

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Фізико-технічний, інженерно-фізичний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему: «Розробка електрошлакової технології виготовлення поршня
плунжерного насосу для перекачки агресивних речовин з проектуванням
дільниці»

Виконав: студент 5 курсу, групи ІФ-319м

Спеціальності 131 Прикладна механіка,

Освітня програма (спеціалізація)

Технології та устаткування зварювання

Дорошенко Ярослав Вікторович

(прізвище та ініціали)

Керівник Білоник Ігор Методійович

(прізвище та ініціали)

Рецензент Кімімов Олександр Володимирович

(прізвище та ініціали)

2020 рік

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

Інститут, факультет НУ«Запорізька політехніка», ІФ

Кафедра ОТЗВ

Ступінь вищої освіти магістр

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Технології та устаткування зварювання
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Овчинников
Олександр Володимирович

«11» 12 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Дорошенко Ярослав Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка електрошлакової технології виготовлення поршня плунжерного насосу для перекачки агресивних речовин з проектуванням ділянки

керівник проекту (роботи) Білоник Ігор Методійович, к.т.н., доцент.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» листопада 2020 року № 364

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

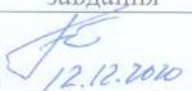
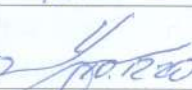
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення циліндру плунжерного насосу, матеріал, виробнича програма.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розділ 1. Стан питання; Розділ 2. Матеріали, обладнання, методики дослідження структури і властивостей; Розділ 3. Розрахунок розчинності інокуляторів; Розділ 4. Розробка електрошлакової технології отримання поршня плунжерного насоса для перекачування агресивних середовищ; Розділ 5. Дослідження властивостей отриманої заготовки поршня; Розділ 6. Техніко-економічні розрахунки ділянки; Розділ 7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

Структура заготовки, розрахунок розчинності інокуляторів, поршень та конструкція плунжерного насосу, схема процесу ЕШВ, електрошлакова установка А-550, техніко-економічні показники, кристалізатор, план ділянки ЕШВ.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5	Білоник І.М., к.т.н., доцент, викладач каф. ОТЗВ	 4.10.2020	 12.12.2020
6	Нестеров О.В., к.т.н., доцент, завідувач каф. ОПІНС	 4.10.20	 12.12.20
7	Кругликова В.В., к.е.н., доцент, викладач каф. ПТБД	 4.10.20	 10.12.20

7. Дата видачі завдання « 1 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	05.09.20	
2	Аналіз літературних джерел	10.09.20	
3	Методи дослідження та устаткування	15.09.20	
4	Розрахунок розчинності інокуляторів	25.09.20	
5	Розробка електрошлакової технології виготовлення поршня плунжерного насоса для перекачки агресивних речовин з проектуванням ділянки	10.10.20	
6	Дослідження отриманої заготовки	15.10.20	
7	Робота з графічними матеріалами (креслення)	01.11.20	
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	07.11.20	
9	Економічний розрахунок ділянки	15.11.20	
10	Формування висновків з магістерської роботи	18.11.20	
11	Оформлення магістерської роботи, нормоконтроль	25.11.20	
12	Розробка доповіді до захисту	2.12.20	
13	Подання роботи до захисту	07.12.20	

Студент


(підпис)

Дорошенко Я.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Білоник І.М.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 117 с., 33 табл., 22 рис., 4 дод., 43 джерел.

ТИТАН, ІНОКУЛЯТОР, МАКРОСТРУКТУРА, ЗЕРНО, В'ЯЗКІСТЬ, ЗЛИТОК, ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ.

Об'єктом дослідження є процес електрошлакової виплавки заготовок діаметром 60 мм зі сплаву ВТ1-0, і якість металу отриманих виливків.

В роботі визначили вплив введення молібденових інокуляторів на хімічний склад і макроструктуру виливків зі сплавів титану ВТ1-0 + 16,5% Мо і ВТ1-0 + 26% Мо. Визначили вплив інокуляторів на величину зерна виливків, розроблена методика розчинення вольфрамових і молібденових інокуляторів у ванні рідкого титану при електрошлаковій виплавці.

Розроблена електрошлакова технологія виготовлення заготовки поршня плунжерного насосу для перекачки агресивних речовин.

Покращена корозійна стійкість робочої частини поршня плунжерного насосу шляхом введення молібденових інокуляторів.

ABSTRACT

Explanatory note: 117 p., 33 tabl., 22 fig., 4 appendices, 43 sources.

TITANIUM, INOCULATOR, THE MACROSTRUCTURE, GRAIN, VISCOSITY, INGOT, ELECTROSLAG SURFACING.

The object of the study is the process of electroslag smelting of billets with a diameter of 60 mm from the alloy VT1-0, and the quality of the metal obtained castings.

The paper determined the effect of the introduction of molybdenum inoculators on the chemical composition and macrostructure of castings from titanium alloys VT1-0 + 16.5% Mo and VT1-0 + 26% Mo. The influence of inoculators on the grain size of castings was determined, and a method of dissolving tungsten and molybdenum inoculators in a bath of liquid titanium during electroslag smelting was developed.

The electroslag technology of receiving preparation of the piston of the plunger pump for pumping of aggressive environments is developed.

Improved corrosion resistance of the working part of the piston of the plunger pump by introducing molybdenum inoculators.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	9
Вступ.....	10
1 Стан питання.....	11
1.1 Плунжерний насос для перекачування агресивних речовин	11
1.2 Застосування титанових сплавів в хімічній промисловості	15
1.3 Особливості впливу агресивних речовин на поршень плунжерного насосу	17
1.4 Застосування титанових сплавів для виготовлення плунжерного насосу. 18	
1.4.1 Структура і властивості виливків з титану.....	18
1.4.2 Вплив нікелю молібдену і вольфраму на структуру і властивості титану	20
1.4.3 Аналіз можливості поліпшення структури і властивостей литого титану методом інокулювання	30
2 Матеріали, обладнання, методики дослідження структури і властивостей.....	34
2.1 Властивості титану BT1-0.....	34
2.2 Порошки молібдену і вольфраму	35
2.3 Електрошлакове обладнання та допоміжне оснащення. Проведення виплавки.....	37
2.4 Методи визначення структури і властивостей	41
2.4.1 Визначення хімічного складу.....	41
2.4.2 Методика дослідження макро і мікроструктури	41
2.4.3 Корозійні та механічні властивості.....	42
3 Розрахунок розчинності інокуляторів.....	43
3.1 Завдання і мета розрахунку	43

3.2 Дані, необхідні для розрахунку	43
3.3 Розрахунок часу розчинення інокуляторів.....	46
4 Розробка електрошлакової технології виготовлення поршня плунжерного насосу для перекачки агресивних речовин.....	54
4.1 Підготовка обладнання.....	54
4.2 Ведення плавки	55
4.3 Охолодження і витяг виливки	55
5 Дослідження властивостей отриманої заготовки поршня	57
5.1 Макроструктура заготовки поршня	57
5.2 Хімічний склад заготовки поршня.....	58
6 Економічний розрахунок.....	62
6.1 Опис ідеї проекту	62
6.2 Організація ділянки із зварювання	64
6.3 Виробнича програма і її матеріальне забезпечення	65
6.4 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки	67
6.5 Розрахунок кількості персоналу ділянки	70
6.6 Фонд оплати праці	72
6.7 Розрахунок собівартості.....	76
6.8 Розрахунок економічного ефекту.....	85
7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	88
7.1 Аналіз потенційних небезпек	88
7.2 Заходи по забезпеченню безпеки	90
7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	97
7.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	99
Висновки	105

Перелік джерел посилання	106
Додаток А Специфікація плунжерного насосу.....	111
Додаток Б Специфікація установки А-550.....	112
Додаток В Специфікація кристалізатора.....	113
Додаток Г Маршрутна карта.....	114

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

грн. – гривня;

ЕШВ – електрошлакова виплавка;

σ_v – тимчасовий опір;

σ_T – межа текучості;

δ – відносне подовження;

φ – відносне звуження;

% – процент;

A – ампер;

B – вольт;

Вт – ватт;

мм – міліметр;

м – метр;

с – секунда.

ВСТУП

Плунжерні насоси завдяки здатності створювати високий тиск і працювати з агресивними і в'язкими речовинами, знайшли широке застосування в самих різних галузях промисловості. Число підприємств різних галузей, на яких застосовують плунжерні насоси, з кожним роком зростає.

Найважливіший сегмент застосування плунжерних насосів, це – хімічна промисловість. Тут, а також в цілому ряді інших галузей, широко поширені плунжерні насоси, призначені для перекачування агресивних рідин, а також розчинів, суспензій і емульсій з високою кінематичною в'язкістю і щільністю. У плунжерних насосах торцева частина поршня контактує безпосередньо з агресивною рідиною, що призводить до корозійного руйнування робочої поверхні поршня і тим самим збільшує міжремонтний час простою насоса.

Тому, підвищення корозійної стійкості тільки робочої частини поршня плунжерного насоса є важливим і актуальним завданням.

1 СТАН ПИТАННЯ

1.1 Плунжерний насос для перекачування агресивних речовин

На рисунку 1.1 наведено загальний вигляд плунжерного насосу.



Рисунок 1.1 – Плунжерний насос

Плунжерні насоси мають такі технічні характеристики [1]:

- подача рідини (продуктивність) – від 14 до 1027 л/год;
- потужність – від 0,25 до 0,75 кВт;
- протитиск – до 2,5 мПа;
- частота ходу плунжера – від 60 до 120 ход/хв;
- довжина ходу плунжера – від 13 до 20 мм;
- діаметр плунжера – від 16 до 95 мм;
- довжина – 400 мм;
- висота – 500 мм;
- ширина – 150 мм;
- вага – від 15 до 25 кг.

На рисунку 1.2 представлена конструкція плунжерного насосу.

Основні частини плунжерного насосу – циліндр і рухомий в ньому поршень (плунжер), завдяки переміщенню якого відбувається всмоктування і нагнітання рідини. Рух поршня (плунжера) забезпечує електричний чи інший, наприклад, дизельний привід.

Обертальний рух вала двигуна за допомогою кривошипно-шатунного механізму (кривошип, шатун і шток) перетворюється в зворотно-поступальний рух поршня-плунжера, результатом чого є чергування розрідження і надлишкового тиску всередині циліндра. Робота плунжерного насосу координується всмоктуючими і нагнітальними клапанами [2].

Плунжерний насос забезпечує подачу (витрата) рідини з дуже високою точністю. Одноплунжерний електронасосний агрегат складається з двох блоків приводного і гідравлічного. До складу приводного входять двигун і редуктор з черв'ячною парою і механізмом регулювання. В гідравлічний – один або кілька гідроциліндрів (інші назви – камера насосу, корпус).

Кінець черв'ячного вала через муфту з'єднаний з валом двигуна. Вал, на якому закріплено черв'ячне колесо, має ексцентрикову шийку – посадочне місце для ексцентрика. Надітий на ексцентрик шатун перетворює обертальний рух вала черв'ячного колеса в зворотно-поступальний рух повзуна, з'єданого з поршнем. Зміна положення ексцентрика щодо шийки вала змінює довжину

ходу плунжера від максимуму до нуля. Вона буде найбільшою при максимальному ексцентриситеті. Наближення точки кріплення шатуна до центру вала означає, що хід плунжера зменшується. Відповідно, падає кількість що подається насосом рідини.

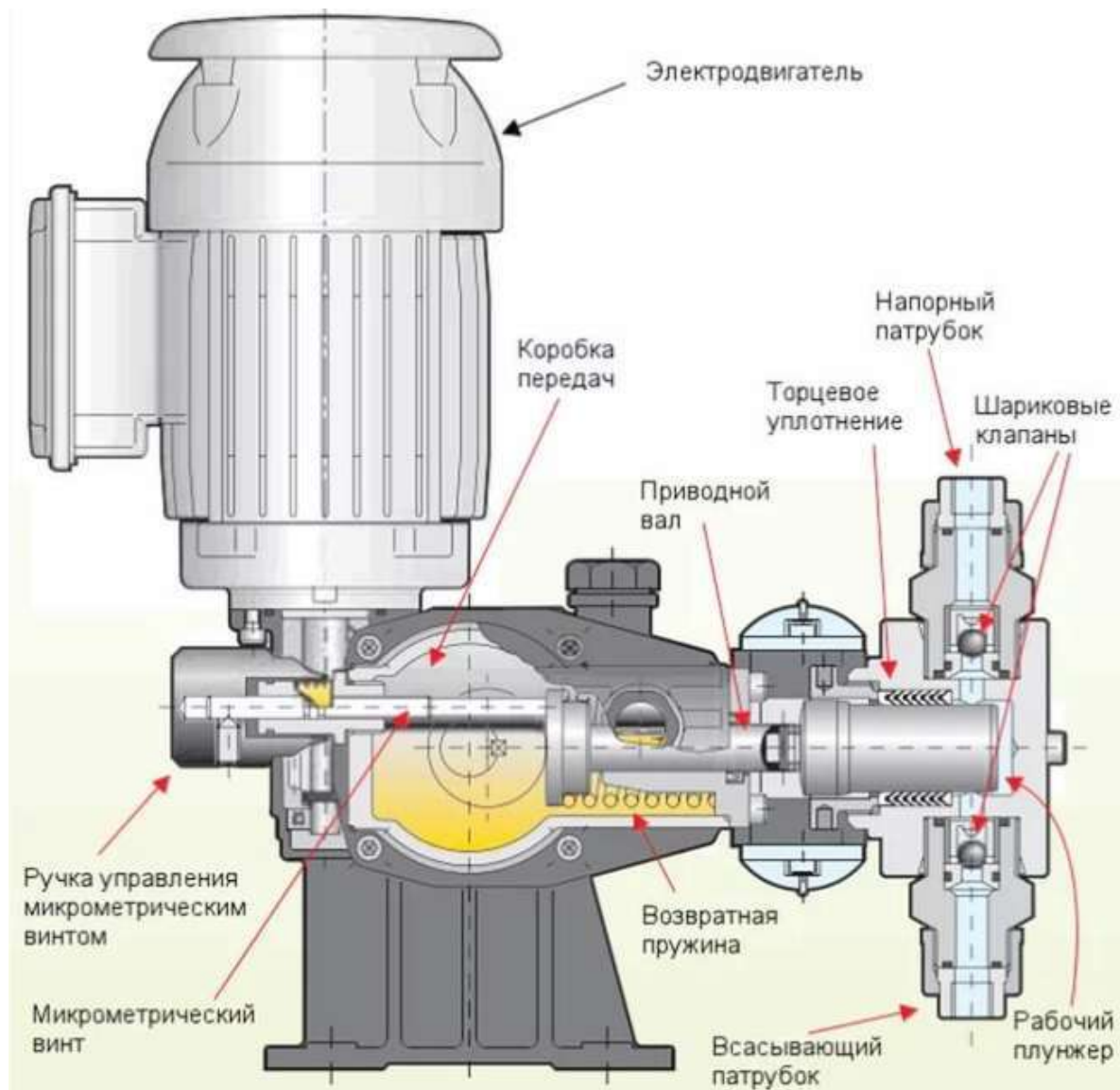


Рисунок 1.2 - Конструкція плунжерного насосу

Регулювання подачі зміною довжини ходу поршня може виконуватися вручну або дистанційно при зупиненому агрегаті або на ходу.

