 93,5-97%, водень 1-3%, кисень і азот 1,5-2%.

Антрацит з вмістом вуглецю в горючій масі більше 97 % називається супер антрацитом. Вугілля антрацит зазвичай використовується як високоякісне енергетичне паливо, а також є сировиною для чорної та кольорової металургії, хімічної та енергетичної промисловості. Зокрема антрацит використовується як вуглецева сировина для виготовлення абразивів, відновників, електродів. Антрацит марки АМ часто використовується як фільтри при первинному очищенні та підготовці води, також його активно застосовують в очисних спорудах різних виробництв для підготовки технічної води.

					<i>ННІХТ. ХТ-4-4.022.161.027.КР.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			
Розроб.		Білан А.Г.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.			у	27	89
Консульт.		Житнецький І.В.			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА <i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.					
Затверд.		Носенко Т.Т.					

Крім фільтрації, антрацит використовується як сорбент у процесах очищення води.

Для цього породу попередньо активують гарячою парою і карбонізують. В результаті вугілля отримує адсорбційну здатність, матеріал, який став відомим як активоване вугілля. Він використовується в фармацевтиці для виробництва доступних і безпечних ліків. Понад 11% балансових запасів українського антрацитового вугілля в структурі. Багато родовищ цього виду вугілля зосереджено в Луганській та Донецькій областях. Після видобутку в шахтах глибиною до 1500 м антрацитове вугілля надходить на вуглепереробну фабрику для концентрації та сортування [5,9].

2) ільменіт являє собою оксид титану шаруватої структури з великою кількістю заліза, магнію та марганцю. Хімічна формула мінералу непостійна: $(\text{Fe, Mg, Mn})\text{TiO}_3$, Fe — 36,8 %, Ti — 31,6 %, O — 31,6. Відомі також домішки Al, Nb, V, Cr, Co, Ni. Кристалічна структура ільменіту подібна до структури гематиту, який часто присутній в ільменіті у вигляді твердого розчину, або є продуктом його розпаду. При кристалізації збагачених Ti залишкових магматичних розплавів з надлишком FeO и Fe₂O₃ утворюються титаномagnetити. Густина – 4,72 г/см³, розчинність – повільно розчиняється в гарячій соляній кислоті. Сфери використання: хімічна промисловість – сировина для виробництва діоксиду титана, металургія — виробництво титану та титанових сплавів, будівництво — як заповнювач для важких бетонів [4,11].

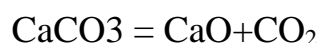
Україна має значні запаси ільменіту, які включають в себе 40 розвіданих розсипних і кореневих родовищ, 16 з яких є діючими. Сировинний потенціал України оцінюється в 900 млн т ільменіту і рутилу, що відповідає 30 % зафіксованих світових запасів. Основні запаси ільменіту зосереджені в родовищних формах Малишевського та Іршанського родовищ. Ільменітові концентрати, отримані з цих родовищ, відрізняються мінеральним складом, а отже, і хімічними властивостями.

3) CaO – білий порошок, густина – 3,16 г/см³, $t_{\text{плав}}=2580^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=2850^\circ\text{C}$. Взаємодіє з водою, метиловим спиртом (при $t=80^\circ\text{C}$), та гліцерином

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(при $t=100^{\circ}\text{C}$). Оксид кальцію застосовують для футерівки пічок, в виробництві кальцій гідроксиду, синтетичного гіпсу та кальцій карбїду, в промисловості синтетичного каучуку, для виготовлення скла, сільськогосподарських добрив, в лабораторних та промислових установках для зв'язування двоокису вуглецю, в металургії – в якості основного флюса для отримання шлаків.

Кальцій оксид одержують спалюванням металічного кальцію в атмосфері кисню при температурі 300°C . Також інший спосіб добування кальцій оксиду – це обпалювання CaCO_3 в вертикальних печах при $t = 850^{\circ}\text{C}$ проколюючи нітрат, форміат, або оксалат кальцію [11].



4) Cl_2 – жовто-зелений двухатомний токсичний газ зі специфічним запахом. Густина – $3,214\text{ г/см}^3$, $t_{\text{кип.}} - 34,1^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{плав.}} - 101^{\circ}\text{C}$. Добре розчинний у воді в результаті гідролізу утворюється дві кислоти хлоридна та гіпохлоридна. У спокійному стані горінню не підлягає, але за підвищених температурах взаємодіє з воднем, що може спровокувати вибух, після чого відбувається виділення фосгену. Дуже отруйний, навіть невелика щільність його в повітрі ($0,001\text{ мг на } 1\text{ дм}^3$) може призвести до смерті. Відноситься до класу високо небезпечних речовин – ГДК $0,1 - 1,0\text{ мг/м}^3$. При промисловому виготовленні тетрахлориду титана застосовують хлор, який розбавлений повітрям (тобто хлор-газ) концентрація його від $60-95\%$. [10]

Зберігання та транспортування хлору.

Зберігання речовини проводиться у спеціалізованих «танках» або в циліндроподібних та кульових балонах під тиском 18 кгс/см^2 , виготовлених із сталі. Граничний обсяг зберігання – 150 тонн . Ємності зі зрідженим хлором забарвлюються у певний захисний колір. При розгерметизації балона відбувається різкий викид суміші, концентрація якої перевищує смертельну

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозу у багато разів. При довготривалій експлуатації резервуарів у них накопичується вибухонебезпечний трихлористий азот. Щоб уникнути цієї ситуації періодично має проводитися промивання та очищення судини від хлориду азоту. Перевезення газу виконується в резервуарах, залізничних цистернах та балонах тимчасового зберігання речовини.

Техніка безпеки при взаємодії із хлором.

При роботі з хлором слід пам'ятати про його високу токсичність. У апаратах може накопичуватися вибухонебезпечні газові домішки. Вдихаючи повітря, що містить 0,1 мг/л небезпечної речовини протягом 30-60 хвилин критично для життя людини, більше 0,001 мг/л подразнює дихальні шляхи. При скупченні 3-6 мг/м³ починається відчуття запаху, подразнення очей та слизової оболонки носа, при 15 мг/м³ – дратується носоглотка, при 90 мг/м³ – починаються часті напади кашлю. Більш тривалий контакт із газом закінчується летальним кінцем.

Для безпечної роботи з небезпечним газом потрібно:

- якісне проектування установок;
- програма користування та технічного обслуговування;
- належні прилади для забезпечення безпеки та знання послідовності дій у разі аварійної ситуації.

Час від часу необхідно обов'язково проводити перевірку обладнання, для гарантії правильної та надійної працездатності приладів. Хімічна форма персоналу повинна також перевірятися для визначення її надійності та ефективності, як і дихальні апарати. Обов'язково наявність окремих закритих шафок для робочого та особистого одягу.

5) $TiCl_4$ – рідина без кольору з різким запахом, температура кипіння: 136,4° С; температура плавлення: -24,1° С; температура спалаху: 7,8° С; густина: 1,7 г/см³.

Речовина розкладається при розігріванні або спалюванні з утворенням токсичних парів, у тому числі хлористого водню. Тетрахлорид титану токсичний при вдиханні парів і контакті зі шкірою, вражає слизові оболонки

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рота і верхніх дихальних шляхів, а також рогівку ока. Спричиняє опіки шкіри та бронхіт. Гранично допустима концентрація парів 1 мг/м³. Реагує бурхливо з водою з виділенням тепла та їдких парів хлористого водню. При контакті із повітрям виділяє соляну кислоту. Агресивно реагує з багатьма металами у присутності води. Розчинний в метанолі, етанолі, діетиловому ефірі, не розчинний в ароматичних вуглеводнях.

Цистерни та резервуари, що містять тетрахлорид титану, мають бути обладнанні резервними ємностями для аварійноговивантаження продукту, а також лотками для збору продукту у разі пошкодження резервуара та виконувати функцію димогенераторів.

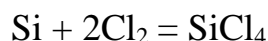
Використовують тетрахлорид титану для отримання титану, оксиду титану, каталізаторів (для полімеризації етилену та пропілену, для алкілування ароматичних вуглеводнів та ін) і як димоутворювач [14].

Також застосовується у виробництві:

- губчастого титану;
- пігменту - титанових білил;
- як каталізатор у хімічній промисловості.

б) SiCl₄ – газ/рідина без кольору, температура кипіння: 57° С; температура плавлення: -69,8° С; густина: 1,48 г/см³, розчинний в воді.

Отримують нагріванням суміші кремнезему з вугіллям у струмі хлору.



Чотирьоххлористий кремній - негорюча, термічно стійка речовина. Має різкий задушливий запах. У великих концентраціях отруйний. Пари чотирьоххлористого кремнію подразнюють верхні дихальні шляхи, слизові оболонки. ГДК у робочій зоні – 1 мг/м³ (у перерахунку на пари хлору); ЛД50 на щурах 102 мг/кг. Відповідно до ГОСТ 12.1.007-76 тетрахлорид кремнію відноситься до II класу токсичності [5,9].

Для удосконалення технології харчової добавки Е-171, в результаті якої отримаємо злитки титану необхідні наступні компоненти:

1)Mg

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Al

1) Магній є найлегшим з сріблясто-білих технічних металів. Його питома вага 1750 кг/м^3 , температура плавлення – 560°C . Магній має хорошу гнучкість, пластичність, твердість при низькій в'язкості, нестійкий до корозії легко окислюється і горить відкритим полум'ям за температури 600°C . Чистий магній в феєрверках для освітлення, як розчинник, як відновник під час хімічних реакцій, для виготовлення термітів вони в свою чергу використовуються у зварюванні. Магній поширений у вигляді сплаву, який в 1,5 рази легший за алюміній, добре піддається механічній обробці і має високу міцність ($\sigma_t = 270 \text{ МПа}$). До недоліків можна віднести легке окислення і самозаймання, що вимагає проводити плавлення і лиття сплаву в шар флюсу або у вакуум.

2) Алюміній – це сріблясто-білий, легкий метал, який проводить тепло і електрику і легко обробляється. Даний метал є найпоширенішим у природі і присутній у багатьох мінералах. Найпоширенішими з них є боксит та глинозем. Ця обставина і можливість отримання на основі алюмінію необхідних техніці сплавів – одна з умов великого майбутнього алюмінію.

Алюміній має хорошу пластичність і високу стійкість до корозії в деяких умовах, таких як: прісна вода за атмосферних умов. На повітрі поверхня алюмінію покрита шаром плівки Al_2O_3 , яка може захистити інші шари металу від окислення. Алюміній широко використовується у виробництві електричних проводів, хімічного обладнання, товарів народного споживання. Листи, труби, дротики тощо отримують з алюмінію шляхом прокатки. Повітроводи для вентиляції виготовляються з алюмінієвих листів. Використання алюмінію особливо підходить для вентиляційних систем, які переміщують насичені киснем газу азоту [23].

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Опис принципово-технологічної схеми

На **рисунку 2.1** наведена принципово-технологічна схема.

Основні стадії:

Хлорування титанового концентрату процес хлорування титановмісної шихти відбувається в сольовому хлораторі за температури 700-900° С. В апарат брикети подаються з бункера для шихти в дозатор. Через бічні фурми хлоратора, розташовані в нижній його частині, в розплав подається хлор. З хлоратора виводяться парогазова суміш продуктів хлорування. Парогазова суміш виводиться з хлоратора безперервно та надходить на стадію конденсації технічного тетрахлориду титану.

Конденсація технічного тетрахлориду титана для переходу речовини з газоподібного стану в рідкий застосовують конденсацію. Для даного процесу застосовують два послідовно встановлених зрошувальних конденсатора. Парогазову суміш завантажують у камеру, де разом із пилом осідають тверді хлориди заліза та алюмінію. Отриманий тетрахлорид титану відправляється на стадію відстоювання.

Роздільна «суха» конденсація. При роздільному способі конденсації парогазову суміш охолоджують у пилових камерах до 130-110° С, при цьому все більше низькокиплячі хлориди конденсуються у твердому стані. Після цього парогазова суміш із зваженими в ній твердими хлоридами надходить в апарати для поділу твердих та пароподібних хлоридів, тобто до рукавного фільтру. Після відділення твердих хлоридів парогазова суміш надходить у зрошувальні конденсатори де конденсується технічний тетрахлорид титану.

Відстоювання $TiCl_4$ рідкий тетрахлорид титану зливають у відстійник, у якому з розплаву виділяються й осідають тверді домішки, що утворюють відвальний шлам, який утилізують. Час відстоювання – 1 доба. Після охолодження тетрахлорид титану відправляють на стадію очищення. Технічний тетрахлорид титану, який одержують за такою технологією, містить: 99% $TiCl_4$; 0,3% Si; 0,1% Al; 0,2% Fe; 0,1% V; 0,05% Cl.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

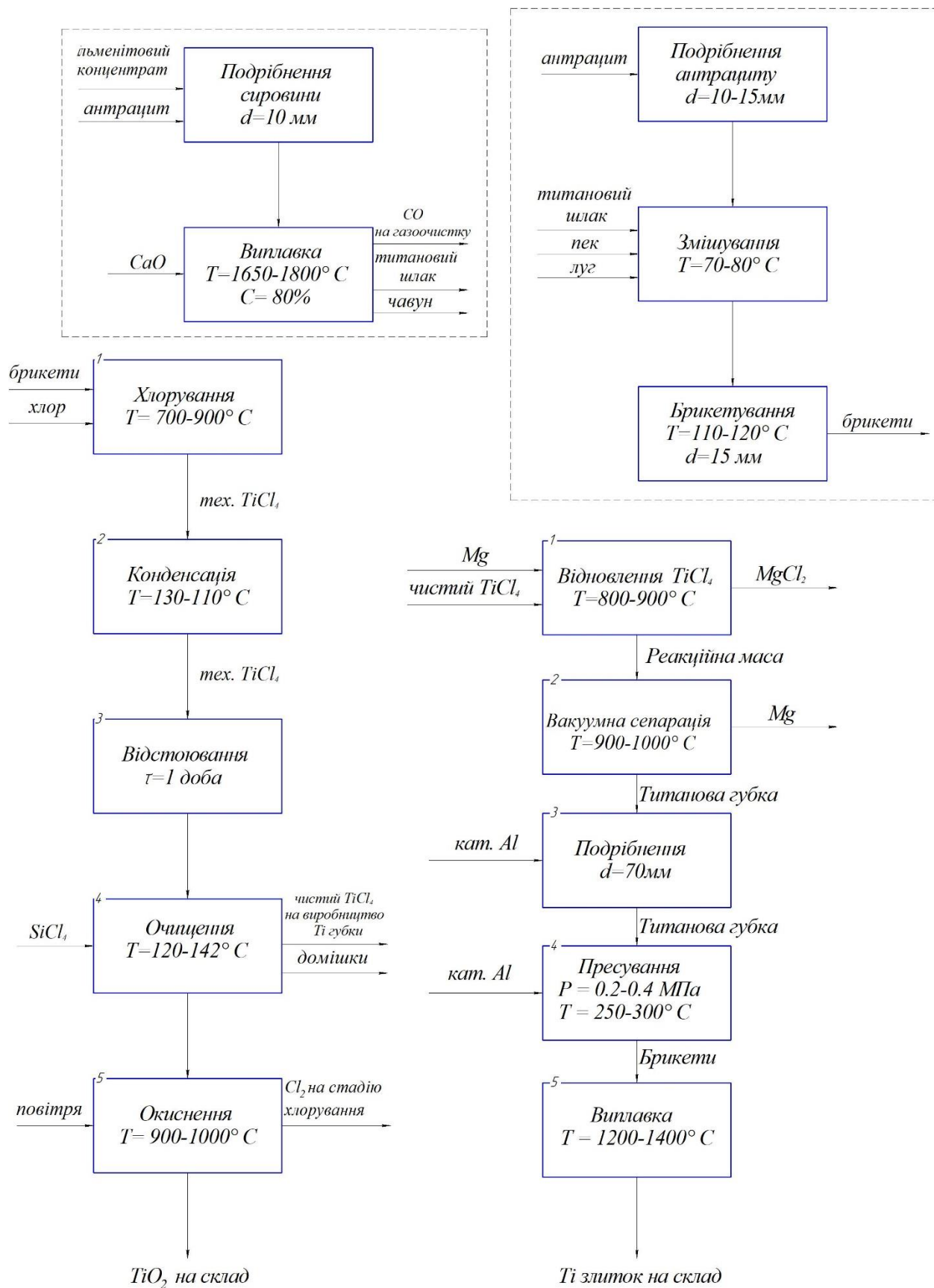


Рис. 2.1 Принципово-технологічна схема

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Очищення тетрахлориду титану ректифікацією ректифікаційна очистка тетрахлориду титана заснована на різних температурах кипіння сумішей та тетрахлорида титана. Ректифікація відбувається в спеціальній колоні з нержавіючої сталі, в такій колоні по висоті підтримується різна температура, від температури кипіння одного з компонентів в нижній частині до температури кипіння іншої – в верхній. Процес ведеться при температурі 120° С – 142° С.

Вихідну рідку суміш вводять в колону в середній частині, а з нижньої частини відводять очищені, низькокиплячі та висококиплячі компоненти суміші. Від тетрахлорида титана відділяють тетрахлорид кремнію додаючи при цьому SiCl_4 (температура кипіння 58° С), та інших летючих домішок (CCl_4 , CS_2 , SOCl_2) при цьому в верхній частині колони підтримують температуру його кипіння 58° С, та тиск 0,66-4 кПа. Температура в кубі колони 140-150° С.

В відгоні збирається чистий тетрахлорид титана, який містить не більше ніж 0,01% домішок.

Окиснення тетрахлориду титану в газовій фазі реакцію окиснення тетрахлорида титану проводять в камері в якій установлена форсунка, куди поступає повітря та пари тетрахлорида титана, процес відбувається за температури 900-1000° С. На виході з форсунки пари TiCl_4 реагують з киснем в результаті чого утворюється жовто-зелене полум'я. Потік газу забирає частини діоксиду титану в пилову камеру та рукавні фільтри. Дані гази містять в своєму складі 80-85% хлору, який може бути використаний в виробництві TiCl_4 . Хлор, який отримують повертають на хлорування титанової сировини.

Додаткові стадії:

Подрібнення сировини полягає у подрібненні антрациту та ільменіту до розміру шматків не більше 10 мм для кращого технологічного процесу.

Виправка суть даного процесу полягає у відновленні з ільменіту заліза, за рахунок чого одержуваний шлак збагачується оксидом титану, вміст якого досягає 80% і більше, а вміст оксиду заліза зазвичай не перевищує 5%. Процес проводять в руднотермічних печах при температурі 1650° С – 1800° С.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому концентрат ільменіту (42 - 60%) збагачують відновною плавкою в рудотермічних печах з використанням вуглецевого відновника - антрациту. Залізо, що міститься в ільменітовому концентраті ($Fe^{2+}Ti^{4+}O_3$), перетворюється в чавун, а TiO_2 залишається в шлаку (85 - 90% TiO_2). Як флюси використовують негашене вапно для пришвидшення відновлення заліза.

Брикетування - ціль брикетування титанових шлаків – забезпечити хороший контакт з вуглецевмісним відновником і надати певних розмірів при яких нормально протікає процес хлорування в сольових хлораторах. Брикетування титанового шлаку здійснюють за наступною технологією.

Антрацит, який виступає в якості вуглецевого відновника має мати розмір – 10-15 мм. На брикетування поступають титанові шлаки з вмістом TiO_2 не менше 80%, антрацит, кам'яновугільний пек, сульфід-целюлозний луг. Дозування шихти: 84 кг шлаку, 52 кг антрацит, 8 кг пеку, 16 кг лугу. Антрацит зі шлаком завантажують в змішувач. При температурі 70-80° С завантажують пек і луг. Перемішану масу подають на валковий прес де відбувається процес брикетування при температурі 110-120° С.

Удосконалення технології

Запропоновано як удосконалення технології виробництво титанових злитків з очищеного тетрахлориду титана, який є проміжним продуктом виробництва харчової добавки на стадії очищення.

Даний технологічний процес складається з таких стадій:

- відновлення тетрахлориду титану;
- вакуумна сепарація реакційної маси;
- подрібнення титанової губки;
- пресування титанової губки;
- виплавка брикетів (титанової губки).

Відновлення тетрахлориду титану магнієм відбувається в апараті відновлення (реакторі) за температури 800-900° С. У реактор завантажують чистий магній, після чого з реактора відкачують повітря і заповнюють його

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аргоном і створюють тиск дещо більший за атмосферний. Потім реактор нагрівають до розплавлення всього магнію, після чого тетрахлорид титану подається в апарат в рідкому вигляді при температурі навколишнього середовища на поверхню розігрітого до 750-800° С розплаву магнію, де він починає реагувати з виділенням тепла і одночасно випаровуватися в газову фазу всередині апарату і в газоподібному стані відновлюється рідким магнієм до металевого титану. Останній у вигляді губки тоне в шарі рідкого хлориду магнію, що утворився. Оскільки реакція дуже екзотермічна, теплота яка виділяється є достатньою для підтримання хлориду магнію у рідкому стані [24].

Процес відновлення відбувається за такою реакцією:



Зниження температури небажане через небезпеку затвердіння розплаву хлориду магнію. Проте підвищення температури також неприпустиме через можливість сплавлення при цьому титану із залізом, що становить основу матеріалу стінок реактора. При температурі вище 900° С може йти також відновлення тетрахлориду титану залізом, що може призвести до приварювання титанової губки до стінок реактора, а отже, забруднення титанової губки залізом і швидкого виходу реактора з ладу.

Продуктами магнетермічного процесу відновлення тетрахлориду титану є так звана реакційна маса, яка складається з титанової губки і хлориду магнію. Титанова губка являє собою масу, що спеклася, яка містить 55-65% титану, 20-30% хлориду магнію і 10-20% металічного магнію. Після даного процесу титанова губка подається на стадію вакуумної сепарації.

Вакуумна сепарація процес сепарації проводять з цілю відділення титанової губки від хлориду магнію. При даному процесі реакційну масу нагрівають до 900 - 1000° С в герметичному пристрої електронагрівальної печі, в якому створюється вакуум. При цьому частина хлористого магнію

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

видаляється в рідкому вигляді, а решта хлористого магнію та магній випаровуються. Після процесу очищення титанова губка прямує на стадію подрібнення.

Подрібнення дана стадія технологічного процесу полягає у подрібненні титанової губки та алюмінію, оскільки для подальшої переробки губки на злитки крупність шматків не може перевищувати 70 мм. Після стадії подрібнення титанова губка та алюміній надходять на стадію пресування.

Пресування титанової губки стадія пресування необхідна, щоб зробити електрод, який виготовляється з титанової губки шляхом її пресування. Пресування відбувається на вертикальному гідропресі з використанням прошивної циліндричної нероз'ємної матриці. Шихту засипають із бункера по шихтопроводу в лоток-приймач шихти. Прес-штемпель (пуансон) за допомогою прес-шайби (надставки) штовхає шихту в конусну матрицю, яка встановлена в направляючій втулці. Порція шихти спресовується, прес-штемпель відводять у вихідне положення та завантажують чергову порцію шихти.

Даний процес відбувається при температурі 250-300° С та тиску 0,2-0,4 Мпа. За допомогою пресування отримують брикети, які мають приблизний розмір 130×150 мм, що містять в собі 94 % титану губчастого та 6 % алюмінію. Спресовані таким методом брикети мають достатню міцність і придатні для плавки без додаткової обробки.

Виплавка титанової губки дана стадія є завершальною у циклі виробництва злитків титану. Плавка проводиться в електродуговій печі при температурі 1200-1400° С. Плавку ведуть при постійному струмі з дотриманням полярності: електрод – катод, розплав – анод. Постійний струм забезпечує стабільність дуги. Метал плавиться в полум'ї дуги, що виникає між верхнім електродом і нижнім електродом - розплавленим металом в мідній виливниці. «Горіння» дуги у вакуумі забезпечується присутністю у вузькому зазорі між розплавом і електродом іонізованих парів титану. Для регулювання форми дуги та запобігання виникненню побічних дуг (наприклад, між стінкою

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

тигля та електродом) застосовують магнітну котушку. При плавці в дугових електричних печах отримують злитки титану діаметром 350-500 мм. Для цього використовують силу току 8000-9000 А при напрузі 25-30 В. Швидкість плавки коливається від 3,7 до 4,5 кг/хв. Виплавлений в дугових печах злиток містить 99,8% Ті.

2.3 Розрахунок матеріального балансу основних стадій

Розрахунок матеріального балансу проводиться по стадіям на 100 кг готового продукту [15].