Регулювати подачу можна іншим способом – варіюючи число ходів поршня за допомогою частотно-регульованого асинхронного приводу.

У потужних насосах розширити діапазон значень подачі і тиску допомагають змінні деталі гідроблока – плунжери і гільзи різного діаметру.

Для виготовлення проточної частини насосу і поршня використовують хромисті, хромонікелеві, хромонікелемолібденові сталі, а також нікелеві і титанові сплави.

На рисунку 1.3 вказана схема роботи плунжерного насоса.

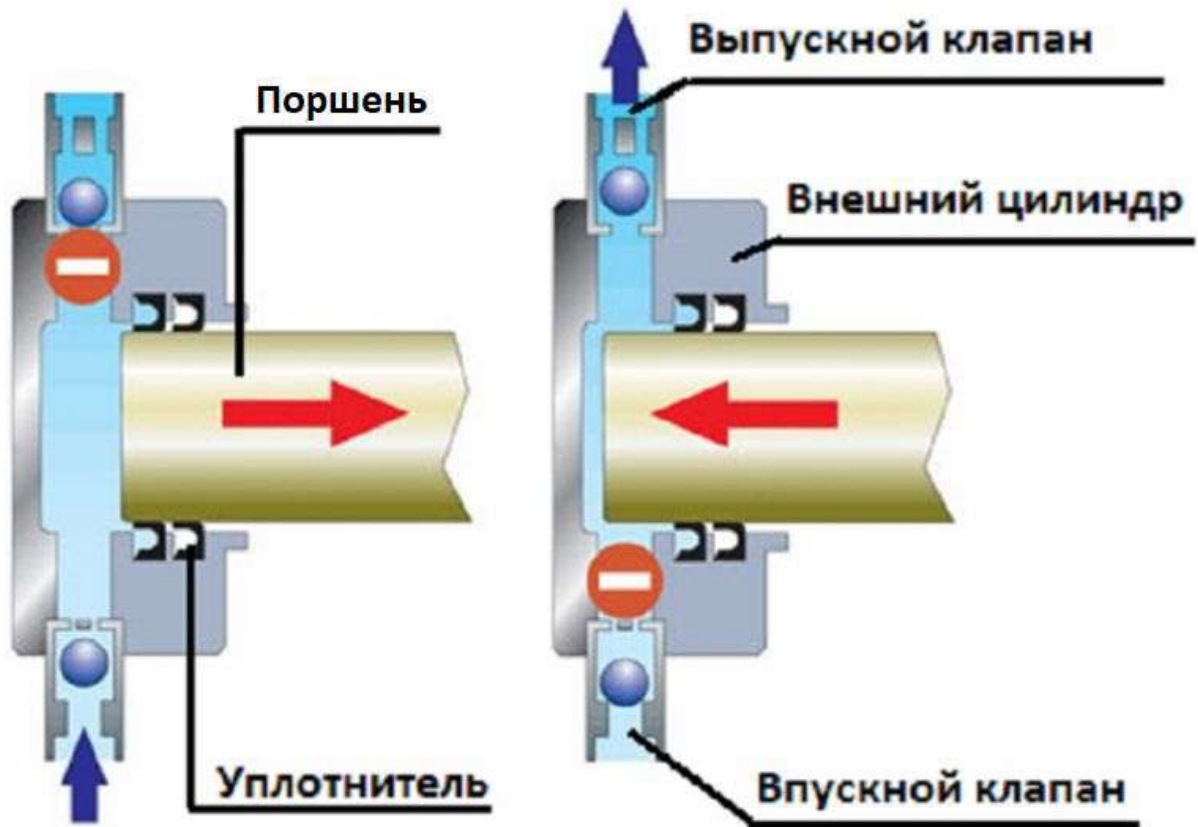


Рисунок 1.3 - Схема роботи плунжерного насоса

На рисунку 1.3 ми бачимо наявність клапанів. Поршень йде вправо - всмоктування - піднімається впускний клапан, закривається випускний. Рідина заповнює камеру. Поршень йде вліво - нагнітання - закривається впускний клапан, піднімається випускний. Рідина спрямовується за призначенням.

Цей же принцип використовується в поршневих насосах. Відмінність насосів один від одного полягає в нагнітанні елементів. У поршневих насосах працює поршень. У поршневих насосах найцінніша деталь - циліндр в якому

ходить поршень. До виготовлення цього елемента пред'являють великі вимоги. А саме, внутрішній діаметр повинен бути в жорсткому допуску по всій довжині [3].

1.2 Застосування титанових сплавів в хімічній промисловості

Хімічна промисловість є одним з основних споживачів титану серед галузей народного господарства. Відомо, що однією з найважливіших проблем хімічних виробництв є проблема корозії. Разом з безперервним збільшенням обсягу виробництва зростають витрати на захист від корозії і заміну вийшовшого з ладу обладнання, втрати від простоїв і аварій. Найбільш ефективним шляхом вирішення цих питань є використання в хімічному машинобудуванні нових корозійностійких матеріалів або ж отримання заготовок деталей з поліпшеним хімічним складом [4].

Титанові сплави ефективно замінюють дефіцитні матеріали: сплави на основі нікелю (хастеллой «В» і «С», монель), високолеговані сталі (Х23Н28МЗДЗТ), нержавіючі сталі типу Х18Н10Т, рідкісні, дорогоцінні і кольорові метали (тантал, ніобій, платину, мідь, олово).

Аналіз властивостей матеріалів, які має сучасна техніка, показує, що титанові сплави забезпечують можливість створення удосконалених конструкцій, виключають дорогі і трудомісткі роботи по футеровці, і все це незважаючи на більш високі початкові капітальні вкладення при застосуванні обладнання виготовленого з титану. Експлуатація вже перших титанових апаратів підтвердила його цінність, як конструкційний матеріал, для основних хімічних і нафтохімічних виробництв.

Так як титанові сплави відносяться до порівняно новим конструкційних матеріалів, то при їх застосуванні завжди була і залишається доцільною попередня перевірка корозійної стійкості в конкретних виробничих умовах.

Промислові речовина, як правило, багатокомпонентні системи, і часто навіть невеликі добавки різних речовин, що містяться в технологічних розчинах в корені, змінюють корозійну поведінку титану. Добавки окислювачів, а також присутність іонів металів чинять інгібіторну дію на корозію титану в розчинах мінеральних кислот. Так, відомі факти, коли титанове обладнання не піддавалося корозійному руйнуванню протягом 8 років в речовині, що містить сірчану кислоту до 200 г/л, при наявності солей міді, нікелю, заліза при температурах до 80 °С. Швидкість корозії титану в 20% -ній сірчаній кислоті при температурі 90 °С становить 0,5 мм/рік. У той же час титанові насоси тривало працюють у виробництві на перекачуванні розчинів, що містять соляну кислоту (від 5 % до 15 %) і домішок хлоридів заліза, алюмінію, магнію.

Титан має високу корозійну стійкість у вологому хлорі, його кисневих з'єднаннях, що містять хлор в органічних сполуках, розчинах більшості хлоридів, в умовах, в яких вуглецеві і високолеговані сталі піддаються язвеній корозії і корозійного розтріскування. Саме в хлорній промисловості титанове обладнання має найбільш широке застосування [4].

Найбільше застосування в хімічній промисловості знайшов сплав BT1-0. З серійних сплавів він в більшості випадків має кращу корозійну стійкість і рекомендується для роботи при температурі не вище 350 °С. Перспективним застосуванням в хімічній промисловості також є сплав AT-3. Хімічний склад сплаву AT-3 (хімічний елемент, вміст %): Fe 0,2-0,5; C до 0,1; Si 0,2-0,4; Cr 0,2-0,5; N до 0,05; Ti 94,65-97,1; Al 2-3,5; O до 0,15; H до 0,008; домішок 0,3. У ряді випадків сплав показує кращу корозійну стійкість в порівнянні з іншими серійними сплавами (включаючи і BT1-0).

Для речовин, що містять концентровану соляну і сірчану кислоти при температурах кипіння, а також мурашину, фосфорну і інші агресивні речовина, рекомендовані сплави титану, леговані паладієм і молібденом. Сплави мають високу корозійну стійкість в відновлювальних речовинах, більш стійкі проти щільної і інших видів місцевої корозії. Призначені для заміни сплавів на основі нікелю (хастеллой, монель), танталу, платини, золота [4].

1.3 Особливості впливу агресивних речовин на поршень плунжерного насосу

На сьогоднішній день плунжерні насоси і їх обладнання, що використовується набули широкого поширення. Однак потенціал їх вдосконалення ще не вичерпаний. Залишається актуальним цілий ряд наданих великий практичний інтерес питань: підвищення ресурсу плунжерних пар, збільшення міжремонтного періоду, за рахунок застосування більш корозійностійкого титанового сплаву.

Більшість промислових підприємств в своїх циклах використовують агресивні рідини (кислоти, луги, патоку, розчинники і нафтопродукти). Водні розчини, що мають підвищене або понижене значення рН, викликають корозію сплавів, з яких виготовляються плунжерні насоси, помітно скорочуючи термін їх служби [4].

Однак, корозією агресивна дія речовина не обмежується. Деякі рідини (наприклад, зріджені гази, фарби, розчинники або лаки) вибухонебезпечні і вимагають особливих умов перекачування, при яких виключено іскроутворення і тертя. У розплавах полімерів і концентрованих розчинах, що відрізняються високою швидкістю кристалізації і полімеризації. Можливо налипання компонентів суміші на елементи устаткування, що призводить до його зносу.

Абразивні речовина не тільки сприяють стиранню і руйнування насосного обладнання, а й характеризуються підвищеною в'язкістю. Таким чином, в ідеалі виробнику насосного обладнання для перекачування агресивних речовин необхідно запропонувати єдине конструкторське рішення, яке б забезпечило і стійкість насосу до дії агресивних компонентів, і щадний режим перекачування [4].

Прямий контакт поршня плунжера, особливо його робочої торцевої частини, з агресивним речовинем призводить його до інтенсивного зносу, що знижує термін роботи плунжерного насосу.

1.4 Застосування титанових сплавів для виготовлення плунжерного насосу

1.4.1 Структура і властивості виливків з титану

Структура і властивості виливків з титану і титанових сплавів розглянуті в роботах [5-13].

Найбільш перспективними процесами отримання титанових виливків, на думку авторів [5] можуть бути:

а) для круглих злитків великого перерізу - існуючий процес дугової плавки з електродом, що витрачається або можливо електрошлаковий переплав;

б) для плоских злитків (слябів) - електрошлаковий переплав або безперервне лиття з розплавленням електрода плазмою або електронним променем;

в) для злитків малих перетинів - електрошлаковий переплав з заготовок великого перерізу або плазмова плавка з переливом розплаву.

У роботах [6, 7, 8] розглянуті властивості виливків, отриманих методами електрошлакового переплаву і вакуумно-дугового переплаву.

Залежність механічних властивостей литого титану від способу плавки і сорта губки згідно даних наведених в роботі [9] наводяться в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Залежність механічних властивостей литого титану від способу плавки і сорта губки

Марка Ті губки	Спосіб переплава	Механічні властивості				
		σ_B , МПа	δ , %	φ , %	НВ	$\alpha_H, \frac{мДж}{м^2}$
ТГОО	2 ВДП	61,2	11,5	25	217	0,92
	ЕШП	41,4	24,9	65,2	131	0,17

Продовження таблиці 1.1

ТГО	2 ВДП	68,6	9,2	25	229	0,71
	ЕШП	49,1	23,2	52,3	152	0,135
ТГ1	2 ВДП	76,3	9,5	19,9	269	0,26
	ЕШП	49,6	19,7	47,8	167	0,1

Основний фактор, що визначає чистоту металу зливка ЕШВ, є чистота металу електрода [6,10].

Міцність пластин, листів і кованих прутків, виконаних з титану в залежності від виду плавлення, наводяться в таблиці 1.2, згідно даних роботи [8].

Таблиця 1.2 – Середні значення характеристик міцності властивостей пластин, листів і кованих прутків з титану ВТ1-0

Об'єкт аналізу	Спосіб переплава	Орієнтація зразка	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	φ , %
Прутков із злитків Ø100 мм	ВДП	Поздовжня	399	261	40	65
	ЕШП		420	315	34	60
Пластина із злитків Ø100 мм	ВДП	Поздовжня	399	288	35	68
	ЕШП		386	284	37	66
Пластина із злитків Ø100 мм	ВДП	Поздовжня	402	331	33	63
	ЕШП		382	303	37	67
Лист з малогабаритних виливків ЕШП після вакуумного очищення	ЕШП	Поздовжня	403	316	31	73
		Поперечна	387	313	22	72

У таблиці 1.3 наведені деякі характерні агресивності речовина, в яких проявляється стійкість, що дає йому незаперечну перевагу навіть перед таким корозійностійким матеріалом, як аустенітна сталь 18Cr12Ni2Mo, згідно з даними роботи [11].

Таблиця 1.3 – Корозійні речовина, в яких титан стійкий, а хромонікелеєві корозійностійкі сталі швидко руйнуються

Корозійне речовине	Концентрація, %(по масі)	Температура, °C
Ca Cl ₂	1-15	35-100
Fe Cl ₃	1-20	35-100
Фосфорна кислота	5-30	35
Оцтова кислота +NaCl	50+5	90
Хромово кислота	50	90
Азотна кислота	65	175
Анілін соляно кислотний	20	35-100

Кількісна характеристика корозійної стійкості технічно чистого титану в різноманітних речовинах хімічної промисловості наведена в ряді публікацій [11, 12].