Таблиця 2.1

Матеріальний баланс стадії виплавки

Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Ільменітовий концентрат (Fe ²⁺ Ti ⁴⁺ O ₃)	100	чавун	5
антрацит	100	титановий шлак	85
СаО	25	СО	130
		Втрати	5
Разом	225	Разом	225

Таблиця 2.2

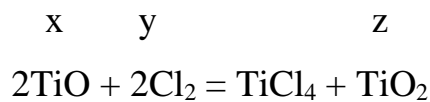
Матеріальний баланс стадії брикетування

Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Титановий шлак	84,3	Брикетований шлак	161,5
антрацит	52,2	Втрати	0,2
Пек	8,035		

1	2	3	4
Луг	16,07		
Пил	1		
Разом	161,7	Разом	161,7

Матеріальний баланс стадії хлорування

Процес хлорування відбувається за реакцією:



$M(\text{TiCl}_4) = 190 \text{ г/моль}$

$M(\text{TiO}) = 64 \text{ г/моль}$

$M(\text{TiO}_2) = 80 \text{ г/моль}$

$M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль}$

Розраховуємо масу технічного TiCl_4 за даними технології, технічний TiCl_4 містить 1% домішок, який складає:

237,5 - 100%

x - 1%

Тоді $x = 2,375 \text{ кг}$

Домішки складаються з:

$\text{SiCl}_4 - 0,3\%$

$\text{AlCl}_3 - 0,2\%$

$\text{FeCl}_3 - 0,2\%$

Суміш VOCl_3 та $\text{VCl}_4 - 0,2\%$

$\text{Cl} - 0,1\%$

В перерахунку на кг:

$\text{SiCl}_4 - 0,7125 \text{ кг}$

$\text{AlCl}_3 - 0,475 \text{ кг}$

$\text{FeCl}_3 - 0,475 \text{ кг}$

Суміш VOCl_3 та $\text{VCl}_4 - 0,475 \text{ кг}$

$\text{Cl} - 0,2375 \text{ кг}$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$m_{\text{техн}}(\text{TiCl}_4) = 237,5 + 2,375 = 240 \text{ кг}$$

Кількість моль техн TiCl_4 :

$$v(\text{TiCl}_{4\text{техн}}) = \frac{240 \times 1000}{190} = 1263,15 \text{ моль}$$

Кількість моль TiO :

$$\frac{x}{2} = \frac{1263,15}{1}$$

$$x = \frac{1263,15 \times 2}{1} = 2526,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{TiO}) = 2526,3 \times 64 = 161,7 \text{ кг}$$

Кількість моль Cl_2 :

$$\frac{2526,3}{2} = \frac{y}{2}$$

$$y = \frac{2526,3 \times 2}{2} = 2526,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 2526,3 \times 71 = 179,3 \text{ кг}$$

Кількість моль TiO_2 :

$$\frac{1263,15}{1} = \frac{z}{1}$$

$$z = \frac{1263,15 \times 1}{1} = 1263,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{TiO}_2) = 1263,15 \times 80 = 101 \text{ кг}$$

Таблиця 2.3

Матеріальний баланс стадії хлорування

Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Брикети титанового шлаку	161,7	TiO ₂	101

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Cl ₂	179,3	техн TiCl ₄ в тому числі чистий TiCl ₄ з домішками	237,5
		AlCl ₃	0,475
		FeCl ₃	0,475
		VOCl ₃ та VCl ₄	0,475
		хлор	0,2375
		SiCl ₄	0,7125
		Втрати	0,2
Разом	341	Разом	341

Таблиця 2.4

Матеріальний баланс стадії конденсації

Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Парогазова суміш техн TiCl ₄ в тому числі чистий TiCl ₄ з домішками	237,5	Сконденсований техн TiCl ₄ в тому числі чистий TiCl ₄	237,5
AlCl ₃	0,475	домішки	2,375
FeCl ₃	0,475	хлоридів металів	
VOCl ₃ та VCl ₄	0,475		
хлор	0,2375		
SiCl ₄	0,7125		

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
Пил	0,4	Втрати	0,2
Разом	240	Разом	240

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс стадії відстоювання

Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Сконденсований техн $TiCl_4$ в тому числі чистий $TiCl_4$	237,5	техн $TiCl_4$ в тому числі чистий $TiCl_4$	237,5
Домішки хлоридів металів	2,375	Домішки хлоридів металів	1,935
Пил	0,8	Відвальний шлам	1
		Втрати	0,2
Разом	240,6	Разом	240,6

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс стадії ректифікації

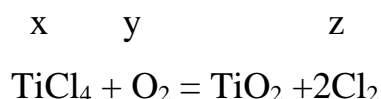
Прихід		Витрата	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
Сконденсований техн $TiCl_4$ в тому числі чистий $TiCl_4$	237,5	чистий $TiCl_4$	237,5
Домішки хлоридів металів	1,935	Домішки хлоридів металів	1,935

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4
SiCl ₄	100	SiCl ₄	100
		Втрати	0,56
Разом	340	Разом	340

Матеріальний баланс стадії окиснення

Окиснення тетрахлориду титану відбувається за рівнянням:



$$M(\text{TiCl}_4) = 190 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{O}_2) = 32 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{TiO}_2) = 80 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль}$$

Кількість речовини (TiO_2) розраховуємо за стехіометричним рівнянням:

$$v(\text{TiO}_2) = \frac{100 \times 1000}{80} = 1250 \text{ моль}$$

Кількість моль TiCl_4 :

$$\frac{x}{1} = \frac{1250}{1}$$

$$x = \frac{1250 \times 1}{1} = 1250 \text{ моль}$$

$$m(\text{TiCl}_4) = 1250 \times 190 = 237,5 \text{ кг}$$

Кількість моль O_2 :

$$\frac{1250}{1} = \frac{y}{1}$$

$$y = \frac{1250 \times 1}{1} = 1250 \text{ моль}$$

$$m(\text{O}_2) = 1250 \times 32 = 40 \text{ кг}$$

Кількість моль Cl_2 :

$$\frac{1250}{1} = \frac{z}{2}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$z = \frac{1250 \times 2}{1} = 2500 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 2500 \times 71 = 177,5 \text{ кг}$$

Таблиця 2.7

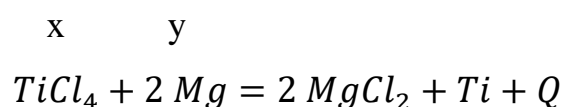
Матеріальний баланс стадії окиснення

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
TiCl ₄	237,5	TiO ₂	100
O ₂	40	Cl ₂	177,2
		Втрати	0,277
Разом	277,5	Разом	277,5

Розрахунок матеріального балансу цеху виробництва титанових злитків.

Матеріальний баланс стадії відновлення TiCl₄

Даний технологічний процес відбувається за такою реакцією:



$$M(\text{TiCl}_4) = 190 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Mg}) = 24 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{MgCl}_2) = 95 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Ti}) = 48 \text{ г/моль}$$

Реакційна маса (MgCl₂ та Ti) взята у кількості 102 кг. Та співвідношенні MgCl₂ – 41% та Ti – 59%.

$$\text{Тобто } m(\text{MgCl}_2) = \frac{41 \times 102}{100} = 41,82 \text{ кг}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$m(Ti) = \frac{59 \times 102}{100} = 60,18 \text{ кг}$$

Розраховуємо кількість речовини Ti:

$$v(Ti) = \frac{60,18}{48} = 1,25 \text{ моль}$$

Кількість речовини $MgCl_2$:

$$v = (MgCl_2) = \frac{41,82}{95} = 0,44 \text{ моль}$$

Кількість моль Mg:

$$\frac{y}{2} = \frac{1,25}{1}$$

$$y = \frac{1,25 \times 2}{1} = 2,5 \text{ моль}$$

Тоді $m(Mg) = 2,5 \times 24 = 60 \text{ кг}$

Кількість моль $TiCl_4$:

$$\frac{x}{1} = \frac{0,44}{2}$$

$$x = \frac{1 \times 0,44}{2} = 0,22$$

Тоді $m(TiCl_4) = 0,22 \times 190 = 41,8 \text{ кг}$

Таблиця 2.8

Матеріальний баланс стадії відновлення тетрахлориду титану

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
TiCl ₄	42	Ti	60,18
Mg	60	MgCl ₂	41,52

1	2	3	4
		Втрати	0,32
Разом	102	Разом	102

Таблиця 2.9

Матеріальний баланс стадії вакуумної сепарації

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Ti	60,18	Титанова губка	99
MgCl ₂	41,52	Втрати	2,7
Разом	101,7	Разом	101,7

Таблиця 2.10

Матеріальний баланс стадії подрібнення

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Al	7,5	Al	7,2
Титанова губка	99	Титанова губка	98,8
		Втрати	0,5
Разом	106,5	Разом	106,5

Таблиця 2.11

Матеріальний баланс стадії пресування:

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Al	7,2	Брикети	105
Титанова губка	98,8	Втрати	1
Разом	106	Разом	106

Таблиця 2.12

Матеріальний баланс стадії виплавки:

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Брикети	105	Ті злитки	100
		Втрати	5
Разом	105	Разом	105

2.4 Підбір основного обладнання

Подрібнення сировини для подрібнення антрациту та ільменітового шлаку застосовуємо валкову дробарку, яка зображена на **рис. 2.2**. Така дробарка дуже компактна, проста, проте вони дуже чуттєві до нерівномірної подачі матеріалу [16].

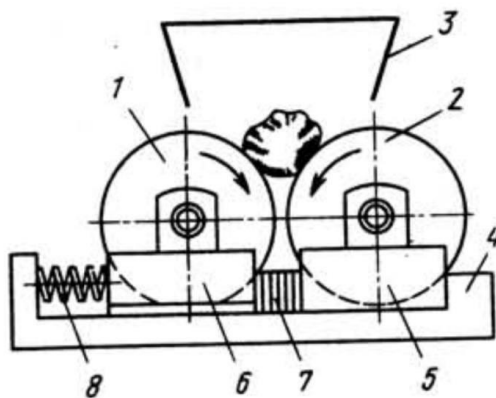


Рис. 2.2 Валкова дробарка

1,2 – валки; 3 - завантажувальна воронка; 4 – станина; 5,6 – підшипники; 7 – прокладка; 8 – пружина.

Принцип дії дробарки полягає у тому, що два валки 1 та 2 обертаються назустріч один одному, захоплюють грудку антрациту і розколюють її зубцями.

Таблиця 2.13

Технічна характеристика валкової дробарки PL 443

Найменування параметру	PL 443
Розрахункова продуктивність, т/год.	50
Діаметр валка (фрези), мм	430
Довжина валка, мм	925
Робочий зазор між валками, мм	5÷105
Встановлена потужність, кВт	2×37,0
Маса, кг	біля 6350
Габаритні розміри, мм	2053
– довжина	2505
– ширина	955
– висота	
Напруга живлення/частота струму, В/Гц	380/50

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Виплавка ільменітового концентрату відбувається у триелектродній круглій електропечі, яка зображена на **рис. 2.3** потужністю 3,5-20 МВт. Стіни захищають гарнісажем із тугоплавкого шлаку. Чавун випускають через летку, підняту над подом на 400 мм, а шлак – через шлакову летку, іноді разом із чавуном. Внутрішні розміри плавильного простору печі: діаметр 4,55 м, глибина ванни 2,175 м. Охолоджуваний звід печі з'ємний. Герметизація печі здійснюється за допомогою пісочного затвора між основним склепінням та кожухом печі. Через отвори у склепіння у ванну вводять закріплені в електротримачах три графітовані електроди (діаметром 0,5 м).

Плавку ведуть із закритим колошником, тобто з дугами, закритими шихтою (електроди глибоко занурені в шихту). Шихту з бункерів завантажують біля електродів і між ними. Режими плавлення: безперервне, періодичне.

Останнє краще через повніше видалення FeO та економії електроенергії [12].

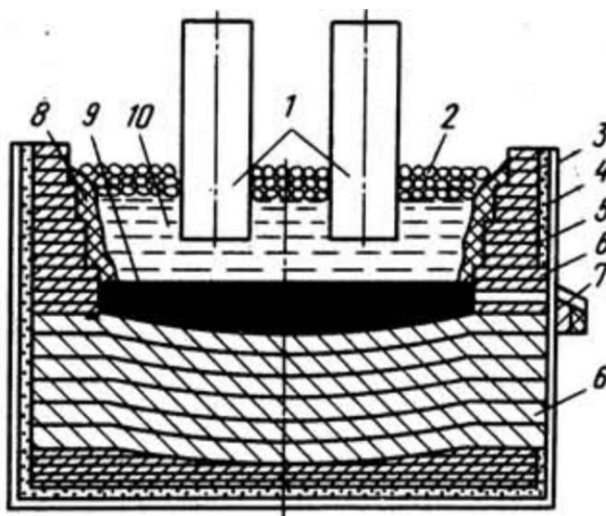


Рис. 2.3 Електродугова піч

1 – електроди; 2 – шихта; 3 – сталевий кожух; 4 – асбест; 5 – магнетитовая крупка; 6 – магнетитова вогнетривка цегла; 7 – летка; 8 – гарнісаж; 9 – чавун; 10 – титановий шлак.

Технічна характеристика електродугової печі ДСП 50

Найменування параметрів	Значення
Ємність печі з рідкої сталі, т	55-57
Діаметр електродів, мм	508
Діаметр розпаду електродів, мм	1000
Обсяг робочого простору печі, м ³	55
Тривалість плавки, хв.	60

Процес хлорування відбувається в шахтних хлораторах неперервної дії. На **рис. 2.4** зображений хлоратор.

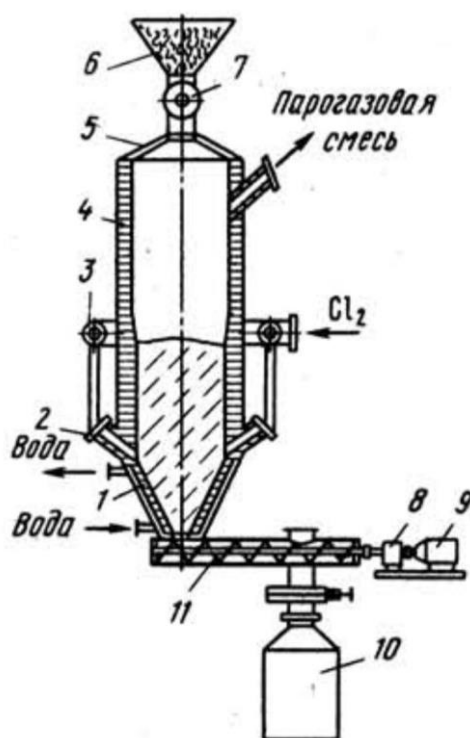


Рис. 2.4 Хлоратор

1 – водоохолоджуючий конус; 2 – фурма; 3 – хлорний колектор; 4 – корпус; 5 – водоохолоджуваний звід; 6 – бункер; 7 – золотниковий живильник; 8 – редуктор; 9 – електродвигун; 10 – кубель для недогарку; 11 – розвантажувальний шнек

Принцип роботи брикети подають із бункера, які в свою чергу проходять через золотник, живильник, а залишок вивантажують за допомогою розвантажувального шнеку. Хлор подається через фурми, в нижній частині хлоратора. Знизу з конусної частини, вивантажують огарок, парогазова суміш яка утворюється в процесі хлорування відводиться через водоохолоджуваний звід [14].

Технічна характеристика хлоратора ЛОНІИ-100КМ

Межі регулювання продуктивності витрати хлору - від 0,6 кг/год до 10 кг/год.

Межі тиску хлоргазу на вході хлоратора - від 0,05 МПа до 0,6 МПа (від 0,5 кгс/см² до 6 кгс/см²).

Нормальне робоче розрідження в ЛОНІИ-100КМ - (-5) кПа (-0,05 кгс/см²).

Максимальне розрідження у вакуумній системі хлоратора - не менше -0,08 кПа (-0,08 кгс/см²).

Межі тиску води на вході – від 0,1 МПа до 0,6 МПа (від 1 кгс/см² до 6 кгс/см²).

Протитиск води на виході - від 0 до 0,02 МПа (від 0 до 0,2 кгс/см²).

Принцип дії апарату ЛОНІИ-100КМ – вакуумний.

Захист від високого тиску хлору – редукційним клапаном [45].

Валковий прес використовується для брикетування титанового шлаку.

Зображений на **рис. 2.5**.

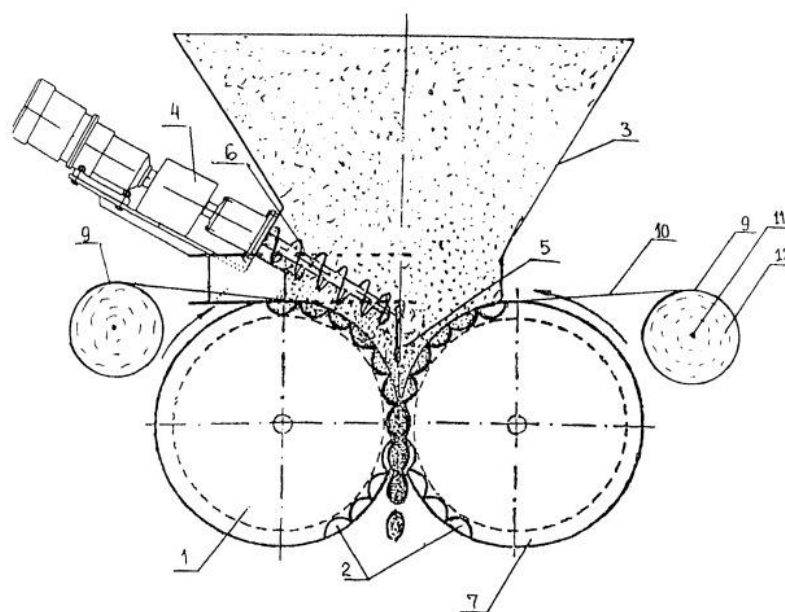


Рис. 2.5 Валковий прес

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

1 – валк; 2 – комірка; 3 – бункер; 4 – шнековий живильник; 5 – зона; 6 – шнек; 7 – бандаж; 8 – станина; 9 – засоби подачі матеріалу підкладки; 10 – матеріал підкладки; 11 – ось; 12 – бобіна

Принцип роботи: пресування на валковому пресі відбувається безперервно, в просторі між валками, що обертаються 1. Перед включенням преса на осі 11 надягають бобіни 12 з матеріалом 10 підкладки. Матеріал 10 підкладки заправляють у валки 1, для чого валки 1 обертають. Потім подають підготовлену до пресування брикетну суміш у вертикальний завантажувальний бункер-розподільник 3. Брикетна суміш вертикально падає в бункер 3, накопичується в його нижній частині над шнеком 6 шнекового живильника 4 і ущільнюється.

Шнек 6 живильника 4 підхоплює попередньо ущільнену брикетну суміш і, обертаючись, просуває до вихідного отвору бункера 3 одночасно додатково ущільнюючи її. В результаті, з вихідного отвору бункера-розподільника 3 в простір між валками 1 при повертанні валків. Вони зближуються, роблячи таким чином обтиснення брикетної суміші. Нижче лінії центрів валків 1 формуючі комірки 2 розходяться і спресовані брикети за рахунок якості пружності та під дією сили тяжіння випадають із осередків. При цьому брикети мають оболонку із матеріалу підкладки [45].

Таблиця 2.15

Технічна характеристика валкового пресу 24 М

Діаметр валків	648 мм
Ширина робочої поверхні бандажів	202 мм
Максимальне зусилля пресування	1200 кН (120 тс)
Максимальний тиск пресування	120 МПа (1200 кгс / см ²)
Частота обертання валків	1,8 - 9.2 об / хв
Маса преса	6,5 тонн

Продуктивність (залежить від виду брикетіруемого матеріалу)	1-12 тонн / год
Обсяг брикету	10-21 см ³
Привід основний	30 кВт; 55 кВт

Апарат відновлення призначений для відновлення тетраклориду титану. Схема апарату зображена на **рис. 2.6**.

Апарат відновлення тетраклориду титану представляє собою реактор, який складається з сталевієї циліндричної реторти з фланцем та сферичним днищем. У такому виконанні конструкція стійка, технологічна у виготовленні, зручна в експлуатації. Легована сталь, з якої зазвичай виготовляють реторти, необхідна головним чином для зменшення окислення зовнішніх стінок реактора, які тривалий час контактують із повітрям при високих температурах. Крім того, дещо знижується небезпека забруднення титану залізом. Застосування хромонікелевих сталей забезпечує отримання високоякісного металу та досить тривалу службу реактора. Реактор може бути виконаний з двох самостійних деталей – реторти та склянки, яка в неї вставляється на час процесу та витягується разом із продуктами після охолодження. Показники експлуатації реактора значною мірою залежить від співвідношення його висоти до діаметру [26, 44].

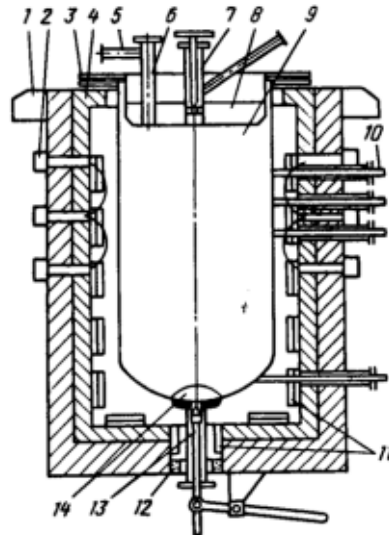


Рис. 2.6 Апарат відновлення

Апарат для вакуумної сепарації представлений на рис. 2.7.

До основних елементів апарату вакуумної сепарації відносяться реторта з реакційною масою, піч, конденсатор та теплоізоляційний екран. Реторта (або муфель) з реакційною масою є частиною апарату, що нагрівається. Висота муфеля повинна забезпечувати рівномірне розподілення температур по його робочій частині, тобто в зоні, де знаходиться титанова губка.

Для сепараційної печі найбільш доцільним є електричний обігрів: муфель, що нагрівається електричним струмом, зручніше поміщати у вакуумовану піч. Якщо застосовувати піч із газовим обігрівом, то в ній неможливо створити контрвакуум, і необхідно виготовляти товстий муфель із жароміцної сталі.

Екран є тепловою ізоляцією між реакційною масою та конденсатором. Він створює перешкоду випромінюванню тепла з муфеля в конденсатор і фланці, якими конденсатор зістикований з муфелем [13].

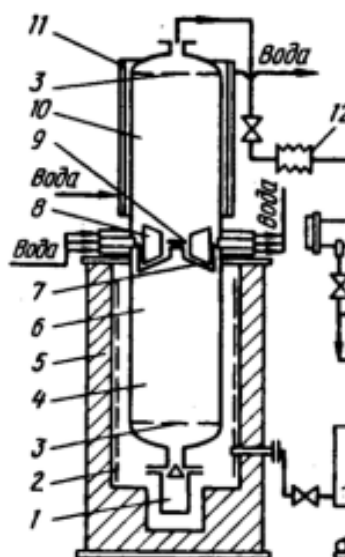


Рис. 2.7 Апарат для вакуумної сепарації

2.5 Розрахунок реактора з турбінною мішалкою

Для розрахунку основного технологічного обладнання було обрано реактор з турбінною мішалкою, який застосовується на стадії змішування таких компонентів: титанового шлаку, антрациту, луґу та пеку.

Даний реактор представляє собою резервуар, який оснащений закритою турбінною мішалкою і сорочкою для охолодження чи підігріву суміші компонентів. Технічна характеристика реактора представлена в **табл. 2.16** [44].

Таблиця 2.16

Робочий об'єм реактора	0,25 м ³
Теплоносій	вода
Робоча температура	До 200° С
Тип мішалки	Турбінна закритого типу
Діаметр мішалки	320 мм
Кількість обертів за хвилину	0,81 с ⁻¹
Потужність електродвигуна	6,327 кВт

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розрахунок реактора з турбінною мішалкою закритого типу.

Визначаємо об'єм апарату:

$$V = \frac{V_p}{\varphi_{\text{зап}}} = \frac{162}{0,7} = 231,42 \text{ л} \quad (2.1)$$

Округлюємо до стандартного значення $V = 0,25 \text{ м}^3$.

Згідно з ГОСТ 6533-78 обираємо діаметр апарату: $D = 700 \text{ мм}$.

Стандартні параметри закритої турбінної мішалки, м:

$$\frac{D}{d_M} = 2.4 \quad (2.2)$$

де d_M – діаметр мішалки.

Приймаємо, що $\frac{D}{d_M} = 2.4$, тоді діаметр турбінної мішалки розраховуємо за формулою 2.2:

$$d_M = \frac{700}{2.4} = 291.6 \text{ мм}$$

Відповідно до стандартного ряду приймаємо діаметр мішалки 320 мм.