1.4.2 Вплив нікелю молібдену і вольфраму на структуру і властивості титану

Вплив нікелю на структуру і властивості титану розглянуто в роботах [5, 11, 14, 15].

Властивості, розглянутого в роботі [5] сплаву, отриманого методом подвійного ЕШП з губки, наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сплаву Ti + 2% Ni

Стан металу	Напрямки вирізки зразка	Механічні властивості				
		σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	φ , %	a_n
Литий (другий переплав)	Поперек осі	477	566	7,7	11,2	11
	Уздовж осі	522	577	10,5	7,8	13
	Уздовж прокату	617	568	16,4	30,8	39
Прокат	Поперек прокату	615	583	25,1	33,1	24
	Під кутом 45°	666	581	16,9	38,1	34

Лист товщиною 6 мм, прокатаний при оптимальних температурах з електрошлакового металу, мав після термообробки досить високі показники міцності і пластичності і достатні для корозійностійкого сплаву значення ударної в'язкості [5].

За даними роботи [11] сплави Ti-Ni (зокрема, Ti2Ni) в підкисленном (до PH=1) розчині 3.5% NaCl при температурі кипіння були значно більш корозійностійкими, ніж чистий титан.

Сплав Ti2Ni в гарячих сольових розчинах не схильний до розтріскування і корозії по щілинах і зазорах [11].

Корозійна стійкість сплавів системи Ti-Ni з вмістом Ni в межах від 2% до 13% розглянута в роботі [14] для умов роботи в H₂SO₄ до 20% при 40°C. Там же показана недоцільність підвищення вмісту Ni більше 14%.

Вплив добавки Ni на розмір зерна титану розглянутого в [15]. Показано, що при збільшенні концентрації нікелю зерно зменшиться, для титану подрібнення зерна при введенні Ni найбільш ефективно, що ілюструється на рисунку 1.4.

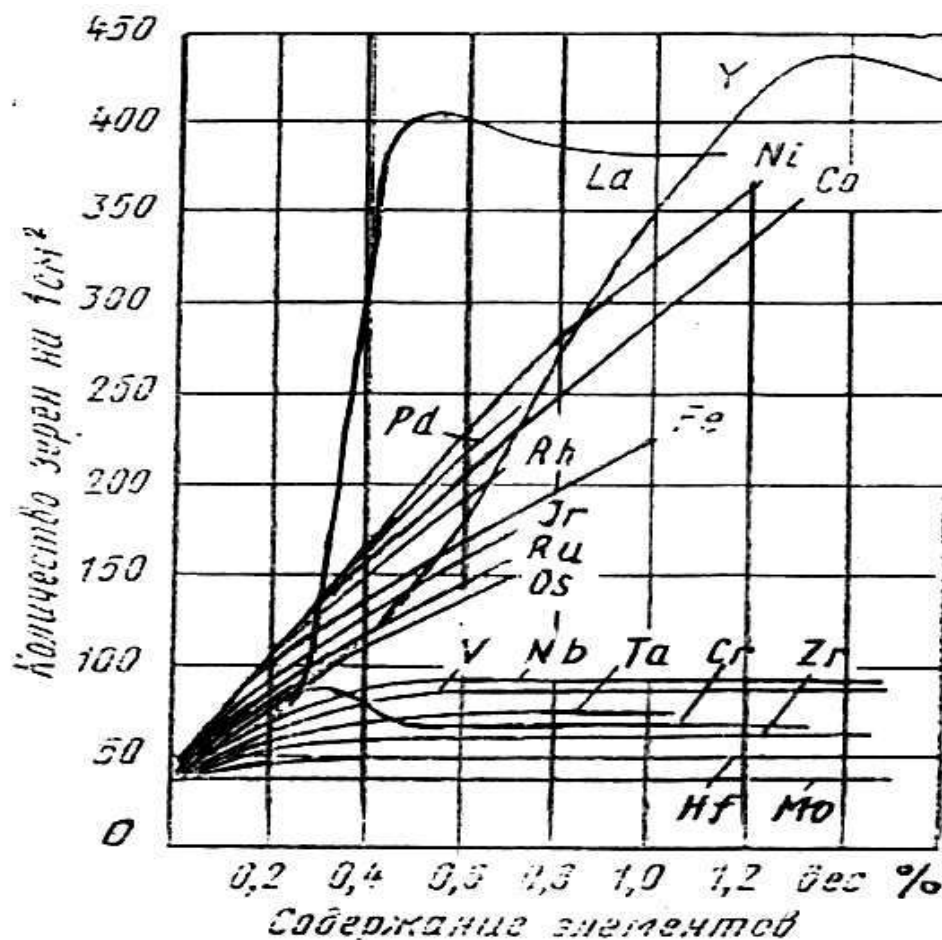


Рисунок 1.4 – Вплив вмісту елементів на величину зерна титану

Вплив молібдену на структуру і властивості титану розглянуто в роботах [11, 13, 14, 16].

За даними роботи [11] сплав титану з молібденом типу 4201 має високі механічні і корозійні властивості. Механічні властивості сплаву 4201 наведені в таблиці 1.5.

Таблица 1.5 – Механічні властивості сплаву 4201

σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_p , МПа	σ_1 , МПа	δ , %	φ , %	a_n , МДж/м²
863	765	441	284	16	28	0,8

Корозійна стійкість сплавів титану з молібденом розглядається в роботах [11, 13, 14, 16]. Встановлено [11], що при низькому вмісті молібдену (від 3% до 5%) корозійна стійкість сплаву помітно зросла тільки в не дуже агресивних

речовинах (розбавлені HCl і H_2SO_4) і при невисокій температурі. Сплав $\text{Ti}-15\text{Mo}$ [16] в залежності від термообробки може мати або гомогенну структуру β -фази або гетерогенну β - ω або $\beta + \alpha$ -структури. Сплав $\text{Ti}-15\text{Mo}$ з гомогенної β -структурою (гартування з 850°C) має більш високу корозійну стійкість (40% H_2SO_4 , від 70 до 100°C) в активній області потенціалів, ніж той же сплав з гетерогенною $\beta + \omega$ або $\beta + \alpha$ -структурою.

Тільки вищі ступені легування титану молібденом, починаючи від 20 і особливо від 30% до 40%, дають сплави з підвищеною стійкістю в гарячих концентрованих розчинах неокислювальних кислот [11,13]. За даними [11], залежність швидкості корозії титанового сплаву в 40% H_2SO_4 при 100°C від вмісту Mo представлена на рисунку 1.5.

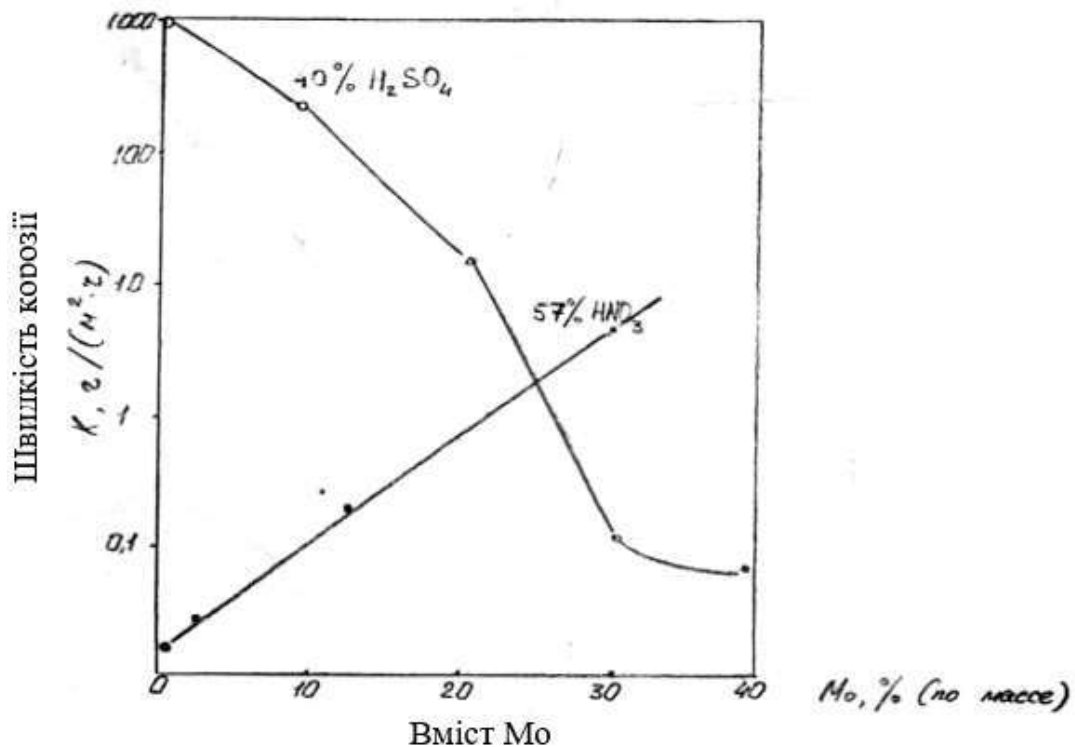


Рисунок 1.5 – Залежність швидкості корозії сплавів $\text{Ti}-\text{Mo}$ в 40% H_2SO_4 і 57% HNO_3 100°C від вмісту Mo

Тільки сплави, що містять більше 30% Mo , мають швидкість корозії нижче, ніж 0,1 мм/рік. Таку ж залежність стійкості матимуть ці сплави при температурі 100°C в 60% H_3PO_4 і 20% HCl .

Навпаки, в концентрований 57% HNO_3 стійкими будуть сплави, що містять не більше 5% Мо.

На базі системи Ti-Мо розроблений сплав 4201 містить від 31% до 35% Мо [11]. Особливості його корозійних властивостей відображені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Швидкість корозії титанового сплаву 4201 (Ti 33 Мо)

Агресивне речовинне	Концентрація, %	Температура, °C	Тривалість випробування, год.	Швидкість корозії, мм/рік
Фосфорна кислота	15	150		0,02
Сірчана кислота	5	150		0,24
	5	175		1,4
	15	125		0,16
	15	150		6,9
	40	125		0,2
	85	120		16,6
Соляна кислота	15	150		0,64
	20	20		0,014
Оцтова кислота	60	200		0,01
	98	200		0,04
Мурашина кислота	25	200	800	0,1
	60	200	125	0,09
	85	200	125	0,04
Аміак	7			0,014
	30			0,4
Азотна кислота	15	20	300	0,01
	25	20		0,1

У таблиці 1.7 представлена корозійна стійкість титану технічної чистоти.

Таблиця 1.7 – Корозійна стійкість титану технічної чистоти

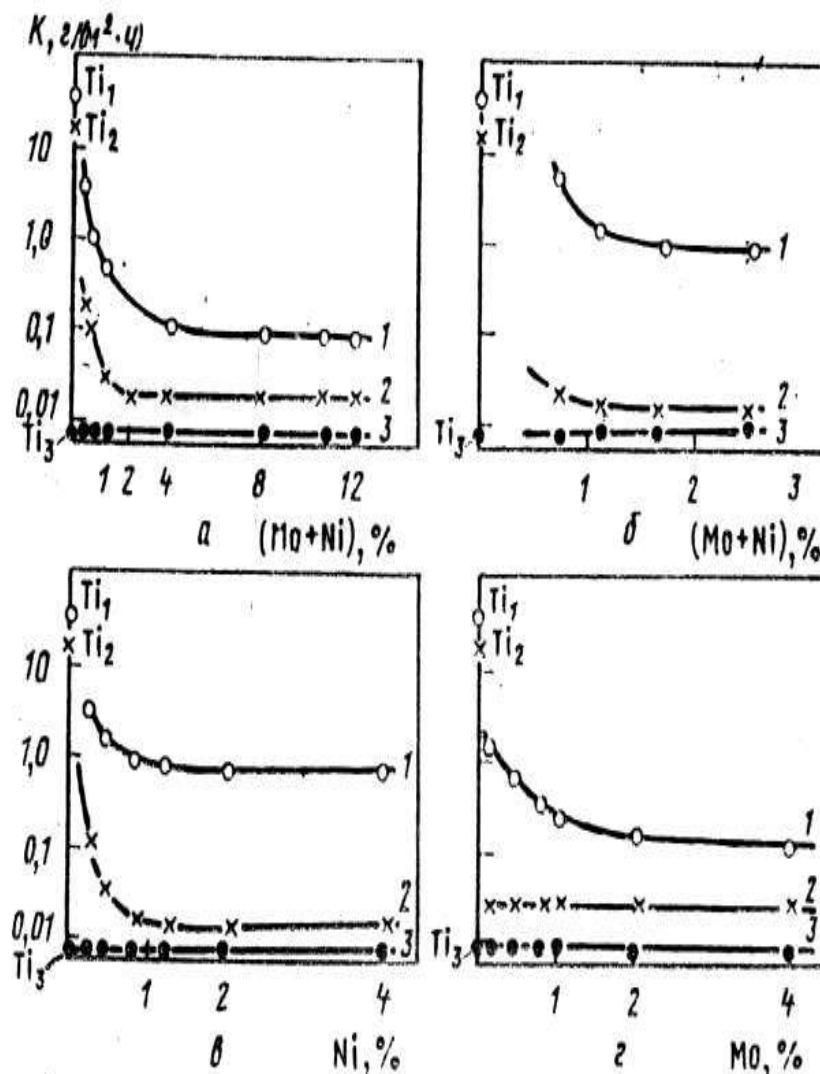
Агресивна середа	Концентрація, %	Температура, °C	Швидкість корозії, мм/рік
Сірчана кислота	1	95	1,82
	10	20	0,008
	10	90	10
	20	20	0,012
	20	60	9,7
	50	35	1,25
Соляна кислота	3	100	8,75
	20	60	29,8
Фосфорна кислота	10	50	5,61
	37	20	0,45
Оцтова кислота	99	125	0,3
Аміак	7	100	0,01
	100	40	0,13
Азотна кислота	10	20	0,05
	30	100	0,2

Характерна велика стійкість сплаву в ряді агресивних розчинів включаючи і гарячі соляно кислотні розчини. Тільки в дуже концентрованих гарячих розчинах соляної та сірчаної кислот його стійкість недостатня [13]. В умовах підвищених температур в окислювальних речовинах стійкі сплави, що містять не більше 5% Мо [11].

Практичне застосування сплаву 4201 обмежується внаслідок підвищеної трудомісткості і складності його технології, трудомісткості отримання гомогенних литих заготовок високого опору деформації, схильності до інтенсивного окислення при підвищеній температурі і до крихкості в інтервалі

від 400 до 700 °С, складності отримання хорошого зварного шва і більшою, ніж у титану схильності до наводнювання [11].

У роботах [14] був досліджений ряд потрійних низьколегованих сплавів Ti-Ni-Mo. Встановлено, що добавки невеликих кількостей молібдену (від 0,6% до 2%) до раніше відомих сплавів Ti 0,2-2,0% Ni помітно підвищують їх корозійну стійкість в гарячих підкислених розчинах хлоридів. На рисунку 1.6 приведена залежність швидкості корозії цих сплавів від ступеня легування і співвідношення Mo: Ni в сплаві.



а – Mo: Ni=3:1; б – Mo: Ni=1:3; в – 0,9% n%Ni; г – 2%Ni n%Mo pH: 1-(-0,3)2-(0);

3-(5)

Рисунок 1.6 – Залежність швидкості корозії сплавів системи Ti-Ni-Mo в 2м NaCl при 100 °С від ступеня легування

Вплив добавки молібдену до титану на величину зерна розглянуто в роботі [15].

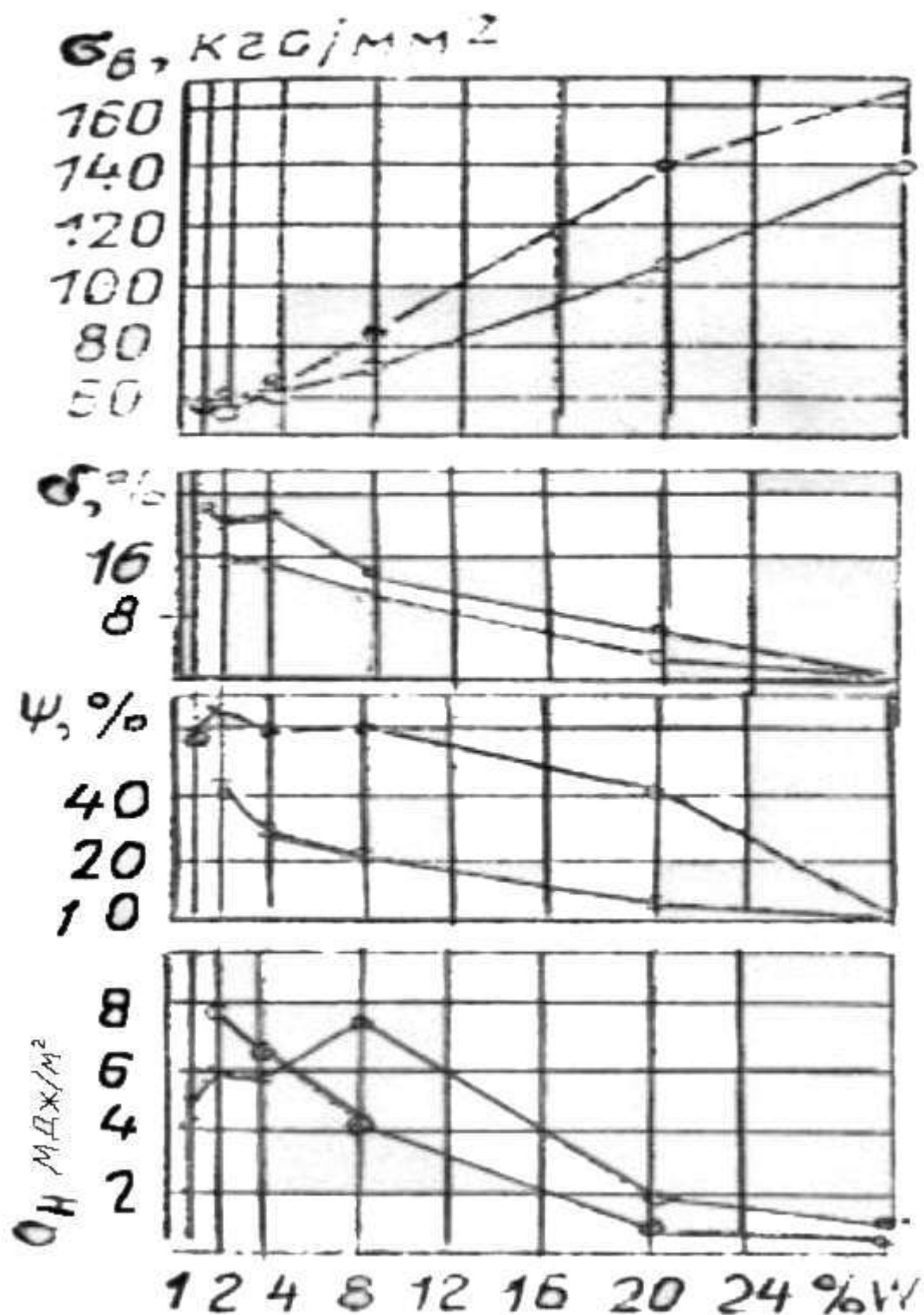


Рисунок 1.7 – Залежність механічних властивостей від вмісту вольфраму

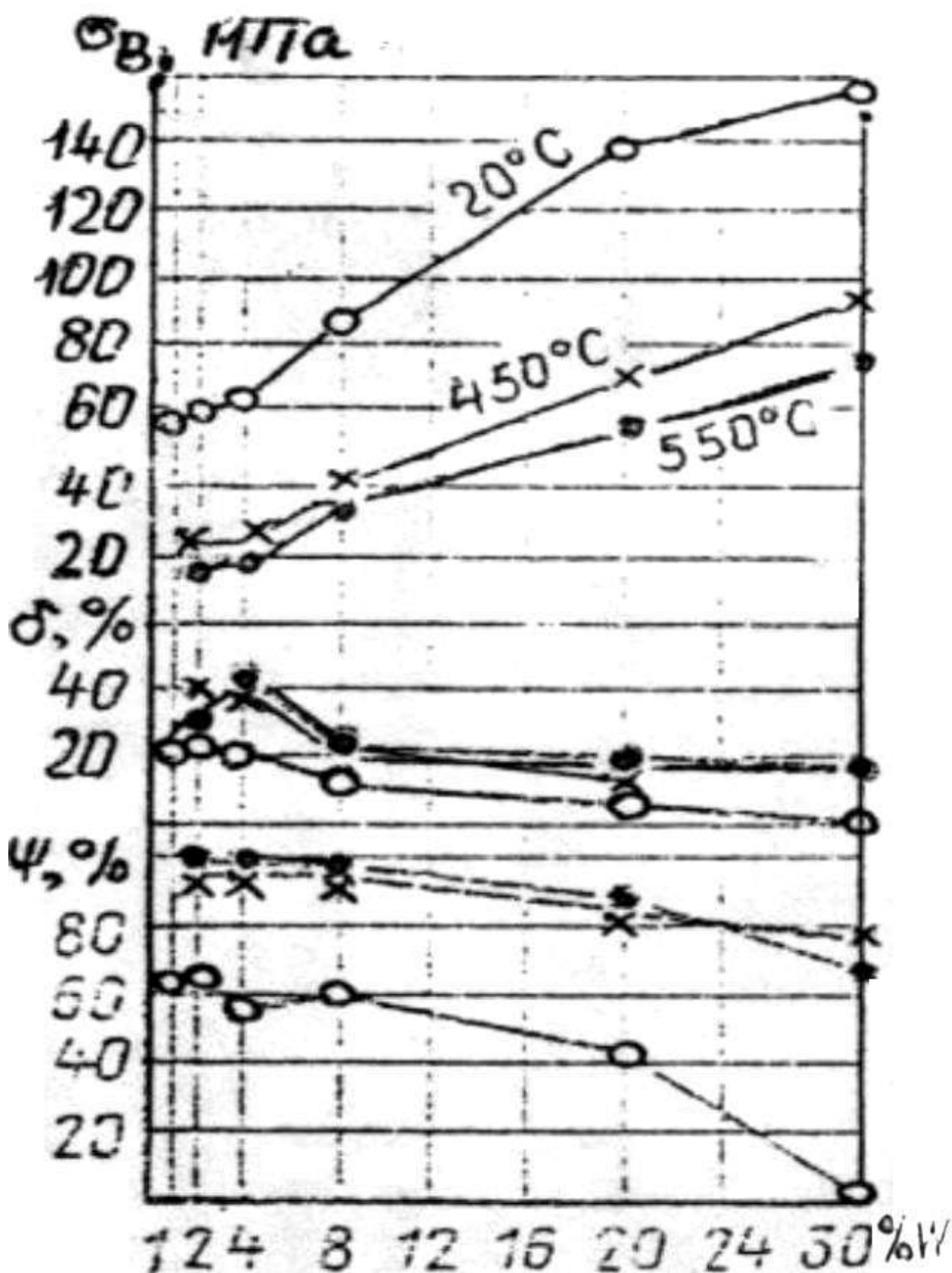


Рисунок 1.8 – Залежність зміни механічних властивостей при 20-550 °С від вмісту вольфраму

Вплив вольфраму на структуру і властивості титану розглянуто в роботах [5,11,17].

Оскільки вольфрам підвищує жароміцність, він поряд з молібденом починає використовуватися в якості легуючої добавки до жароміцних титанових сплавів [5]. При 5% і більше вольфрам помітно підвищує окалинотійкість титанових сплавів. Отримання гомогенних сплавів титану з вольфрамом представляють деякі технічні труднощі з огляду на велику різницю в температурах плавлення [5].

В роботі [17] досліджували механічні властивості сплавів систем Ti-W містящих до 30% W. Вивчали зміни механічних властивостей при легуванні вольфрамом і можливість їх підвищення після зміцнюючої термічної обробки. На рисунку 1.7 представлена залежність механічних властивостей сплаву титан-вольфрам від вмісту вольфраму [17]. На рисунку 1.8 представлена залежність зміни механічних властивостей від 20 до 550 °C в залежності від вмісту вольфраму для відпалених сплавів системи титан-вольфрам.

Низьколеговані сплави титану з вольфрамом досліджені мало, однак, за даними роботи [11], встановлена підвищена стійкість сплаву Ti 1,7 W у гарячих розсолах геотермальних джерел.

В роботі [14] розглянуті питання корозійної стійкості сплавів системи титан-вольфрам з вмістом вольфраму в межах від 7% до 18%, а також корозійна стійкість сплавів системи Ti-Ni-W, Ti-Ni-Mo. Тройні сплави за даними роботи [14] показали високу корозійну стійкість в розчинах H₂SO₄.

1.4.3 Аналіз можливості поліпшення структури і властивостей литого титану методом інокулювання

Необхідність подрібнення зерна виливки з метою підвищення механічних властивостей литого титану викликає потребу в коштах, ефективно впливають на величину зерна.

В останні роки в ливарних процесах [18] і в тому числі в електрошлаковій технології [19,20] для диспергування литої структури застосовують обробку інокуляторами розплавленого металу.

Дисперсні інокулятори давно і успішно застосовуються при електрошлаковом зварюванні та наплавленні [21,22]. Інокулюючі добавки, що мають склад, аналогічний основного металу, досить широко знаходять застосування при ЕШВ [23,24].

Відомі результати експериментальних досліджень процесу зменшення зерна злитків невеликого діаметра (75 мм) шляхом добавки в розплав при аустенітних сталях і нікелевих сплавів (Інконель 600 і Німонік 90) металевих порошків аналогічного складу [24].

Більш кращим є застосування при електрошлаковому процесі інокуляторів великого розміру. При цьому в залежності від технології, в якій використовується електрошлаковий процес, діаметр інокуляторів змінюється від 30 до 60 мм. Дослідження особливостей формування дендритних структур електрошлакового металу при введенні в нього інокуляторів, що не розплавляється повністю в металевій ванні, показало [23], що дендрити зберігають свою стовпчасту форму, але вони більш розорієнтовані, ніж без застосування інокуляторів.

Підвищення ударної в'язкості литої електрошлакової сталі при обробці інокуляторами спостерігається як при підвищених, так і при негативних температурах випробувань [24].

Характер формування литої структури визначається умовами кристалізації і виражається в різній формі і розмірах первинних кристалів.