Співвідношення стандартних розмірів закритої турбінної мішалки за якими проводиться розрахунок:

$$\frac{H_p}{d_M} = 1.75$$

$$\frac{h_1}{d_M} = 0.85$$

$$\frac{h}{d_M} = 0.25$$

$$\frac{d_1}{d_M} = 1.1$$

$$\frac{d_2}{d_M} = 1.6$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо розміри закритої турбінної мішалки згідно з співвідношеннями:

Висота рідини в апараті H_p

$$H_p = 320 \times 1.75 = 560 \text{ мм}$$

$$h_1 = 320 \times 0.85 = 272 \text{ мм}$$

Висота лопаті h

$$h = 320 \times 0.25 = 80 \text{ мм}$$

$$d_1 = 320 \times 1.1 = 352 \text{ мм}$$

$$d_2 = 320 \times 1.6 = 512 \text{ мм}$$

Ширина лопаті

$$b = 0.2 \times 320 = 64 \text{ мм}$$

Визначення частоти вала мішалки, якщо швидкість мішалки становить $w = 30 - 80$ м/с. Приймаємо $w = 80$ м/с. Тоді розраховуємо за формулою 2.3:

$$n = \frac{w}{\pi} \times d = \frac{80 \times 0.32}{3.14} = 8.15 \text{ с}^{-1} \quad (2.3)$$

Обчислюємо критерій Рейнольдса згідно формули 2.4:

$$Re = \frac{n \times d^2 \times \rho}{\mu} \quad (2.4)$$

Оскільки в даному процесі змішування на в'язкість суміші впливає пек, визначаємо його густину та в'язкість:

$$\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 0.01 \text{ Н} \times \text{с/м}^2$$

$$Re = \frac{8.15 \times 0.32^2 \times 1300}{0.01} = 108493$$

Для закритої турбінної мішалки критерій потужності розраховуємо за формулою 2.5:

$$K_n = 1.95 \times Re \quad (2.5)$$

$$K_n = 1.95 \times 108493 = 211561 \text{ Вт}$$

Потужність, що витрачається турбінною мішалкою на перемішування:

$$N = K_n \times \mu \times n^3 \times d_m^3 \quad (2.6)$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = 211561 \times 0,01 \times 8,15^2 \times 0,32^3 = 4604 \text{ В}$$

Потужність, яка витрачається на тертя у сальнику:

$$N_c = 9,84 \times (p + 0,98 \times 10^5) \times f_m \times l_c \times n \times d_B^2 \quad (2.7)$$

$$N_c = 9,84 \times (108241 + 0,98 \times 10^5) \times 0,2 \times 0,38 \times 8,15 \times 0,04^2 = 2011 \text{ Вт}$$

Розраховуємо потужність електродвигуна:

$$N_{ед} = \frac{k_1 \times k_2 \times N + N_c}{\eta} \quad (2.8)$$

$$k_1 = \frac{H_p}{D} = \frac{0,56}{0,7} = 0,8$$

k_2 – приймаємо за 1

$$N_{ед} = \frac{0,8 \times 1 \times 4604 + 2011}{0,9} = 6327 \text{ Вт} = 6,327 \text{ кВт}$$

Схема реактора з турбінною мішалкою представлена на **рис.2.8**.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

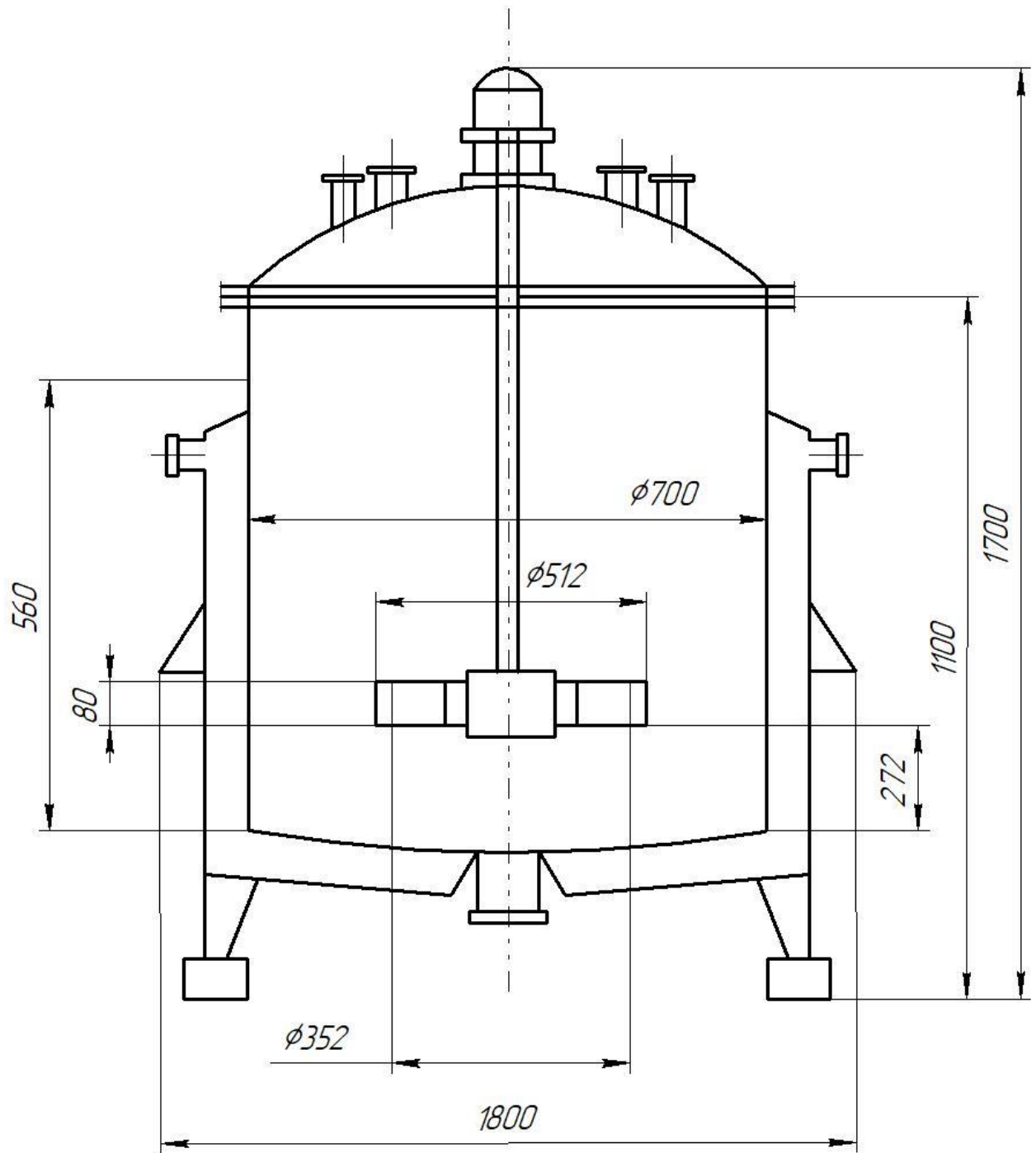


Рис.2.8 Реактор з турбінною мішалкою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

60

2.6 Опис апаратурно-технологічної схеми

Апаратурно – технологічна схема наведена на рис 2.9.

Підготовча стадія 1. Двовалковою дробаркою **1** подрібнюємо антрацит та ільменітову руду до розміру частинок 10 мм. Після цього за допомогою шнекового транспортера **2** сировина поступає у електродугову піч **3** на стадію виплавки, яка проходить за $t=1650-1800^{\circ}\text{C}$. В результаті виплавки утворюється чавун, та титановий шлак.

Підготовча стадія 2. Двовалковою дробаркою **4** подрібнюємо антрацит. Після цього подрібнена сировина за допомогою шнекового транспортера **5** надходить у реактор-змішувач **6** де додається луг та пек до титанового шлаку, після того як суміш набула однорідної консистенції із змішувача в'язка суміш подається шестирінчастим насосом **7** на валковий прес **8** де відбувається стадія брикетування за $t=110 - 120^{\circ}\text{C}$.

Основні стадії: стадія хлорування відбувається в хлораторі, отримані брикети завантажують через бункер в хлоратор **9**, хлор подається через фурми, які розташовані в нижній частині хлоратора. В результаті процесу хлорування який проходить за $t=700-900^{\circ}\text{C}$ одержуємо технічний тетрахлорид титану. Після цього технічний тетрахлорид титану направляють на стадію конденсації за допомогою газодувки **10** спочатку в пилові камери **11,12,13** де парогазову суміш охолоджують до $130 - 110^{\circ}\text{C}$, звідти вона поступає в рукавний фільтр **14**. З рукавного фільтру **14** гази потрапляють в зрошувальні конденсатори **15,17** де конденсується технічний тетрахлорид титану.

Після процесу конденсації технічний тетрахлорид титану поступає на стадію відстоювання за допомогою відцентрового насосу **20** у відстійник **21** даний процес займає 1 добу, домішки які осіли у процесі відстоювання утилізують. За допомогою відцентрового насосу **22**, рідкий тетрахлорид титану поступає на стадію очищення, яка відбувається в ректифікаційній колоні **23**. Стадія очищення відбувається при температурі $120-142^{\circ}\text{C}$, через патрубков подається пара та тетрахлорид кремнію для видалення домішок.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

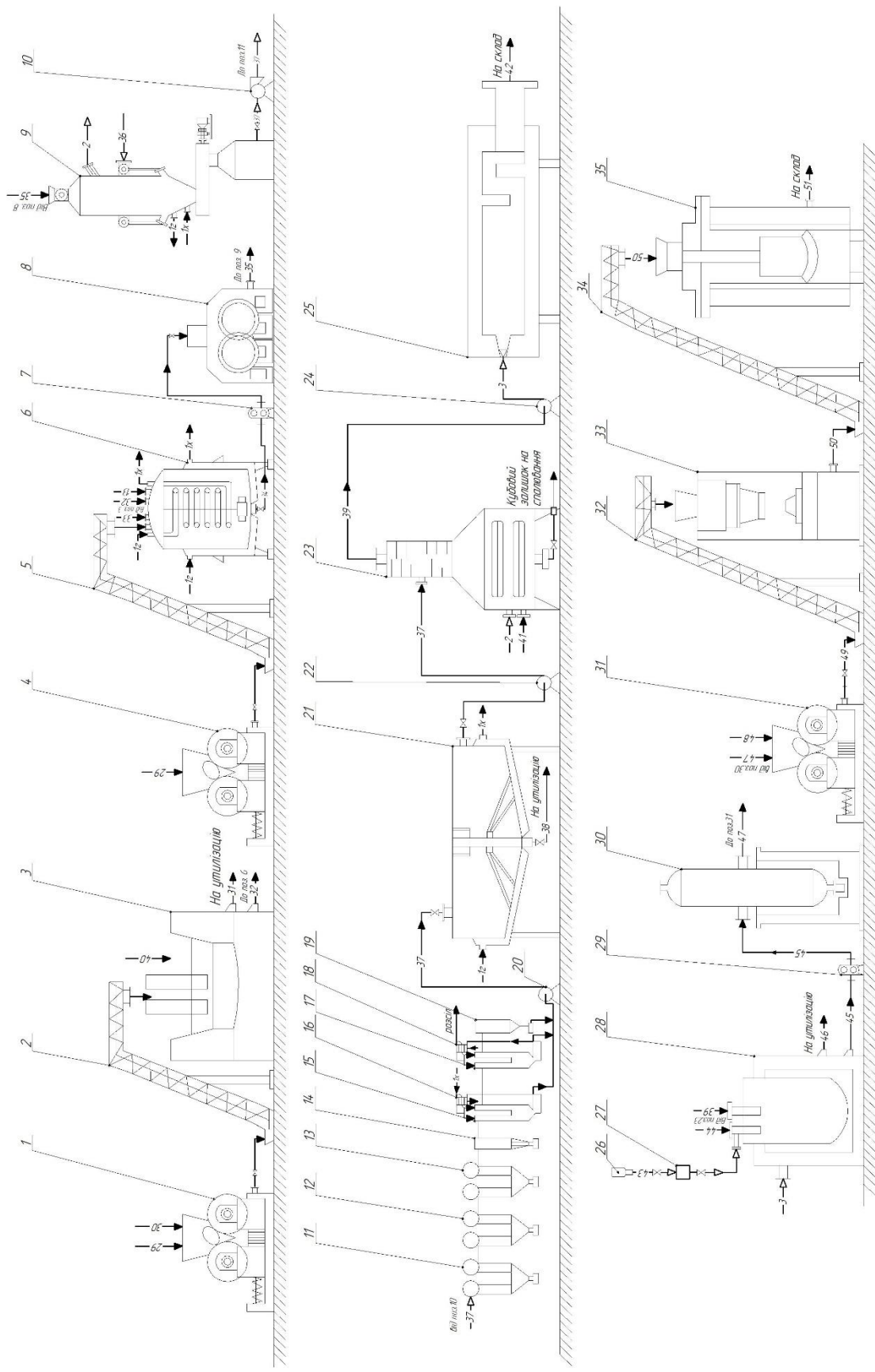


Рис. 2.9 Апаратурно-технологічна схема

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

В процесі очищення одержуємо чистий тетрахлорид титану, який поступає в відцентровий насос **24**, а після того в камеру з форсункою **25** для проведення процесу окиснення, яке відбувається за допомогою кисню та при температурі 900-100° С, отриманий хлор повертається на виробництво для подальшої реалізації, а отриманий діоксид титану на склад.

Для проведення процесу відновлення тетрахлориду титану з балону **26** в якому знаходиться аргон через дозатор **27** подається аргон в апарат відновлення **28**, процес відбувається при температурі 800-900° С, в процесі очищення утворюється реакційна маса, яка містить в собі титанову губку та дихлорид магнію. Реакційна маса за допомогою шестирінчастого насосу **29** поступає в апарат для вакуумної сепарації **30**, за температури 900-1000° С в результаті чого утворюється титанова губка. Після завершення процесу сепарації титанову губку відправляють на стадію подрібнення на двовалкову дробарку **31**. Після процесу подрібнення за допомогою шнекового транспортеру **32** подрібнену титанову губку відправляють на пресування, яке відбувається за допомогою вертикального гідропреса **33**, отримані титанові брикети через шнековий транспортер **34** подають в вакуумну дугову піч **35** для виплавки титанових злитків, які після виплавки відправляються на реалізацію до споживача.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Фінансово-економічний стан підприємства є одним з найвагоміших факторів хорошого функціонування виробництва. Перед початком закупівлі апаратів, сировини, підбору штату і т.д. необхідно розрахувати на скільки прибутковим та вигідним буде виробляти той чи інший товар, а також потрібно визначити скільки коштів необхідно затратити для реалізації продукції. Під час проведення розрахунків необхідно визначити: собівартість продукції, прибуток, чисельність працівників, заробітню плату для працівників, основний фонд (кількість та вартість необхідного устаткування), оборотний фонд (сировина).