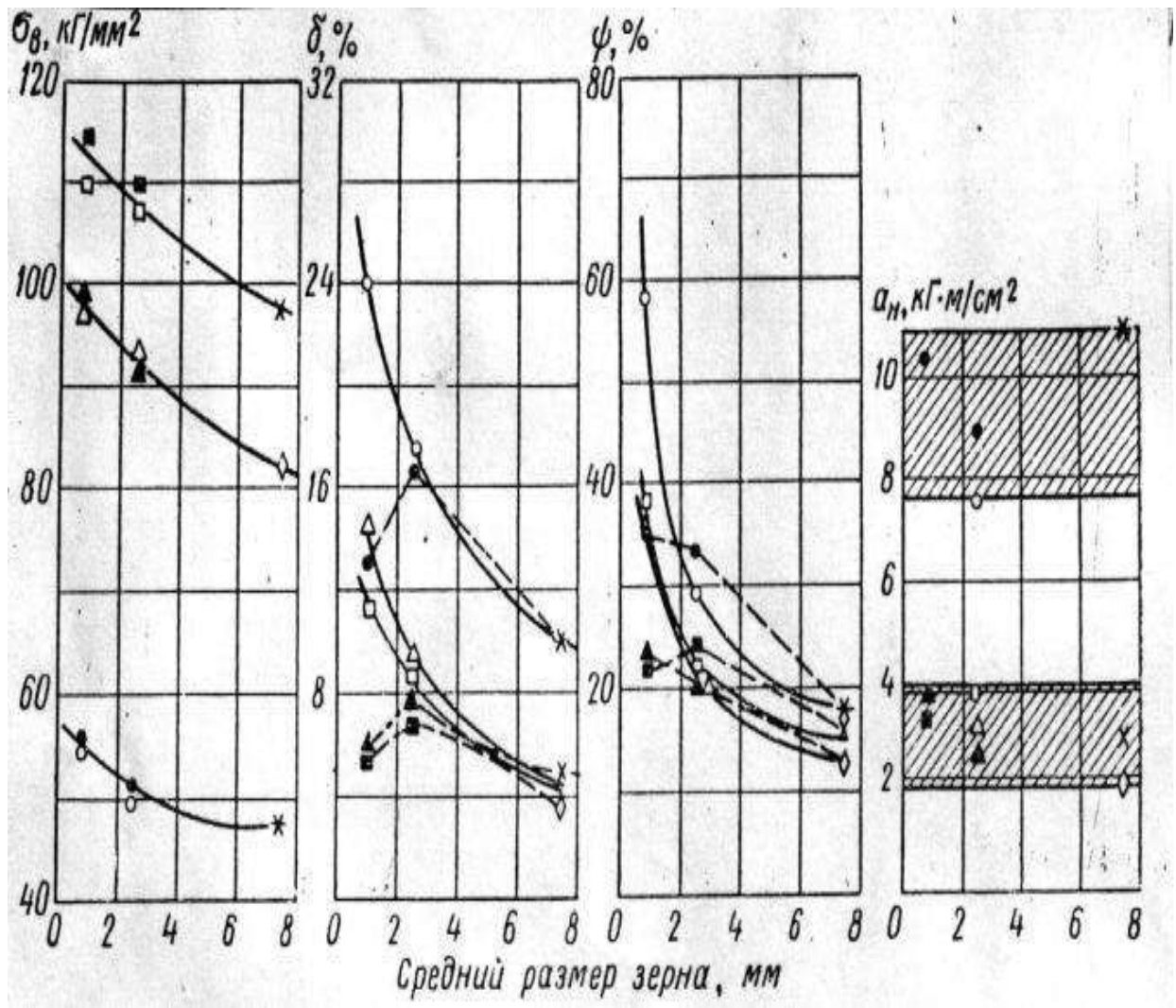
Дослідження впливу розмірів макрозерна на механічні властивості йодидного титану носить суперечливий характер. У роботі [25], було встановлено, що межа міцності, відносне подовження і поперечне звуження мало залежить від величини зерна. Але ударна в'язкість помітно знижується, якщо розмір зерна стає більше ніж 0,15 мм. У роботі [26] досліджено вплив величини зерна на механічні властивості (рисунок 1.9). З наведених даних переконливо випливає, що для титанових сплавів BT1Л, BT5Л і BT3-1 розмір литого зерна робить досить істотний вплив на весь комплекс стандартних механічних властивостей. Розбіжність результатів досліджень, отриманих в роботах [25] і [26], мабуть, можна пояснити відмінністю в умовах кристалізації виливків.

Одним з найбільш дієвих засобів впливу на литу структуру металів і сплавів є модифікування. Модифікатори діляться на дві групи: розчинні, поверхнево активні добавки (модифікатори першого роду) і нерозчинні добавки (модифікатори другого роду) [27]. Аналіз термодинамічних і кристалохімічних характеристик тугоплавких металів і різних тугоплавких сполук показує, що вони можуть бути рекомендовані для використання в якості модифікаторів другого роду для титану [27].

Найбільш перспективним напрямком для подрібнення литої структури титанових сплавів слід визнати:

- а) використання модифікаторів першого роду [27], до них відносяться рідкоземельні елементи Sc, V, La, Cl;
- б) використання легуючих добавок, що мають температуру плавлення вище ніж у титана, як інокуляторів (Mo, W).

Таким чином, проведений аналіз літературних даних показав, що на структуру і властивості литого титану BT1-0 можна впливати наступними способами:



VT1Л: ○ - вздовж волокон, ● - поперек волокон, * - литий метал

VT5Л : △ - вздовж волокон, ▲ - поперек волокон, ◇ - литий метал

VT3-1: □ - вздовж волокон, ■ - поперек волокон, х - литий метал

Рисунок 1.9 – Зміна механічних властивостей титанових сплавів в залежності від розмірів макрозерна

1. Під час електрошлакової виплавки виливки титану VT1-0 в рідку металеву ванну вводять інокулятори, з температурою плавлення вище ніж температура плавлення титану VT1-0. Наприклад порошки молібдену або вольфраму. Причому, фракція порошоків повинна бути такою, щоб вони

повністю розчинилися в металевій ванні. Це повинно забезпечити ефект диспергування литого зерна виливки титану BT1-0.

2. При введенні в ванну розплавленого титану порошоків молібдену або ж вольфраму, в результаті їх повного розчинення відбувається додаткове легування титану BT1-0. Зокрема, якщо масова частка введеного порошку молібдену складе від 30% до 35% то отриманий сплав буде мати найбільш високу корозійну стійкість практично у всіх агресивних речовинах.

Цілі та завдання роботи:

1. Дослідити можливість при електрошлаковій виплавці титану BT1-0, введення в металеву ванну порошка молібдену.

2. Провести розрахунок часу розчинення порошка молібдена в залежності від його фракції в рідкій ванні титану.

3. Вибрати обладнання для електрошлакової виплавки та введення порошку молібдену.

4. На підставі хімічного аналізу і макробудови отриманих виливків титану BT1-0 з введенням порошка молібдена, а також за допомогою довідкових даних, спрогнозувати механічні та корозійні властивості отриманого сплаву.

5. Розробити на підставі отриманих результатів електрошлакову технологію отримання поршня плунжерного насосу для перекачування агресивних речовин.

6. Провести економічний розрахунок і спроектувати виробничу ділянку для електрошлакової виплавки заготовок поршня плунжерного насосу.

2 МАТЕРІАЛИ, ОБЛАДНАННЯ, МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ

2.1 Властивості титану BT1-0

Згідно ГОСТ 19807-91 титан BT1-0 має наступний хімічний склад (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сплаву BT1-0 (у % матеріалу)

Fe	C	Si	N	Ti	O	H	Домішки
до 0,25	до 0,07	до 0,1	до 0,04	99,24- 99,7	до 0,2	до 0,01	до 0,3

Механічні властивості сплаву BT1-0 наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сплаву BT1-0

Сортамент	Розмір, мм	σ_B , МПа	КСУ, кДж/м ²
Лист, ГОСТ 22178-76	—	375	—
Труби, ГОСТ 24890-76	—	390	—
Прутки відпал., ГОСТ 26492-85	—	345	500-700
Плита, ГОСТ 23755-79	11-60	370-570	—
Плита, ГОСТ 23755-79	60-150	295-540	—

Фізичні властивості сплаву BT1-0:

- а) модуль пружності першого роду – 1,12 МПа;
- б) коефіцієнт температурного розширення – 8,2 1/град;
- в) коефіцієнт теплопровідності – 18,85 Вт/(м·град);
- г) щільність – 4505 кг/м³.

Технологічні властивості: зварюваність хороша, оброблюваність різанням хороша.

2.2 Порошки молібдену і вольфраму

У таблиці 2.3 представлені норми хімічного складу порошку молібдену по ТУ 48-19-316-80.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад порошку молібдену

Найменування компонента	Норма
Fe, % не більше	0,014
Al, % не більше	0,005
Ni, % не більше	0,005
Si, % не більше	0,005
Mg, % не більше	0,003
Na, % не більше	0,015
K, % не більше	0,06
Ca, % не більше	0,007
W, % не більше	0,4
O, % не більше	0,3
Решта (по різниці), % не менше	99,5

У таблиці 2.4 представлені норми хімічного складу порошку вольфраму по ТУ 48-19-72-92.

Таблиця 2.4 – Хімічний склад порошку вольфраму

Найменування компонента	Масова частка, %, не більше		
	Марка ПВН	Марка ПВВ	Марка ПВТ
Визначені домішки:			
Fe, % не більше	0,008	0,006	0,02
Al, % не більше	0,001	0,001	0,002
Si, % не більше	0,003	0,002	0,005
Ca, % не більше	0,005	0,002	0,005
Ni, % не більше	0,005	0,005	0,006
P, % не більше	0,005	0,004	0,005
S, % не більше	0,004	0,004	0,004
Mo, % не більше	0,04	0,02	0,2
C, % не більше	0,003	0,003	0,003
As, % не більше	0,005	0,003	0,03
K, % не більше	0,02	0,02	0,02
Na, % не більше	0,015	0,01	0,02
Втрати маси при прожарюванні (кисень і волога)	0,25	0,35	0,20
Масова частка вольфраму	інше	інше	інше

ПВН – Порошок вольфрамовий низькоактивний (паравольфрамат амонію маломолібденітний або вольфрамовий ангідрид з паравольфрамату амонію сорту а).

ПВВ – Порошок вольфрамовий високоактивний (паравольфрамат амонію підвищеної чистоти або вольфрамовий ангідрид з паравольфрамату амонію сорту а).

ПВТ – Порошок вольфрамовий технічний (паравольфрамат амонію або вольфрамовий ангідрид з паравольфрамату амонію).

2.3 Електрошлакове обладнання та допоміжне оснащення. Проведення виплавки

Виплавку дослідних виливків здійснювали на установці А-550 (рисунок 2.1) з трансформатором ТШС-3000-1. Основні технічні характеристики установки наведені в таблиці 2.5.



Рисунок 2.1 – Електрошлакова установка А-550

Таблиця 2.5 – Основні технічні характеристики установки А-550

Найменування показника	Значення
Робочий струм, А	3000
Найбільший вертикальний хід електрода, мм	1000
Швидкість подачі електрода, м/год	0,8-10
Найбільша вага виплавленого злитка, кг	75

Вимірювання електричних параметрів процесу виконували амперметрами і вольтметрами змінного струму по ГОСТ 8711-60, класу точності 1.5.

Установка укомплектована пристроєм для кріплення кристалізатора, а також піддону для забезпечення можливості витяжки злитка. Управління пристроєм здійснювалося з виносного пульта.

Система охолодження установки дозволила контролювати і регулювати в процесі плавки проток води в кристалізаторі і піддоні.

Для виплавки дослідних виливків розміром 60 мм та 100 мм був спроектований і виготовлений водоохолоджуваний мідний кристалізатор (рисунок 2.2). У конструкції кристалізатора передбачений спрямований проток води. Кристалізатор розрахований для умов тепловиділення на шлаку не більше 110 кВт. Випробування на герметичність проводилися газовою пробою і нагнітанням води при підвищеному тиску 7 атм (робочий тиск охолоджуючої води в кристалізаторі близько 2,5 атм).



Рисунок 2.2 – Мідні кристалізатори

Кристалізатори встановлювали на мідному водоохолоджуваному піддоні.

З огляду на те, що титанові сплави володіють більш високим електричним опором в порівнянні зі сталлю, була проведена модернізація вузла струмопідводу установки А-550. Спроековано і виготовлено пристосування, що дозволило значно знизити опір короткої мережі установки за рахунок підведення електроенергії до електрода безпосередньо над верхнім зрізом кристалізатора, (дивитися рисунок 2.1). Це дало можливість уникнути перегріву і окислення поверхні витрачаємого електрода.

З метою захисту шлакової ванни і металу виливки від впливу атмосфери, в плавильний простір кристалізатора подавали захисний газ – аргон. Витрати газу вимірювалися ротаметром РС-5.

Для переплаву використовували витрачаємі електроди, виготовлені зі смуги титану ВТ1-0. Окремі обрізки і смуги з'єднували за допомогою аргонно-дугового зварювання в електроди довжиною до 2000 мм. Були виготовлені електроди з поперечним перерізом 25 мм х 15 мм і 45 мм х 15 мм для переплаву в кристалізаторах діаметром 55 мм і 85 мм відповідно.

Всі плавки проводили на флюсі АНФ-1 однієї партії, хімічний склад представлений в таблиці 2.6. Плавки починали твердим стартом.

Таблиця 2.6 – Флюс АНФ-1 по ДСТУ 4025 – 2001

Марка флюсу	Масова частка елемента, %								
	CaF ₂	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	C	Fe ₂ O ₃	S	P	TiO ₂
АНФ 1	90	2,5	4,5	2,28	0,10	0,5	0,05	0,02	0,05

Для подачі легуючого порошку на шлакову ванну, під час плавки використовувався пальник Могул UP - 1 (рисунок 2.3). Основні технічні характеристики пальника наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Основні технічні характеристики пальника Могул UP-1

Расход ацетилена, л/хв	10
Маса пальника, кг	1,6

Продовження таблиці 2.7

Витрата кисню, л/хв	22
Витрата порошкових матеріалів, кг/год	5 - 8
Грануляція порошкових матеріалів, мкм	40 - 100
Витрата повітря, л/хв	11



Рисунок 2.3 – Пальник Могул Up-1

Пальник Могул UP1 (Mogul UP-1) розроблений для нанесення захисних антикорозійних, антифрикційних і декоративних покриттів на деталі різних розмірів і будь-які поверхні методом газопорошкового термічного напилення з використанням ацетилену в якості горючого газу.

2.4 Методи визначення структури і властивостей

2.4.1 Визначення хімічного складу

Хімічний склад титану BT1-0 визначали згідно ГОСТ 23902-79 «Сплави титанові. Методи спектрального аналізу» Тип спектрографа ІСП-30.

Також хімічний склад визначали згідно ГОСТ 19863.1-80 і ГОСТ 19863.13-80 хімічними методами.

Вміст газів у виливках титану визначали за ГОСТ 28052-97 «Титан і титанові сплави. Методи визначення кисню»

Визначення вмісту водню проводили хроматографічним методом.

2.4.2 Методика дослідження макро і мікроструктури

Макроструктуру виливків вивчали на поздовжніх темплетях, вирізаних в площині, що проходить через центр виливки. Поверхню темплетів шліфували, а потім труїли в 50% суміші плавикової кислоти і гліцерину 18%. Оцінку макроструктури проводили за ГОСТ 10243-75.

Мікроструктурний аналіз литого титану BT1-0 (зона І) проводили з використанням металографічних мікроскопів МІМ-8 і NEOFOT-2 при збільшеннях від 100 до 500 крат, а також для сплавів BT1-0 + 16,5% Мо (зона ІІ) і BT1-0 + 26% Мо (зона ІІІ).

2.4.3 Корозійні та механічні властивості

Корозійні і механічні властивості прогнозуємо на підставі хімічного складу, стану макроструктури з використання літературних джерел [4, 11, 16, 28].

3 РОЗРАХУНОК РОЗЧИННОСТІ ІНОКУЛЯТОРІВ

3.1 Завдання і мета розрахунку

Дана методика призначена для розрахунку розчинення інокуляторів з тугоплавких металів - вольфраму і молібдену - при електрошлаковому переплаві титану. До завдань даного розрахунку входить обчислення загального числа введених інокуляторів даного розміру, обчислення часу прогріву всієї маси інокулятора до температури рідкої металевої ванни, розрахунок часу розчинення і масової швидкості розчинення інокулятора.

3.2 Дані, необхідні для розрахунку

Для виконання розрахунку, необхідні наступні значення і величини:

- а) радіус головної частини злитка $R_{Г}$, м;
- б) радіус донної частини злитка $R_{Х}$, м;
- в) висота злитка $H_{зл}$, м;
- г) щільність переплавленого металу ρ , кг/м³ ;
- г) відносна атомна вага переплавленого металу, М;
- д) температура плавлення металу, що переплавляється $T_{пл}$, °С;
- е) концентрації інокуляторів в металі, що переплавляється (% С);
- є) початковий діаметр інокуляторів $d^{поч}$, м;
- ж) щільність металу інокуляторів $\rho_{тв}$, кг/м³;
- з) концентрація металу інокуляторів (% С)_{тв} без урахування домішок;
- и) концентрації інокуляторів в насиченому розчині (% С);
- і) швидкість переміщення інокулятора в металевій ванні $V_{п}$, м/с;
- й) температура металевої ванни T , °С;
- ї) коефіцієнт теплопровідності металу інокуляторів λ , Вт/мк;

- к) питома теплоємність металу і інокуляторів C_p , Дж/кг;
- л) тепловий критерій Фур'є $F_{от}$;
- м) коефіцієнт форми кулі K_f .

Розглянуті методики концентрацій інокуляторів в металі злитка протікали в межах від 0,5% до 30% від маси злитка [29].

Процес розчинення розглядається для рухомого інокулятора з тугоплавкого металу, температура плавлення якого більше температури плавлення металу, що переплавляється.

Значення щільності, відносної атомної маси, теплоємності і теплопровідності приведені в таблиці 3.1, при необхідності дослідження проводяться в [30,31].

Таблиця 3.1 – Теплофізичні характеристики металів

Матеріал	Теплофізичні характеристики				
	Температура плавлення, °C	Теплоємність, Дж/кг	Щільність, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/м·К	Відн. маса, у.о.
Титан	1665	532,4	4510	20	47,9
Вольфрам	3410	135,9	19300	105	183,9
Молібден	2620	271,2	10200	111	95,9

Швидкість переміщення інокулятора у ванні приймається згідно даних, наведених у роботі [32]. В даному випадку розглядається зовнішня задача гідродинаміки – рух тіла в рідині. Отже, для розрахунку приймається швидкість руху тіла – інокулятора.

Концентрації, розміри злитка і початковий діаметр інокулятора, середня температура металеві ванни – задаються.

Коефіцієнт форми кулі приймаємо рівним $K_f = 4,8$, згідно [33].

Значення теплового критерію Фур'є приймаємо $F_{ст} = 0,4$, згідно [33].

Концентрація насичення визначається з діаграм стану титан-молібден і титан-вольфрам, наведених на рисунках 3.1 та 3.2.

Для пари титан-молібден при середній температурі металевої ванни 1700 °С концентрація насичення становить 20%.

Для пари титан-вольфрам для середньої температури ванни 1700 °С розчинність даних елементів не обмежена. Отже, концентрацію насичення приймаємо рівною 100%.

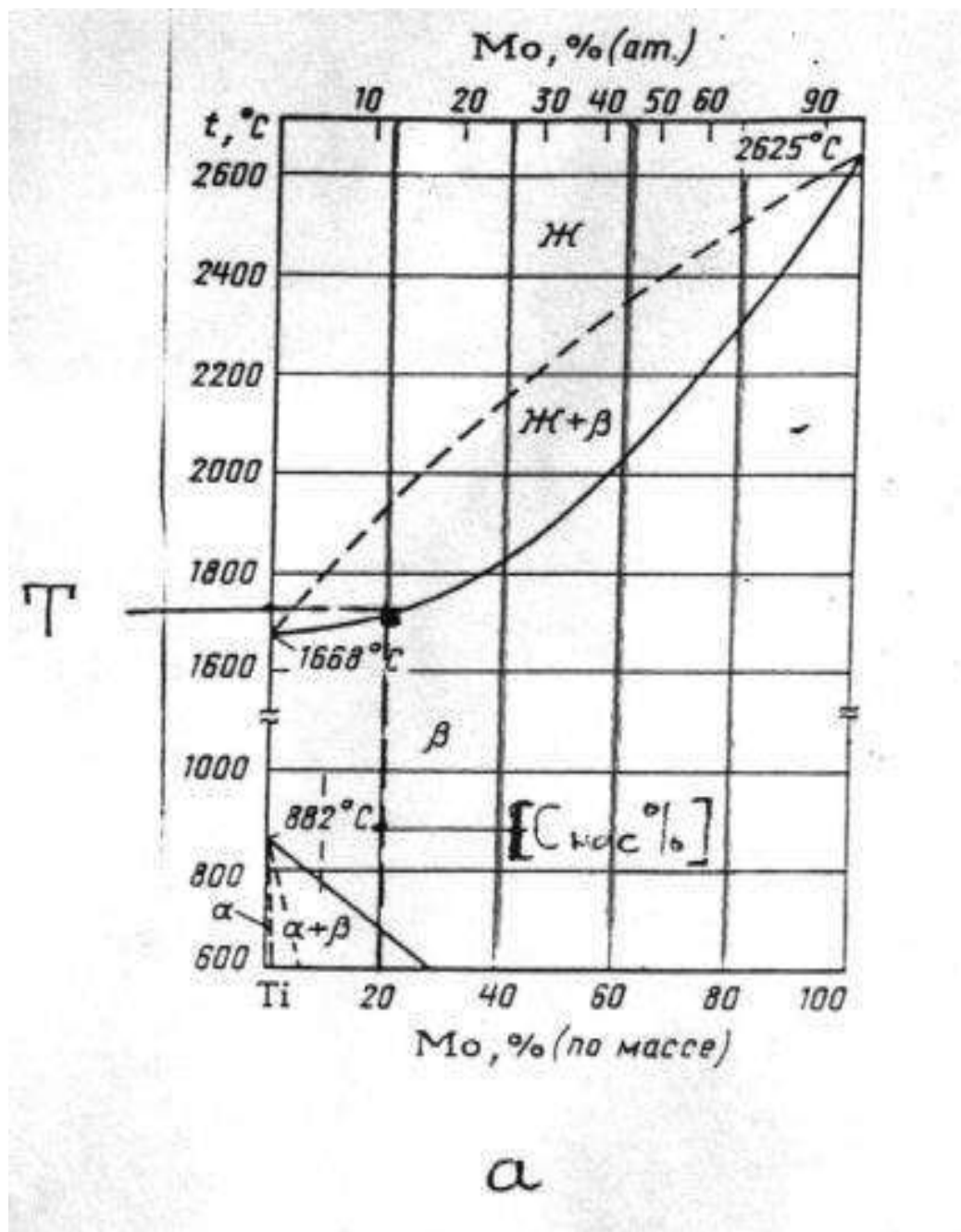


Рисунок 3.1 – Визначення концентрацій насичення для сплаву Ti-Mo (а)

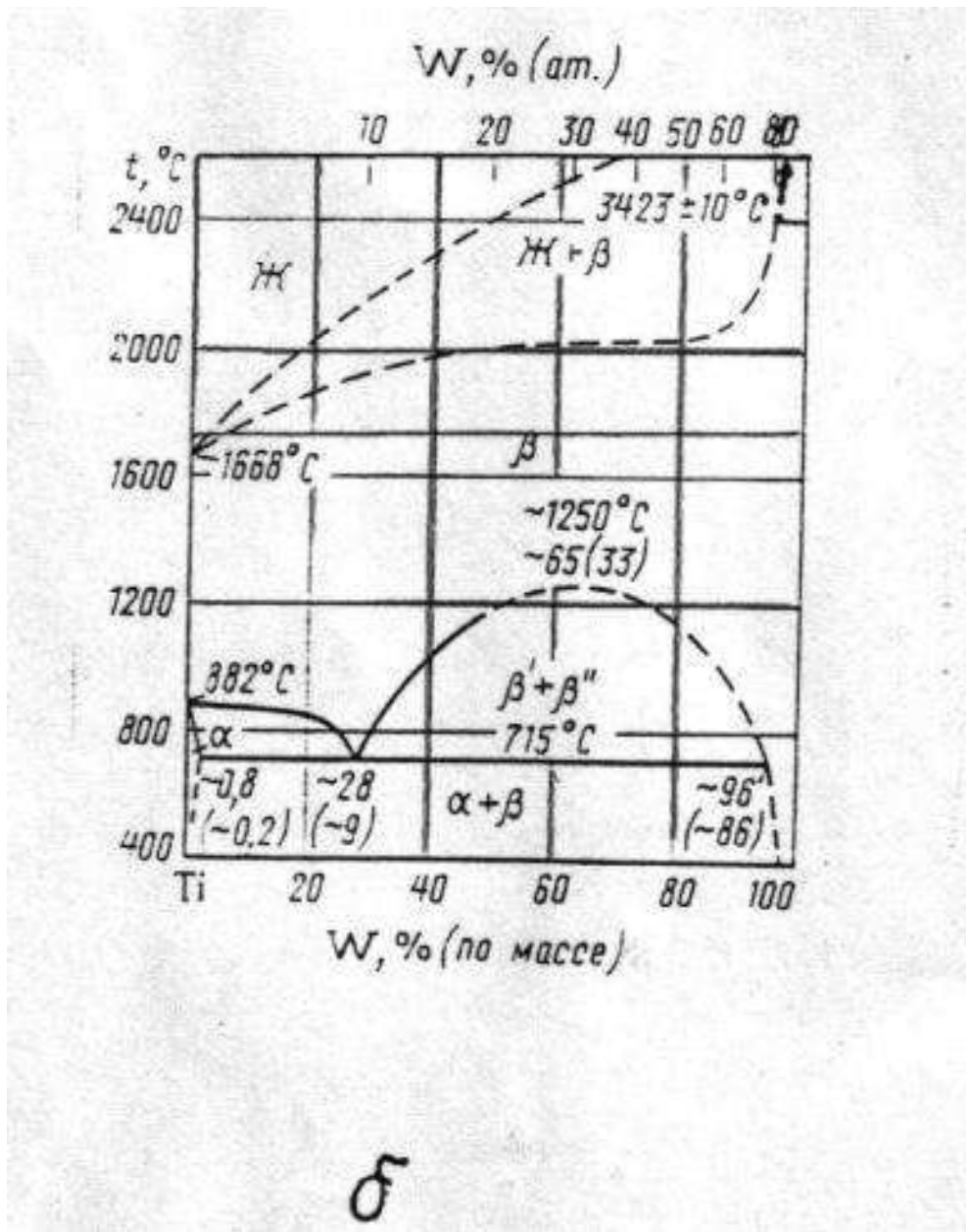


Рисунок 3.2 – Визначення концентрацій насичення для сплаву Ti-W (б)

3.3 Розрахунок часу розчинення інокуляторів

Обчислюємо об'єм злитка:

$$V_{\text{зл}} = \frac{1}{3} \pi H_{\text{зл}} (R_{\text{г}}^2 + R_{\text{г}} \cdot R_{\text{х}} + R_{\text{х}}^2), \quad (3.1)$$

де $V_{\text{зл}}$ – об'єм злитка, см^3 ;

$H_{\text{зл}}$ – висота злитка, мм;

$R_{\text{г}}$ – радіус головної частини злитка, мм;

$R_{\text{х}}$ – радіус хвостової частини злитка, мм.

Визначаємо загальну масу інокуляторів:

$$M_i = V_{\text{зл}} \cdot \rho [\% \text{ C}], \quad (3.2)$$

де M_i – маса інокуляторів, г;

ρ – щільність металу, що переплавляється, г/см^3 ;

$[\% \text{ C}]$ – концентрація інокуляторів в злитку.

Обчислимо кількість інокуляторів з урахуванням заданого процентного вмісту розчинності елемента інокулятора в металі виливки:

$$N_i = \frac{6N_i}{\rho_{\text{тв}} \pi D_{\text{поч}}^3}, \quad (3.3)$$

де N_i – число інокуляторів;

$\rho_{\text{тв}}$ – щільність металу інокуляторів, г/см^3 ;

$D_{\text{поч}}$ – початковий діаметр інокуляторів, мм.

Обчислення щільності розплавленого металу проводиться за методикою, наведеною в [34], для титану:

$$\rho^{\text{ш}} = 4580 - 0.226T, \quad (3.4)$$

де $\rho^{\text{ш}}$ – щільність рідкого металу, г/см^3 ;

T – температура ванни, $^{\circ}\text{C}$.

Кінематична в'язкість рідкої ванни розплавленого титану розраховуємо за формулою [31], або ж з даних роботи [35]:

$$\nu = \frac{1}{A \cdot M^{1/2} \cdot T_{пл}^{1/2} \cdot \left(\frac{M}{\rho}\right)^{-2/3}}, \quad (3.5)$$

де ν – кінематична в'язкість;

$A = 5,7 \cdot 10^{-4}$ – постійна Андраде;

M – відносна атомна маса металу ванни;

$T_{пл}$ – температура плавлення металу ванни, К;

ρ – щільність металу ванни, г/см³.

Критерій Рейнольдса розраховуємо за формулою:

$$Re = \frac{Vd}{\nu}, \quad (3.6)$$

де V – швидкість руху інокулятора в металевій ванні, м/с;

d – діаметр інокуляторів, мм.

Визначимо коефіцієнт опору C_s в залежності від значення критерію Рейнольдса.

При $Re > 500$:

$$C_s = 0,44 = \text{const} \quad (3.7)$$

При $Re < 300$:

$$C_s = \frac{10}{\sqrt{Re}} \quad (3.8)$$

Обчислення критичного діаметра [33], при перевищенні якого на частку не діють конвективні потоки:

$$d_{\text{крит}} = \frac{3CsVu\rho_{nd}}{4g(\rho_{nd} - \rho_i)}, \quad (3.9)$$

де d – критичний діаметр, мм;

Cs – коефіцієнт опору;

$\rho_{ж}$ – щільність рідкого титану, г/см³;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$\rho_{тв}$ – щільність металу інокуляторів, г/см³.