Таблиця 3.1

Витрати основних фондів

Назва апаратів	К-сть, шт.	Ціна (за 1 шт./грн)	Витрати на придбання	Транспортні витрати	Монтажні витрати	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
Двовалкова дробарка	3	48.000	144.000	1500	3000	148.500
Шнековий транспортер	3	15.000	45.000	800	3500	49.300
Електродугова піч	1	50.000	50.000	2000	1500	53.500
Реактор	1	27.000	27.000	2200	1300	30.500
Насос	5	6.000	30.000	1000	900	31.900
Валковий прес	1	100.000	100.000	1700	2000	103.700
Хлоратор	1	18.000	18.000	1900	2000	21.900

ННІХТ. ХТ-4-4.022.161.064.КР.ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Білан А.Г.				у	64	89
Перевір.		Бойчук Т.М.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Консульт.								
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7
Вакуумна дуг. піч	1	300.000	300.000	3000	3000	306.000
Ректифікаційна колона	1	40.000	40.000	2000	1700	43.700
Апарат для вакуумної сепарації	1	90.000	90.000	2500	3000	95.500
Апарат для відновлення TiCl ₄	1	75.000	75.000	2900	3300	81.200
Змішувач	1	20.000	20.000	700	1000	21.700
Загальні витрати	987.400					

Таблиця 3.2

Розрахунок оборотних фондів

Витрати	Сума, грн/рік
Антрацит	400.000
Ільменітовий концентрат	600.000
Вода технічна	70.000
Хлор	550.000
Кальцій оксид	182.500
Луг	350.000
Пек	150.000
Загальні витрати	2.232.570

Отже, як видно з таблиці загальна вартість оборотних фондів становить 2.232.570 тис. грн.

Річна потужність виробництва

Працівники на даному підприємстві працюють у три зміни, завод працює 363 доби у році (364 доби у високосному році).

Річна потужність даного виробництва становить:

$$100 \times 363 = 36.300 \text{ т/рік}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Коефіцієнт виробництва становить 0,9. Тоді річний обсяг виробництва:
 $36.300 \times 36.300 \times 0.9 = 1.185.921.000$ кг

Чисельність працівників

Кожен працівник згідно з чинного законодавства має працювати не більше 40 год. на тиждень, тобто 8 год/день.

Розраховуємо необхідну кількість робітників з погодинної оплатою праці:

$$Ч = \frac{K_{зм} \times K}{Б} = \frac{60 \times 363}{8} \approx 2723 \text{ чол.}$$

$K_{зм}$ – кількість людей за зміну.

K – кількість змін на рік.

$Б$ – робочий час робітника за зміну.

Витрати пов'язані з заробітною платою

Таблиця 3.3

Посада	К-сть	Заробітня плата грн/місяць
1	2	3
Генеральний директор	1	27.000
Провідні спеціалісти:		
Електромонтер	3	
Бухгалтер	1	
Інженер	2	
Старший енергетик	1	
Всього	7	12.000
Фахівці з вищою освітою:		
Інженер-конструктор	5	
Інженер-енергетик	3	
Всього	8	8.300

Продовження табл. 3.3

1	2	3
Робітники з середньою освітою: Водій автотранспортних засобів, токарь, вантажники, персонал з клінінгу	12	5.000
Начальники підрозділів: Начальник печної дільниці Начальник дільниці загальнобудівельних та оздоблювальних робіт Начальник контролю якості Начальник складського приміщення Всього	1 1 1 1 4	10.000
Загалом	277.400	

20% від зарплати йде на соціальні виплати тобто $277.400 \times 0,2 = 55.480$ тис. грн

Отже, загальний фонд заробітної плати 277.400 тис.грн/місяць та 3.328.800 на рік.

Витрати на устаткування

Таблиця 3.4

Вид основних фондів	Амортизація		Витрати на ремонт (поточний та капітальний)		Загальні витрати
	%	тис.грн	%	тис.грн	
Машини та обладнання	10	120	5	90	210
Загалом					210.000

Загальні витрати на виробництво продукції

Таблиця 3.5

Витрати	Сума
Обладнання	987.400
Сировина	2.232.570
Енерговитрати	5.500
Заробітня плата	277.400
Соціальні заходи	55.480
Витрати на експлуатацію обладнання	90.000
Витрати на амортизацію	120.000
Загалом	2.781.937

Собівартість виробництва 2.781.937, тоді поза виробничі втрати, які складають 0,2% до виробничої собівартості:

$$2.781.937 \times 0.002 = 55 \text{ тис. } 638 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати:

$$2.781.937 \times 0.02 = 55 \text{ тис. } 638 \text{ грн.}$$

Ефективність виробництва

Собівартість продукції складає:

$$120.000 + 3.328.800 + 2.232.570 = 5.681.370 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок річного прибутку даного підприємства:

$$П = Ц - С = 7.986.000 - 5.681.370 = 2.304.630 \text{ грн/рік}$$

Враховуючи податок на прибуток, який складає 18%, тоді:

$$П = 2.304.630 \times 0.82 = 1.889.796 \text{ грн/рік}$$

Рентабельність підприємства:

$$P = \frac{П}{С} \times 100\% = \frac{1.889.769}{5.681.370} \times 100\% = 33\%$$

Капіталовкладення:

$$K = 987.400 + 2.232.570 + 3.328.800 = 5.562.357 \text{ грн}$$

Час за який повертається капіталовкладення:

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{5.562.357}{1.889.796} = 2.94 \text{ роки}$$

Отже, з економічного розрахунку можемо зробити висновок, що дане підприємство є економічно вигідним та рентабельним, оскільки рентабельність підприємства становить 33%, собівартість одиниці продукції 77 грн, а період за який можна повернути капіталовкладення 2.94 роки.

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

В залежності від структури випускають дві форми діоксиду титану – анатазну та рутильну. Діоксид титану виготовляють різних марок в залежності від області застосування. Всі можливі марки харчової добавки Е-171 представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Марка	Область застосування
Р-1	Виготовлення резини та білого бетону
Р-02, 03, 04	Для лакофарбової промисловості
Р-05	У виробництві декоративної плівки
А-1	Резина, папір, плівкові матеріали
А-2	Віскозні волокна та папір
А-01	Плівкові та лакофарбові матеріали
А-02	Емалі, поліграфічні фарби

Згідно з ГОСТ 9808-84 Діоксид титану. Технічні умови. За органолептичними показниками діоксид титану являє собою білий порошок, без запаху, середній розмір частинок 0,3 мкм. При нагріванні порошок змінює свій колір на жовтий, а при охолодженні знову стає білим.

Діоксид титану повинен відповідати всім вимогам, які зазначені в ГОСТ 9808-84 Діоксид титану. Технічні умови. Фізико-хімічні норми якості діоксиду титану різних марок наведено в таблиці 4.2 [38].

					<i>ННІХТ. ХТ-4-4.022.161.070.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Білан А.Г.			ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.				у	70	89
Консульт.						<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Фізико-хімічні показники діоксиду титану

Найменування показника	Норма для марки								
	P-1	P-02	P-03	P-04	P-05	A-1	A-2	A-01	A-02
Масова частка TiO_2 , %	98	93	90	90	92	98	98	94	94
Масова частка рутильної форми, %	95	95	97	97	97	Не нормується			
Масова частка летких речовин, %	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Масова частка водорозчинних речовин, %	0,4	0,3	0,2	0,1	0,5	0,4	0,5	0,3	0,1
pH водного розчину	6,5-8,0								
Масова частка Fe_2O_3 , %	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Масова частка P_2O_5 , %	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04

Контроль якості TiO_2 *Відбір проб діоксиду титану*

Точкові проби порошкоподібних та твердих матеріалів беруть з будь-яких точок маси. Проби твердих матеріалів дозволяється брати з різних точок зіскоблюванням або подрібненням до порошкового стану. Проби порошкоподібних матеріалів беруть за допомогою пробовідбірника по вертикальній осі або діагоналі.

Визначення масової частки заліза

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Буферний розчин рН 5,5-5,7 змішують 910 см³ розчину оцтокислого натрію концентрацією 2 моль/дм³ та 90 см³ розчину оцтової кислоти концентрацією 2 моль/дм³.

Проведення аналізу

0,1000-0,1099 г діоксиду титана, який висушили до постійної маси поміщають у стакан 50 см³, додають 1,5 г сірнокислотного амонію та доливають 3,0 см³ концентрованої сульфатної кислоти, та нагрівають до розчинення діоксиду титана.

Розчин охолоджують до кімнатної температури, переносять в мірну колбу (50см³), доводять до мітки водою та перемішують. 25 см³ фільтрату поміщають в мірну колбу 50см³, додають 1 см³ розчинну винної кислоти потім додають 1-2 краплі розчину n-нітрофенолу та розчин аміаку до появи жовтого кольору, який нейтралізують додаванням по каплям розчину оцтової кислоти. Додають 5 см³ буферного розчину, 1 см³ о-фенантролину та нагрівають на водяній бані 10 хв. Розчин охолоджують і доводять водою до мітки та вимірюють оптичну густина.

Дослідження масової частки основної речовини.

Даний дослід проводять за допомогою редуктора. 0,2 г діоксиду титану, який був попередньо висушений до постійної маси, поміщають в хімічний стакан, додають 2,5 г сірнокислотного амонію та додають 5 см³ концентрованої сульфатної кислоти, зачинивши стакан його необхідно нагріти до розчинення пігменту. Потім розчин охолоджують поступово додаючи 30 см³ води та ретельно перемішують. Розчин переносять в редуктор, використовуючи розчин сульфатної кислоти з масовою часткою 5%, зачиняють його та проводять відновлення титан (IV) цинком протягом 10 хв або кадмієм 30 хв.

В колбу для титрування наливають 5 см³ розчину роданістого амонію, потім її наповнюють вуглекислим газом ти зливають з редуктора відновлений розчин, розчин переводять в редуктор та з'єднують з основним розчином.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Титрування відбувається розчином залізоамонійних квасців до появи жовто-помаранчевого кольору, яке не зникає при перемішуванні.

Визначення масової частки з'єднання фосфору в перерахунку на P_2O_5 .

До 0,5 г діоксиду титана додають 4,0 г вуглекислого натрію, 0,1 г азотнокислого калію та проводять сплавлення при 1000°C в платиновому тиглі 45хв. Плав вилуговують в стакані за допомогою гарячої води при температурі $70-90^\circ\text{C}$. Якщо з'являється зелене забарвлення (через манганат-іони), додають 3-5 крапель етилового спирту і нагрівають доки не зникне забарвлення. Розчин переливають в мірну колбу (200cm^3), а після охолодження доводять водою до мітки. 5 cm^3 фільтрату поміщають в мірну колбу (50cm^3) додаючи 1 каплю фенофталеїну та нейтралізують розчином сульфатної кислоти поки розчин не стане прозорого кольору. Після того додають ще 1 cm^3 сульфатної кислоти, воду до об'єма 30cm^3 , 10 cm^3 калориметричного реактиву та доводять водою до мітки і вимірюють оптичну густину фотоелектроколориметром.

Контроль якості титанових злитків

Відбір та підготовка проб титану

Титан губчастий повинен відповідати всім вимогам зазначеним у ГОСТ 17746-96 [39].

Об'єднану пробу від партій губчастого титану у вигляді брикетів отримують об'єднанням брикетів, відібраних довільно, по одному брикету від кожної пакувальної одиниці партії. За допомогою механічного або автоматичного пробовідбірника.

Середню пробу від партій у брикетах отримують висвердлюванням або зняттям стружки від кожного брикету, що входить до об'єднаної проби. Маса стружки, що отримується від кожного брикету, повинна бути не меншою за масу брикету. За необхідності пробу скорочують на щілинному дільнику.

Середню пробу піддають магнітному очищенню. Маса середньої проби має бути не менше 0,5 кг.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метод визначення магнію

Наважку проби масою 0,5-1,0 г поміщають у конічну колбу місткістю 100 см, доливають 70 см розчину соляної кислоти (1:1), колбу накривають годинниковим склом або скляною лійкою і розчиняють при нагріванні, підтримуючи об'єм розчину в колбі приблизно 50 см додаванням того самого розчину соляної кислоти.

Після повного розчинення наважки додають краплями азотну кислоту до зникнення фіолетового забарвлення розчину і кип'ятять протягом 3-5 хв. Розчин охолоджують до кімнатної температури, переливають у мірну колбу місткістю 100 см, доливають водою до мітки та перемішують. Для приготування розчину контрольного досвіду конічну колбу місткістю 100 см поміщають 70 см розчину соляної кислоти (1:1), нагрівають до кипіння, додають 3-4 краплі азотної кислоти і кип'ятять протягом 3-5 хв. Потім розчин охолоджують до кімнатної температури, переводять у мірну колбу місткістю 100 см, доливають водою до мітки та перемішують. Перед вимірюванням атомної абсорбції розчинів проби та контрольного проби проводять побудову градууювального графіка або градуювання приладу, якщо він працює в автоматичному режимі. Розчином порівняння є розчин контрольного зразка.

Метод визначення алюмінію

Наважку проби масою 0,5-1,0 г поміщають у конічну колбу місткістю 250 см, доливають 70 см розчину соляної кислоти (1:1), колбу накривають годинниковим склом або скляною лійкою і розчиняють при нагріванні, підтримуючи об'єм приблизно 50 см додаванням того ж розчину соляної кислоти.

Після повного розчинення наважки краплями додають азотну кислоту до зникнення фіолетового забарвлення розчину і кип'ятять протягом 3-5 хв.

Розчин охолоджують до кімнатної температури, переносять у мірну колбу місткістю 100 см, доливають водою до мітки та перемішують.

Аліквотну частину розчину 25 см поміщають у конічну колбу місткістю 250 см, нейтралізують розчином гідроксиду натрію по індикаторному папері

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

конго до почервоніння паперу і додають 10 см надлишку. Розчин кип'ятять протягом 10-20 хв, охолоджують до кімнатної температури, переносять у мірну колбу місткістю 100 см, доливають водою до мітки та перемішують. Розчин фільтрують через фільтр "жовта стрічка" у конічну колбу місткістю 100 см, відкидаючи першу порцію фільтрату.

Аліквотну частину фільтрату 5-50 см поміщають у мірну колбу місткістю 100 см, додають одну краплю фенолфталеїну, нейтралізують розчином соляної кислоти (4 моль/дм) до зникнення забарвлення індикатора і додають 0,5 см розчину кислоти надлишок.

Ополіскують горло колби водою і нейтралізують по папері конго розчином уротропіну. Потім розчин доливають 10 см буферного розчину, додають воду до об'єму приблизно 80 см і вводять 2 см розчину сульфохлорфенолу С. Розчин залишають на 15-20 хв для розвитку фарбування комплексного з'єднання, потім доливають 3 см розчину соляної кислоти (4 моль/дм) , доливають водою до мітки та перемішують.

Оптичну густину розчину вимірюють при довжині хвилі 670 нм з товщиною поглинаючого шару 50 мм. Розчином порівняння є розчин контрольного зразку.

Метод визначення кремнію

Наважку проби масою 0,5 г поміщають у поліетиленову посудину місткістю 250 см, доливають 40 см води, 5 см фтористоводневої кислоти, накривають поліетиленовою кришкою та загвинчують. Посудину поміщають у кристалізатор з водою, що має температуру (355±5), і витримують близько 30-40 хв до повного розчинення наважки.

Після повного розчинення наважки розчин доливають 100 см розчину борної кислоти, 50 см води і по краплях додають розчин перманганату калію до стійкого рожевого кольору і ще 5 крапель у надлишок. Посудину поміщають на водяну баню на 90 хв для гідролітичного осадження титану, розчин з осадом періодично перемішують.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Розчин з осадом охолоджують у холодній проточній воді до температури (298 ± 2) , після чого доливають 10 см розчину молібдату амонію, перемішують і залишають відстоюватися на 10 хв. Потім додають 5 см розчину винної кислоти і з бюретки 3 см відновного розчину, перемішують і відстоюють протягом 25 хв.

Розчин переносять у мірну колбу місткістю 250 см, доливають водою до мітки, перемішують, фільтрують через щільний сухий фільтр "синя стрічка" в суху конічну колбу місткістю 100 см. Оптичну щільність розчину вимірюють при довжині хвилі 670 нм в кюветі при масовій частці кремнію від 0,005% до 0,02% та 10 мм - при масовій частці кремнію понад 0,02% до 0,12%. Розчином порівняння є вода. Паралельно з аналізом проби проводять контрольний зразок. Оптичну густину розчину контрольного зразку вимірюють по відношенню до води і віднімають з оптичної густини розчину проби. Масову частку кремнію розраховують за градувальним графіком.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Екологічні фактори небезпеки на виробництві

З кожним роком видобуток корисних копалин набирає обертів, проте, сумним є той факт, що лише невелика частина цих ресурсів проходить переробку та в подальшому стає готовою продукцією. Все інше викидається назад в природу, проте вже у вигляді забруднюючих її відходів. В період з 2005 до 2015 року хімічні підприємства, а також енергетики, чорної та кольорової металургії утворили близько млрд. тонн відходів, з них близько половини – небезпечні, які перш за все забруднюють навколишнє середовище, яке в свою чергу може негативно вплинути на здоров'я людей та майбутнє покоління. З усього обсягу утворення промислових відходів переробки і використання повторно піддається в середньому близько 7%.

Аналізуючи сучасний стан титанового виробництва в межах нашої країни стає зрозумілим, що дані підприємства характеризуються достатньо значними відходами, а саме втратами цінних компонентів, які знижують економічну ефективність.

Чистий тетрахлорид титану є сировиною для виробництва титанових злитків. Його отримують в процесі хлорування титанового шлаку, який поряд з діоксидом титану містить кисневі сполуки Fe, Mn, Mg, Ca, Al, Si, V тощо. Під час процесу хлорування леткі хлориди можуть накопичуватися в сольовому розплаві, погіршуючи його властивості. Частина відпрацьованого розплаву періодично зливається, а нова частина свіжої солі завантажується в хлоратор. Після хлорування утворюється промисловий тетрахлорид титану і близько одного відсотка наступних складових домішок: Si; Al; Fe; V; Cl.

При виробництві 1,0 т тетрахлориду титану утворюється від 300 кг до 350 кг хлоридних відходів, які вивозять у відвал [37].

					<i>ННІХТ. ХТ-4-4.022.161.077.КР.ПЗ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						
Розроб.		Білан А.Г.			ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА					
Перевір.		Бойчук Т.М.						Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.								у	77	89
Н. Контр.		Подобій О.В.						<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.								

В результаті разом з твердими відходами втрачається, діоксид титану, вуглець, хлорид натрію та інші домішки металів.

Дані відходи є небезпечними для природи. На сьогоднішній день актуальним завданням залишається розумне використання відходів, які утворюються в процесі виробництва $TiCl_4$.

На сьогоднішній день вчені розробили та випробували в лабораторних та напівпромислових масштабах різні технологічні варіанти переробки хлорованих відходів, при яких можна виділити різноманітні цінні компоненти: сполуки ванадію, скандію тощо. Однак завданням комплексної переробки відходів виробництва тетрахлориду титану є видалення хлору, вуглецю, хлориду натрію та повернення їх у технологічний потік. Наприклад, ми повертаємо хлор, який утворився на стадії окиснення назад на стадію хлорування для отримання тетрахлориду титану. План процесу регенерації відходів хлорування титанового шлаку включає гідрометалургійну обробку твердих хлоридних відходів, електроліз розчину хлориду натрію та очищення газу [36].

В основу регенеративної переробки покладено властивість гідроксиду натрію до регенерації у водних розчинах, завдяки чому можливо організувати замкнутий по хлориду натрію цикл переробки відходів. Гідрометалургійну обробку твердих хлоридних відходів здійснюють шляхом газоочищення стоків, що розмивають сіль і відхідний розплав сольового хлоратора.

Отриману після очищення нерозчинних компонентів суспензію нейтралізували лужним розчином з одержанням розсолу, вуглецевої корки та агломератів оксиду заліза. Після подальшого очищення розсіл випарювали, одержуючи при цьому кристалічний хлорид натрію та його концентрований очищений розчин. Сіль повертають на хлорування титановмісної шихти.

Розчин направляють на електроліз, продуктами якого є лужний розчин, водень та хлор. Утворений хлор направляють на процес хлорування титанового шлаку, а лужний розчин використовується як реагент для

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

очищення газу для нейтралізації та уловлювання газоподібних відходів у процесі хлорування.

Впровадження регенеративної обробки відходів виробництва тетрахлориду титану дозволить комплексно переробляти відхідний розплав, знижуючи коефіцієнт споживання хлору та хлориду натрію.

Отже, застосування гідрометалургійної переробки відходів, яка відбувається на стадії хлорування титанового шлаку передбачає вилучення основних компонентів, які входять до складу відходів хлорування і повернення їх у виробництво.

Проте сам титан губчастий є біологічно та екологічно нешкідливим матеріалом також він радіаційно безпечний [26, 40].

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Небезпечні та шкідливі фактори при виробництві губчастого титану

1) травмування – можна травмуватися при неправильній експлуатації виробничого обладнання, нанести шкоду також можуть: рухомі машини та механізми, автотранспор для транспортування вантажів, преси, дробарки, конвеєри, піч.

2) в результаті подрібнення антрациту, транспортування та завантаження шихтових матеріалів можна спостерігати підвищену запиленість і забруднення повітря в робочій зоні ці фактори впливають на верхні дихальні шляхи людини, тому обов'язковою умовою на виробництві є спецодяг, респіратор та окуляри.

3) опіки можуть виникнути через підвищену температуру поверхні обладнання, заповнення магнієм в установках відновлення, скидання дихлориду магнію, розвантаження пилової камери після сольових хлораторів.

4) тепловий удар та термічні опіки можуть виникнути через підвищену температуру повітря робочої зони.

5) негативний вплив на органи слуху може впливати підвищений рівень шуму на робочому місці, а саме під час використання дробарок, обладнання для подрібнення та пакування.

6) підвищений рівень вібрації може негативно впливати на ЦНС.

7) електричний удар та електротравми виникають при підвищеному значенні напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може здійснитися через тіло людини: електроди хлоратора, електродвигуни насосів.

8) вплив інфрачервоного випромінювання негативно впливає на зір людини корпус РТП, виливниці та шлаковні з розплавом титанового шлаку та попутного металу [41].

					<i>ННІХТ. ХТ-4-4.022.161.080.КР.ПЗ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						
Розроб.		Білан А.Г.			ОХОРОНА ПРАЦІ					
Перевір.		Бойчук Т.М.						Літ.	Арк.	Аркушів
Консульт.								у	80	89
Н. Контр.		Подобій О.В.						<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.								

9) недостатня кількість природного освітлення або підвищення яскравість освітлення негативно впливає на органи зору.

Серед причин нещасних випадків домінують організаційні – 55%; технічні причини - 33%; психологічні – 12%.

Найпоширенішими організаційними причинами виробництва є:

- недотримання правил з охорони праці;
- невиконання службових обов'язків;
- порушення технологічного процесу.

Найпоширеніші технічні причини:

- незадовільний технічні умови виробничих приміщень;
- технічний процес недосконалий та не відповідає умовам безпеки;
- недоліки конструкцій, дефекти, недостатня надійність засобів

виробництва.

Найпоширенішими психофізіологічними причинами є:

- особиста халатність потерпілого;
- травми, які спричинені необережними діями інших осіб.

Аналізуючи територію підприємства можна виділити найбільш небезпечні місця:

- територія зберігання вибухонебезпечних речовин;
- складське приміщення для зберігання метанолу та аміаку;
- територія газгольдерів.

6.2 Виробниче освітлення

Обов'язковою умовою яке висувається до всіх виробничих приміщення це наявність природного освітлення. Штучне освітлення слід використовувати всередині приміщень і на вулиці, де постійно або тимчасово присутні працівники. Виробничі цехи, відділення, кабінети мають такі види освітлення: робоче та аварійне. Метою робочого освітлення є забезпечення освітлення робочої поверхні не менше стандартного. Аварійне освітлення забезпечує не менше 5% від норми на робочих поверхнях. У разі систем загального освітлення рівень аварійного освітлення в будівлі повинен бути не менше 2 лк.

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Евакуаційне освітлення повинно забезпечувати не менше 0,5 лк на поверххах, сходах на проходах. При поганому або недостатньому освітленні приміщень у працівників підприємства можуть виникати проблеми з органами зору також це може призвести до негативних наслідків для здоров'я під час виконання роботи [43].

6.3 Заходи з електробезпеки

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів, які повинні забезпечувати захист людей від шкідливого та загрозливого впливу електричного струму, електромагнітного поля, електричної дуги та статичної електрики.

Для уникнення нещасних випадків та опіків від електричного струму керівництво фірми має піклуватися про заземлення та занулення кожної електроустановки. В кожному відділі підприємства знаходиться щонайменше 5 електроприладів. Всі співробітники повинні бути ознайомлені з правилами безпечної роботи з обладнанням та електроприладами та сумлінно дотримуватися їх [42].