Обчислення коефіцієнта дифузії для досліджуваних пар металів за такими формулами:

Титан-молібден:

$$D = 4 \cdot 10^{-6} \exp\left(\frac{-198}{RT}\right) \quad (3.10)$$

Титан-вольфрам:

$$D = 3.6 \cdot 10^{-7} \exp\left(-\frac{184}{RT}\right), \quad (3.11)$$

де D – коефіцієнт дифузії;

$R = 8,31$ Дж (моль К)⁻¹;

T – температура ванни, К.

Коефіцієнт масопередачі залежить від числа Рейнольдса і розраховується наступним чином:

При $Re > 500$:

$$\beta = 1.06 \left(\frac{(\rho_{тв} - \rho_{ж})g}{\rho_i} \right)^{1/4} \frac{D^{2/3}}{d^{1/4} \nu^{1/6}} \quad (3.12)$$

При $0 < Re < 300$:

$$\beta = 0.41 \left(\frac{(\rho_{тв} - \rho_{ж}) g D^2}{\rho_{ж} \nu} \right)^{1/3}, \quad (3.13)$$

де $\rho_{тв}$ – щільність металу інокулятора;

$\rho_{ж}$ – щільність металу ванни, г/см³;

g – прискорення вільного падіння м/см²;

ν – кінематична в'язкість, м²/с;

$D_{поч}$ – початковий діаметр інокулятора, мм.

Час розчинення інокулятора можна розрахувати за [33]:

$$\tau = \frac{(r_{тт} - r_{ж}) \cdot ([\%C]_{тв} - [\%C]) \cdot \rho_{тв}}{\beta \cdot ([\%C]_{поч} - [\%C]) \cdot \rho_{ж}} \quad (3.14)$$

де τ - час розчинення інкулятора;

$r_{тт}$, $r_{ж}$ – початковий і кінцевий радіус інокулятора, мм;

$[\%C]_{тв}$ – концентрація металу в інокуляторах (без урахування домішок), %;

$[\%C]$ – концентрація металу інокуляторів в розплаві, %;

$[\%C]_{поч}$ – концентрація речовини в насиченому розчині, %;

β - коефіцієнт масопередачі, кг/м² · с.

Масова швидкість розчинення інокуляторів розраховується за формулою:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\beta \{ [\%C]_{нас} - ([\%C]_{кн} + \frac{(M_{кн} - Hm)[\%C]_{тв}}{M_{ж.поч} + H_{поч} - Hm}) \} \rho_{ж} K \phi \left(\frac{Mm}{\rho_{тв}} \right)^{\frac{2}{3}} N^{\frac{1}{3}}}{[\%C]_{тв} - \{ [\%C]_{поч} + \frac{(M_{поч} - Hm)[\%C]_{тв}}{M_{ж.поч} - M_{поч} - Mm} \}}, \quad (3.15)$$

де β - коефіцієнт масопередачі, кг/м² · с;

$[\%C]_{нас}$ – концентрація насичення, %;

$[\%C]_{поч}$ – концентрація інокуляторів в рідкій фазі на початку процесу, %;

$[\%C]_{\text{тв}}$ – концентрація металу в інокуляторах (без урахування домішок), %;

$M_{\text{поч}}$ – маса інокуляторів на початку процесу, г;

$M_{\text{ж.поч}}$ – маса рідкої фази на початку процесу, г;

$\rho_{\text{ж}}$ – щільність металу ванни, г/см³;

$K_{\text{ф}}$ – коефіцієнт форми кулі;

$\rho_{\text{тв}}$ – щільність металу інокуляторів, г/см³;

N – число інокуляторів.

Обчислення часу, необхідного для повного прогрівання всієї маси інокулятора до температури поверхневого шару [33]:

$$\tau = \frac{F_{\text{от}} m^2 \cdot C_p \cdot \rho_{\text{тв}}}{\lambda}, \quad (3.16)$$

де $F_{\text{от}}$ – тепловий критерій Фур'є;

$r_{\text{поч}}$ – початковий радіус інокулятора, мм;

$\rho_{\text{тв}}$ – щільність металу інокулятора, г/см³;

C_p – питома теплоємність металу інокулятора, Дж/кг·К;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К.

Для розрахунку приймаємо вміст інокулятора в злитках 2% по масі, діаметр інокуляторів 10^{-3} м, температура ванни 1700 °С, швидкість інокулятора 1,6 м/с, початкова маса рідкої фази 0,2 кг.

Аналізуючи отримані результати, порівнюючи з даними з літературних джерел, отримаємо наступне:

$\rho_{\text{ж}} = 4134 \text{ кг/м}^3$, $\Delta \rho = 0,58 \%$, можна розглядати як достовірні значення.

Величину кінематичної в'язкості за розрахунком $\nu = 8,7 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, по [34] $\nu = 1,01 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ показує неточність застосовуваної формули Андраде, що вказується в [31]. Надалі в розрахунку використовуються дані з [32]. Величина критерію Рейнольдса за розрахунком $Re = 1584,2$, що вкладається в дані з літературних джерел [33], які вказують, що для діаметру 0,001 $Re > 500$.

Значення коефіцієнтів дифузії для пар титан-молібден і титан-вольфрам, отримані розрахунковим шляхом складають відповідно $3,99 \times 10^{-6}$ та $3,56 \times 10^{-7}$.

Залежність часу розчинення τ від початкового діаметра інокулятора $d_{\text{поч}}$ наведена на рисунку 3.3.

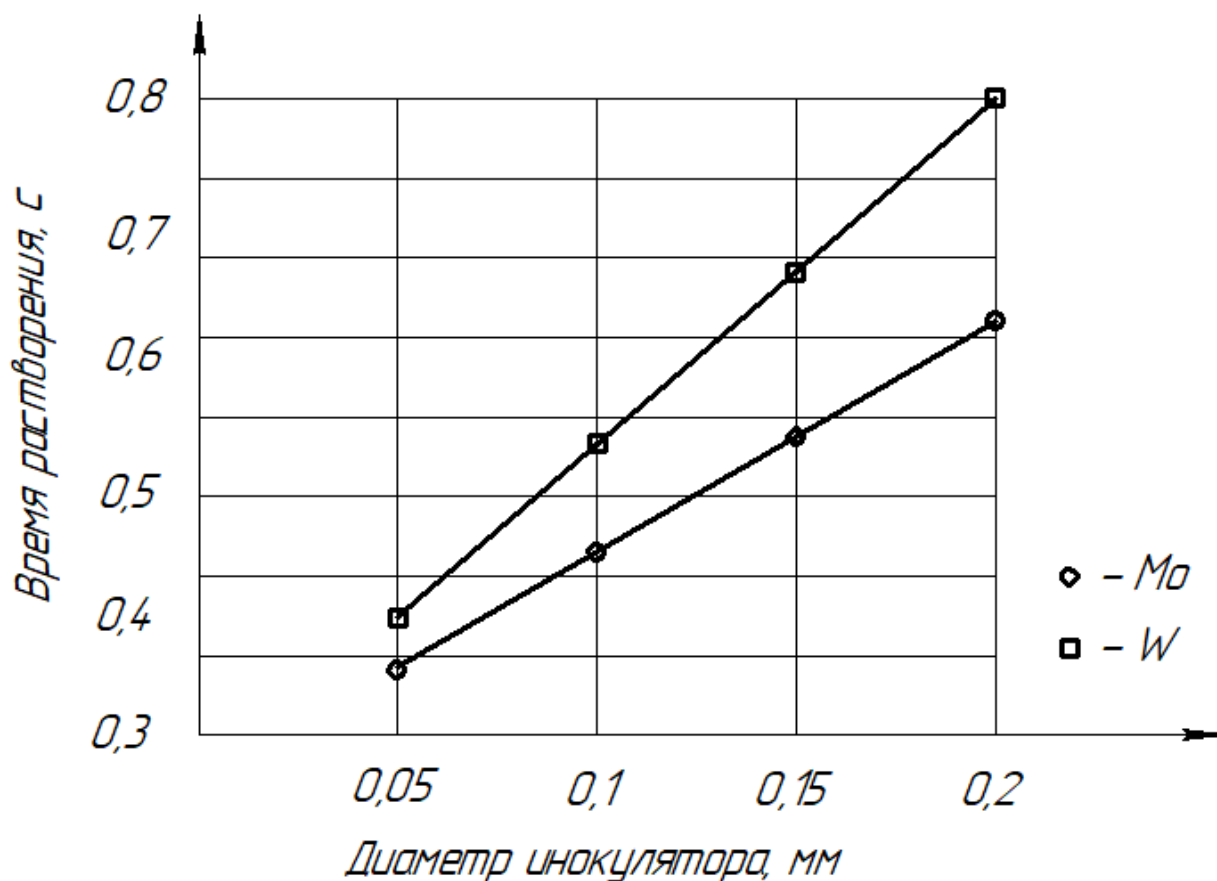


Рисунок 3.3 – залежність часу розчинення від початкового діаметра інокулятора $d_{\text{поч}}$

Час розчинення молибденових і вольфрамових інокуляторів наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Залежність часу розчинення інокулятора від його початкового діаметра

Н/Н	Діаметр інокулятора, мм	Час розчинення для металу, с	
		Молибден	Вольфрам
1	0,05	0,09	0,15
2	0,1	0,24	0,35
3	0,15	0,36	0,58
4	0,2	0,51	0,81

4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОШЛАКОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРШНЯ ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСУ ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ АГРЕСИВНИХ РЕЧОВИН

4.1 Підготовка обладнання

Для виплавки заготовки поршня, на піддон встановлюємо зтравлюючу пластину з розвідною спіраллю з стружки титану BT1-0 (рисунок 4.1). Потім встановлюємо водоохолоджуваний кристалізатор діаметром 60 мм і затискаємо в електротримач витрачаємий електрод з титану BT1-0 перетином 20 мм х 30 мм.

Підключаємо робота FANUC з пальником Могул UP-1 до комунікацій для введення порошку Мо. Засипаємо в бункер дрібнодисперсний порошок молібдену фракцією 100 мкм (0,1 мм). Підключаємо пальник до комунікацій для подачі ацетилену, кисню і повітря.

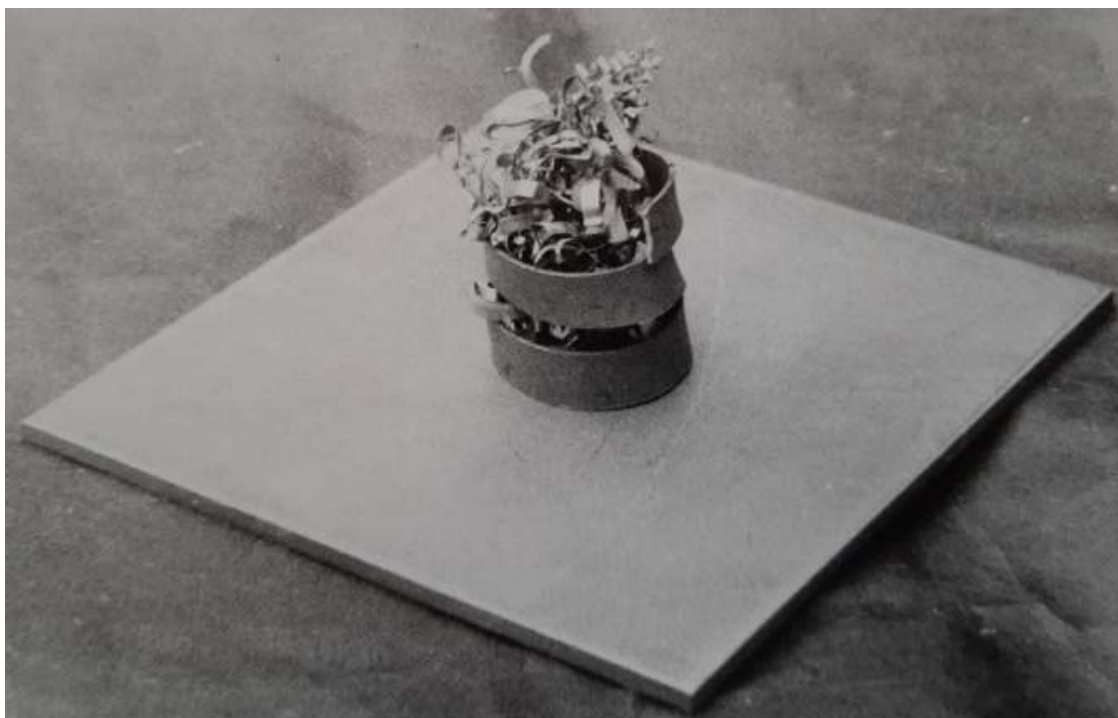


Рисунок 4.1 – Зтравлююча пластина з розвідною спіраллю зі стружки титану BT1-0

4.2 Ведення плавки

Включаємо трансформатор ТШС-3001 і проводимо розведення твердим стартом. Виходимо на режим плавки, параметри режиму було встановлено відповідно до рекомендацій [10]. Струм плавки від 2,5 до 2,6 кА, напруга 26 В.

Для пальника, витрата ацетилену 10 л/хв, витрата кисню 22 л/хв, витрата повітря 11 л/хв. Пальник використовували для двох розрахункових режимів: 1 – додавання 16,5% Мо; 2 – додавання 26% Мо. Після наплавлення 2/3 висоти злитка, включаємо робота FANUC з пальником Могул UP-1 і починаємо подавати порошок на шлакову ванну. Далі електрошлаковий процес і введення інокуляторів протікають спільно. Порошок пройшовши через шлакову ванну потрапляє в металеву ванну, в якій відбувається його розчинення. Рівномірний розподіл порошку забезпечується за рахунок гідродинамічних сил, як в шлаку, так і в металевій ванні. Після наплавлення повної висоти заготовки (100 мм), спочатку відключаємо робота з пальником, а потім трансформатор ТШС-3001.

4.3 Охолодження і витяг виливки

Виливок знаходиться в кристалізаторі до повного охолодження (20 хв.), потім виливок витягують з кристалізатора. Отриманий виливок представлений на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Виливок з титану VT1-0

Як видно з рисунку 4.2 поверхня виливки гладка, перетискання і гофри відсутні. Це свідчить про правильний вибір параметрів режиму і їх стабільному підтримуванні протягом плавки.

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОТРИМАНОЇ ЗАГОТОВКИ ПОРШНЯ

5.1 Макроструктура заготовки поршня

На рисунку 5.1 представлена макроструктура титанової заготовки поршня, отриманої електрошлаковим способом з додатковим введенням інокуляторів (порошок молібдену).