6.4 Характеристика шкідливих речовин на підприємстві

СО (окис вуглецю) дана сполука утворюється під час виплавки ільменітового концентрату. Монооксид вуглецю – безбарвний, надзвичайно отруйний газ, оскільки зовсім немає запаху, у воді майже не розчиняється і не вступає з нею в хімічну реакцію.

Відноситься до 4 класу небезпеки, ГДК 20мг/куб. м. У разі отруєння даним газом необхідно відразу вивести потерпілого із загазованої зони в іншу кімнату та звільнити від одягу, кий може здавлювати. За необхідності зробити штучне дихання, обов'язково викликати швидку допомогу. Заходи попередження: герметичність обладнання, забезпечення якісної роботи вентиляції [26,20].

Cl₂ (хлор) застосовується на ділянці хлорування титанового шлаку. Перебуває у двох агрегатних станах: газ та рідина, відноситься до 2 класу небезпеки, ГДК в повітрі виробничих приміщень 1 мг/м³. Хлор — важкий газ

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

жовтувато-зеленого кольору з різким, задушливим запахом, відноситься до неметалів. При вдиханні дуже подразнює слизові оболонки, викликаючи сильний кашель, а в деяких випадках і летальний результат.

Під тиском близько 6 атмосфер хлор розріджується в жовту густу рідину при кімнатній температурі, кипить при -34°C при нормальному тиску і твердне в блідо-жовтий кристал при $-102,4^{\circ}\text{C}$. Для безпечного транспортування та зберігання скраплений хлор знаходиться у балонах виготовлених із сталі [5].

Хлор добре розчиняється у воді. При кімнатній температурі в одному об'ємі води розчиняється більше двох об'ємів хлору. Цей розчин називають хлорованою водою.

Позрадноє дихальні шляхи та слизову оболонку очей. У разі потрапляння хлору у очі необхідно промити великою кількістю води або слабким розчином соди для зняття подразнення. При потраплянні в дихальні шляхи– зробити штучне дихання, шкіру, рот, ніс вимити 2% розчином питної соди або водою [26, 10].

MgCl₂ (дихлорид магнію) – безбарвні кристали, густина $2,325\text{ г/см}^3$, $t_{\text{пл}}=714^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кип}}=1412^{\circ}\text{C}$. Хлорид магнію дуже гігроскопічний; розчинність у воді при 20°C 35,3 % за масою. Відноситься до 2 класу небезпеки. При потраплянні на шкіру можливий хімічний опік, необхідно промити великою кількістю води та содовим розчином, за необхідності звернутися за медичною допомогою. Для уникнення потрапляння дихлориду магнію в дихальні шляхи необхідно використовувати респіратор [4, 33].

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

ВИСНОВКИ

1. Проведено пошук науково-технічної літератури та її аналіз щодо технології виробництва білого пігменту – діоксиду титану. Проаналізовано ринок і способи виробництва титан (IV) оксиду та обрано найбільш доцільний – хлорний метод.
2. Запропоновано як удосконалення технології виробництво титанових злитків з чистого тетрахлориду титану, який є проміжним продуктом на стадії очищення виробництва харчової добавки.
3. Розроблено принципово-технологічну схему технології виробництва діоксиду титану.
4. Проведено розрахунок матеріального балансу по кожній стадії виробництва в результаті якого для отримання діоксиду титану необхідно затратити 100 кг ільменітового концентрату; 100 кг антрациту; СаО 25 кг; пеку 8 кг; лугу 16 кг.
5. Здійснено підбір основного обладнання на основі якого було складено апаратурно-технологічну схему.
6. Розраховано реактор для змішування з турбінною мішалкою, робочий об'єм якого 0,25 м³ та потужність електроприводу 6,327 кВт.
7. Проведено економічний розрахунок в результаті якого стає зрозуміло, що спроектоване підприємство є вигідним та буде користуватися попитом оскільки його рентабельність складає 33%, собівартість одиниці продукції 77 грн., а період за який можливо повернути капіталовкладення – 2.94 роки.
8. Проаналізовано шкідливі фактори під час виробництва діоксиду титану для навколишнього середовища та запропоновано шляхи їх уникнення.

					<i>ННІХТ. ХТ-4-4.022.161.084.КР.ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Білан А.Г.			ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.				у	84	89
Консульт.								
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						
						<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуріна Г. І. Пігменти : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 158 с.
2. Ильин А. А., Колачев Б. А., Польшкин И. С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства : навч. посіб. Москва: ВИЛС-МАТИ, 2009. 520 с.
3. Загальна хімічна технологія : підручник / В.Т. Яворський та ін. ; Видавництво Національного університету «Львівська політехніка» Львів, 2005. 552 с.
4. Ахметов Т. Г. Химическая технология неорганических веществ : навч. посіб. Москва: Высшая школа, 2002. 688 с.
5. Гармата В. А. Титан : навч. посіб. Москва: Metallургия, 1983. 559 с.
6. Шабанова Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов : навч. посіб. Москва: Академкнига, 2006. 309 с.
7. Васютинский Н.А. Титановые шлаки : навч. посіб. Москва: Metallургия, 1972. 208 с.
8. Зеликман А. Н., Коршунов Б.Г. Metallургия редких металлов : навч. посіб. Москва: Metallургия, 1991. 432 с.
9. Тарасов А.В. Metallургия титана : навч. посіб. Москва: Академкнига, 2003. 328 с.
10. Конспект лекцій з курсу «Загальна хімічна технологія» / В.В. Лялін та ін. Одеса ОНПУ, 2001. 34 с.
11. Расчеты по технологии неорганических веществ: навч. посіб. / Л. Л. Товажнянский та ін. Харків: НТУ «ХПИ», 2005. 92 с.
12. Лебедев В. А. Metallургия титана: навч. посіб Екатеринбург: УМЦ УПИ, 2015. 194 с.
13. Байбеков М.К. Производство четыреххлористого титана: навч. посіб. Москва: Metallургия, 1987. 128 с.

<i>ННІХТ. ХТ-4-4.022.161.085.КР.ПЗ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата
<i>Розроб.</i>		<i>Білан А.Г.</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>		
<i>Консульт.</i>				
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>		
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ				
<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		у	85	89

14. Gnaser H. Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 2004. P. 505–535.
15. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навчання [Електронний ресурс] / уклад. О.Г. Макаренко, І.В. Житнецький - К.: НУХТ, 2015. 21 с.
16. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування: навч. посіб. / За ред. проф. І.Ф. Малєжика. – К.: НУХТ, 2012. 543 с.
17. Подобій О. В. Хімія та технологія харчових добавок. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту / О. В. Подобій, І.В. Житнецький. – Київ: НУХТ, 2018. 33 с.
18. Дьяченко А.Н. Фтороаммонийный метод получения диоксида титана. Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 3. С. 99 - 102.
19. Листопад Д. А. Усовершенствование магнитермического процесса получения титана губчатого с целью снижения поступления примесей. Фундаментальные исследования. 2012. № 3/1(5). С. 13-14.
20. Косогіна І. В., Астрелін І. М. Прикладна хімія : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 282 с.
21. Сивак В. В., Ульянов Л. М., Соколов М. В. Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. Обзор современных методов очистки тетрахлорида титана : зб. наук. праць. 2012. №10. С. 96-105.
22. Боброва Т. Б. Основы материаловедства : навч. посіб. Київ : ГУРТ, 2019. 103 с.
23. Нечаев В. Н. Тепломассоперенос в реакторе получения пористого титана магнетермическим способом : дис. ... канд. техн. наук : 01.02.05. Пермский Нац. исследов. политехн. ун-т. Пермь, 2014. 109 с.
24. Ивченко З. А., Лунев В. В. Изготовление и использование прессованных титановых брикетов. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 2010. № 1. С. 90-92.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

25. Технологические и металлургические особенности выплавки слитков титановых сплавов в электрошлаковых печах камерного типа / И. В. Протоковиллов та ін. Современная электрометаллургия. 2018. № 2 (131). С. 45-51.
26. Способ производства химически активных металлов и устройство для его осуществления : пат. 110819 Росія. заяв. 11.09.2009. 22 с.
27. Лаштур А.Л., Ерёмин В.В. Экономические науки и прикладные исследования. Маркетинг рынка диоксида титана : зб. наук. праць за матеріалами Міжнар. наук.-практ. конф., 17-21 листопада 2015. Томск : ТПУ, 2015. Т. 2. С. 223-227.
28. A review of the production cycle of titanium dioxide pigment / Gázquez M. J. et al. Materials Sciences and Applications. 2014. № 5. P. 441-458.
29. Petersen A. E., Shirts M. B., Allen J. P. Production of titanium dioxide pigment from perovskite concentrates, acid sulfation method : University of Michigan Library, 1992. 47 с.
30. Романцов С.А. Исследования технологии выплавки титанового шлака из ильменитового концентрата. Металургія кольорових металів : зб. наук. праць. Молода академія, 2015. Т. 1. С. 26.
31. Выплавка титанового шлака для использования в сварочном производстве / Ф. К. Биктагиров та ін. Современная электрометаллургия. 2017. №1 (126). С. 39-43.
32. Лопатенко С. В. Конденсация и разделение продуктов хлорирования при производстве тетрахлорида титана. Наукові записки : зб. наук. праць. КНТУ. 2009. Вип. 9. С. 3-8.
33. Авраменко Н. Л. Хімія : навч. посіб. Ірпінь : УДФСУ, 2020. 274 с.
34. Хороших В.М., Белоус В.А. Пленки диоксида титана для фотокатализа и медицины. Физическая инженерия поверхности. 2009. Т. 7. № 3. С. 223-238.
35. Верховлюк А.М., Нарівський А.В., Могилатенко В.Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва : навч. посіб. Київ : Вініченко, 2016. 224 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Ксензенко В.И. Общая химическая технология и основы промышленной экологии : навч. посіб. Москва : Химия, 2001. 328 с.
37. Методичні рекомендації до виконання курсової та лабораторних робіт з курсу «Хімічна технологія і промислова екологія» / А.Л. Концевой та ін. Київ : КПІ, 1995. 68 с.
38. ГОСТ 9808-84 Двуокись титана пигментная. Технические условия : Министерство химической промышленности СССР. 2004.
39. ГОСТ 17746-96 Титан губчатый. Технические условия : Министерство химической промышленности СССР. 1996.
40. Самойленко Н. М., Аверченко В. І., Байрачний В. Б. Системи технологій та промислова екологія Ч. І. Металургійний та енергетичний комплекс : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», Лідер, 2020. 212 с.
41. Основи охорони праці : навч. посіб. / М. С. Одарченко та ін. Харків : Стиль-Издат, 2017. 334 с.
42. Жидецький В. Ц. Охорона праці : підручник Львів : Афіша, 2005. 319 с.
43. Державні будівельні норми ДБН В 2.5.-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. Мінбуд України: Київ, 2006. 76 с.
44. Стороженко В. Я., Смирнов В. А. Реактори об'ємного типу з перемішувальними пристроями : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2010. 283 с.
45. В. Ю. Сухенко, І. В. Житнецький, О. М. Прохоров Технологічне обладнання фармацевтичних та мікробіологічних виробництв : конспект лекцій. Київ : НУХТ, 2008. 90 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перв. примен.		Формат		Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
		Зона	Лист					
Справ. №				1	1,4,31	Двовалкова дробарка	3	
				2	2,5,32,34	Шнековий транспортер	4	
				3	3	Електродугова піч	1	
				4	6	Реактор - змішувач	1	
				5	7,29	Шестерінчастий насос	2	
				6	8	Валковий прес	1	
				7	9	Хлоратор	1	
				8	10	Газодувка	1	
				9	11,12,13	Пилові камери	3	
				10	14	Рукавний фільтр	1	
				11	15,17	Зрошувальні конденсатори	2	
				12	16,18	Теплообмінник "труба в трубі"	2	
				13	19	Краплеутворювач	1	
				14	20,22,24	Відцентровий насос	3	
				15	21	Відстійник	1	
				16	23	Ректифікаційна колона	1	
				18	25	Реактор з форсункою	1	
				19	26	Балон для аргону	1	
				20	27	Дозатор	1	
				21	28	Апарат для відновлення тетрахлориду титану	1	
				22	30	Апарат для вакуумної сепарації	1	
				23	33	Вертикальний гідропрес	1	
				24	35	Вакуумна дугова піч	1	
		Підп. і дата						ННІХТ.ХТ-4-4.022.161.003.КР.ПЗ
Изм. / лист	№ док.м.			Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Взам. инв. №		Разраб.	Билан А.Г.					δ/м
		Проб.	Бойчук Т.М.					
Инд. № подл.		Т.контр.	Житнецький ІВ			Лист	Листов	1
		Н.контр.	Подобий О.В.			Специфікація		
		Утв.	Носенко Т.Т.			НУХТ Каф.ТЖХТ		