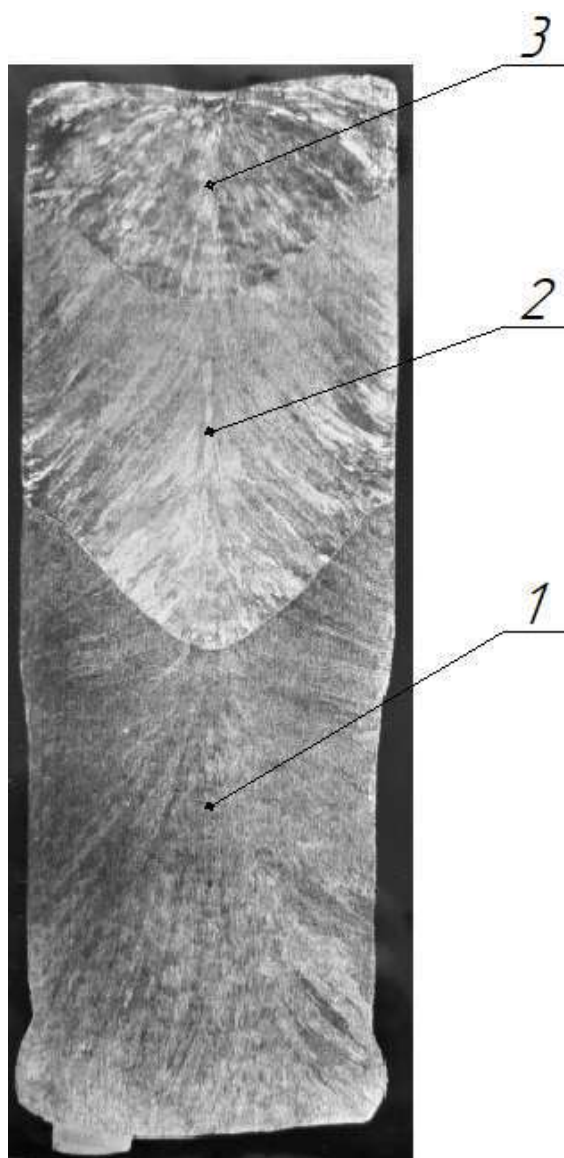


Рисунок 5.1 – Макроструктура титанової заготовки

Як видно, отриманий метал має щільну структуру, характерну для електрошлакового відливання. Спрямованість росту кристалів радіально-осьове з кутом нахилу до осі злитка, порядку від 40° до 45° , що свідчить про правильність вибору параметрів режиму процесу. З представленої макроструктури (рисунок 5.1) видно, що вона характеризується трьома зонами: 1 зона – висота 75 мм, являє собою титан BT1-0; 2 зона – висота від 75 мм до 130 мм, представляє сплав BT1-0 + 16% Мо; 3 зона – висота від 130 мм до 150 мм, представляє сплав BT1-0 + 26,5% Мо. Уточнений хімічний склад кожної із зон представлений нижче в пункті 5.2

Слід зазначити, що всі досліджувані виливки характеризувалися монолітністю макробудування і відсутністю будь-яких дефектів.

5.2 Хімічний склад заготовки поршня

Витрачаємі електроди з титану BT1-0 мали наступний хімічний склад: Ti – до 99.9%; Al – не більше 0,2%; Si – 0,08; Fe – 0,15%; C – 0,05%; O – 0,12%; N – 0,03%; H – 0,003%.

Так як заготовка має різний хімічний склад по висоті виливки, то дослідження хімічних властивостей проводили на різних рівнях згідно зі схемою, наведеною на рисунку 5.2.

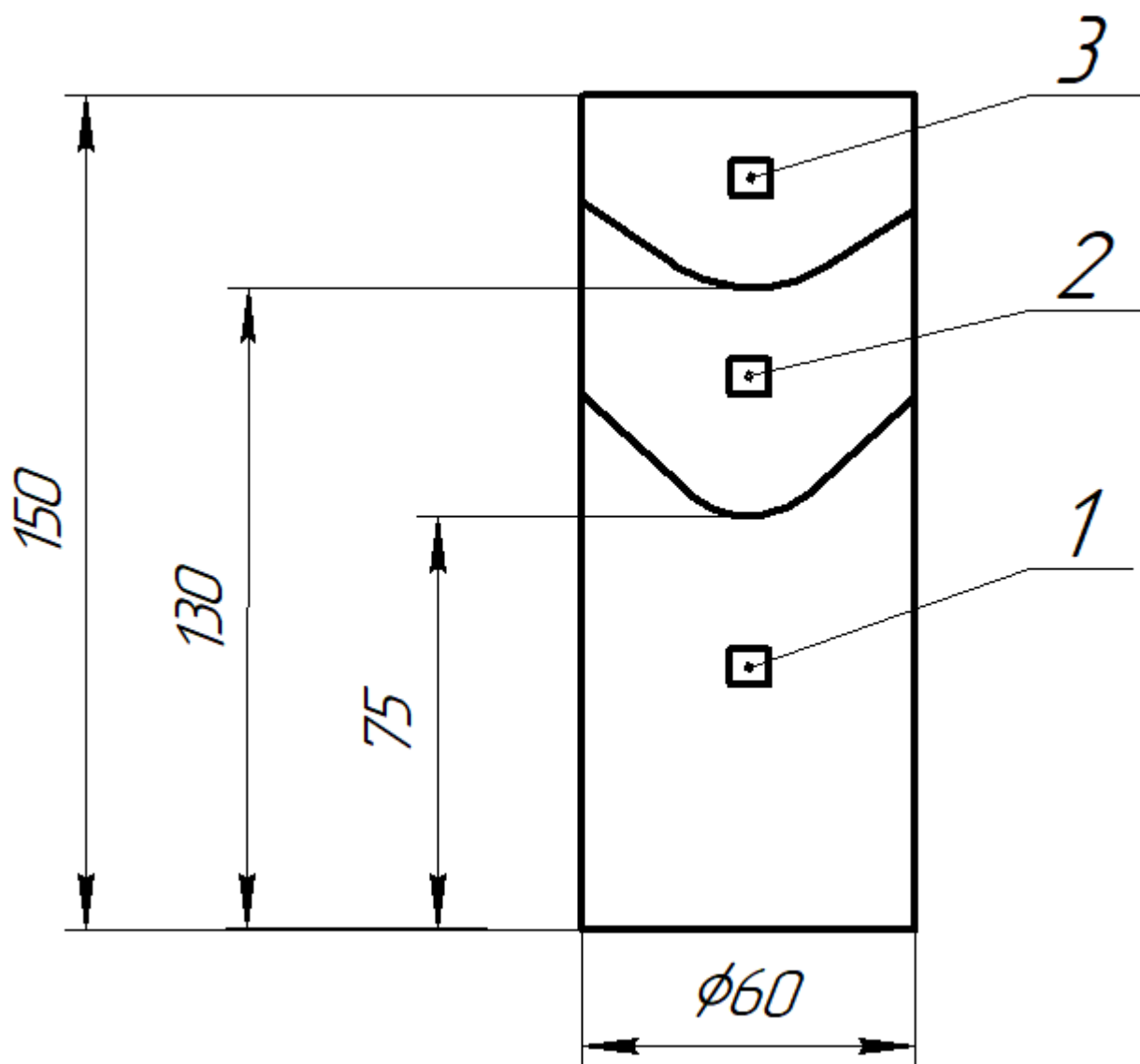
В таблиці 5.2 представлений хімічний склад заготовки поршня плунжерного насосу.

Таблиця 5.1 – Хімічний склад заготовки поршня

№ зони	Вміст хімічного елемента, %								
	Сплав	C	Fe	Al	Si	O	N	H	Mo
1	BT1-0	0,02	0,17	0,8	0,03	0,18	0,03	0,01	-

Продовження таблиці 5.1

2	BT1-0 + 16,5% Mo розрахунковий	0,03	0,12	0,7	0,02	0,12	0,02	0,01	16,1
---	--------------------------------------	------	------	-----	------	------	------	------	------



зона 1 – BT1-0; зона 2 – це BT1-0 + 16,5% Мо; зона 3 – це BT1-0 + 26% Мо

Рисунок 5.1 – Схема відбору проб для хімічного аналізу

З отриманих заготовок був виготовлений дослідний зразок поршня (рисунок 5.3).



Рисунок 5.3 – Зразок поршня (плунжера)

При виготовленні дослідного поршня встановлено, що отримана заготовка добре обробляється механічними способами. Так само за зовнішнім виглядом можна судити про те, що макро-будова отриманої виливки – щільна, однорідна. Дефекти внутрішньої будови (пори, раковини і т.д.) відсутні.

У таблиці 5.2 наведена прогнозована корозійна стійкість сплавів [36].

Таблиця 5.2 – Прогнозована корозійна стійкість сплавів

Сплав	Концентрація, %	Температура, °C	Агресивне речовине	Швидкість корозії, мм/рік
BT1-0	10	75	HCl	8,9
BT1-0 + 16,5 % Mo				0,25
BT1-0 + 26 % Mo				0,14
BT1-0	15	75	H ₂ SO ₄	10
BT1-0 + 16,5 % Mo				0,25
BT1-0 + 26 % Mo				0,14

У таблиці 5.3 представлені прогнозовані механічні властивості сплавів.

Таблиця 5.3 – Прогнозовані механічні властивості сплавів

Сплав	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	δ , %	ψ , %
BT1-0	400	343	20	55
BT1-0 + 16,5 % Мо	431	382	10	25
BT1-0 + 26 % Мо	680	617	12	26

6 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

6.1 Опис ідеї проєкту

На сьогоднішній день плунжерні насоси та використання їх обладнання набули широкого поширення. Однак потенціал їх вдосконалення ще не вичерпаний. Залишається актуальним цілий ряд запропонованих практичних питань: підвищення ресурсу плунжерних пар, збільшення міжремонтного періоду, за рахунок застосування більш корозійностійкого титанового сплаву.

Таблиця 6.1 – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
Розробка технології виготовлення поршня плунжерного насосу з титанового сплаву BT1-0 із застосуванням молібденових інокуляторів	Хімічна промисловість (агресивні речовина)	Поліпшення корозійної стійкості, за рахунок чого підвищений термін служби деталі

В межах завдання проаналізував характеристику потенційного ринку та подав у вигляді таблиці 6.2 [37].

Таблиця 6.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Головні конкуренти	ETATRON D.S. АРЕОПАГ
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає

Продовження таблиці 6.2

3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Програє за якістю продукції
4	Специфічні вимоги до стандартизації та специфікації	Для вибухонебезпечних агресивних речовин оформляється сертифікат на насоси по ТР МС про безпеку обладнання для роботи у вибухонебезпечних речовинах

Проаналізувавши характеристику потенційного ринку можна побачити головних конкурентів, дати якісну оцінку розвитку динаміки ринку, а також вияснити які можуть бути обмеження чи вимоги до стандартизації.

Побудував карту стейкхолдерів, яка дозволить візуалізувати картину взаємозв'язків стейкхолдерів [37]. На рисунку 6.1 зображена карта стейкхолдерів.

На карті стейкхолдерів відображено взаємозв'язок стейкхолдерів. Залежні зацікавлені сторони формально ініціатору проєкту не підлеглі, проте тісні ділові стосунки потребують на пошук взаємовигідних рішень та компромісів. На периферії ж знаходяться зовнішні зацікавлені сторони. Це область стейкхолдерів опосередкованого впливу на успішність реалізації інноваційного проєкту [37].



Рисунок 6.1 – Карта стейкхолдерів

6.2 Організація ділянки із зварювання

Одним із найважливіших завдань організації виробництва є забезпечення найменшої тривалості виробничого процесу, тобто циклу виготовлення продукції [37].

При нормуванні заготівельних робіт, робіт зі зварювання потрібно брати до уваги серійний характер виробництва, який впливає на структуру норми часу.

Норми часу на процес виготовлення зразків для випробувань зварювальних матеріалів представлені в табл. 6.3

Таблиця 6.3 – Технічне нормування операцій за новою технологією

	Найменування операцій	Норма штучного часу, н/год
	Підготовка матеріалу та обладнання	0,1
	Ведення плавки	0,2
	Охолодження і витяг виливки	0,33
	Контроль	0,02
	Норма часу на одиницю виробу	0,65

6.3 Виробнича програма і її матеріальне забезпечення

Основою для розрахунку ділянки з виготовлення зразків для випробувань зварювальних матеріалів є виробнича програма в штуках [37].

У данному дипломному проєкті приймаємо виробничу програму з виготовлення зразків для випробувань зварювальних матеріалів рівною 1500 зразків. (див. табл. 6.4)

Таблиця 6.4 – Виробнича програма зразків за рік

Найменування виробу	Норма часу на виріб , н/год	Виробнича програма	
		штук	н/год
Поршень плунжерного насосу	0,65	1500	975

В таблиці 6.5 представлено вартість матеріалів [37].

Таблиця 6.5 – Розрахунок потреби в матеріалах, і їх вартість

Найменування матеріалу	Норма витрати		Ціна за 1 кг матеріалу, грн	Вартість на програму, грн.
	На виріб, кг.	На програму, кг.		
Листовий титан BT1-0	10	15000	300	450000
Порошок молібдену	1	1500	1200	1800000
Флюс АНФ-1	5	7500	60	90000
Електроди з BT1-0	0,5	750	440	660000
Технічний ацетилен	0,40	600	300	450000
Технічний кисень	0,70	1050	120	180000
Технічне повітря	0,3	450	250	375000
Всього				4005000

Транспортні витрати складають 10% від вартості виробів – 400500 грн.

Балансова вартість матеріалів з урахуванням транспортних витрат:

$$4005000 + 400500 = 4405500 \text{ грн}$$

6.4 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки

На даній виробничій ділянці однозмінний режим роботи при п'ятиденному робочому тижні – 40 годин. Тривалість робочої зміни 8 годин.

Номінальний фонд часу роботи обладнання для однозмінного режиму роботи прийнятий 2000 годин.

Ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання за рік визначається за формулою:

$$F_{\text{еф}}^{\text{об}} = F_{\text{ном}} \cdot (1 - K_{\text{в}}) = 2000 \cdot (1 - 0,07) = 1860 \text{ год} \quad (6.1)$$

де $F_{\text{ном}}$ – номінальний фонд часу роботи устаткування;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт витрат часу на ремонт та обслуговування обладнання, $K_{\text{в}} = 0,07$.

До складу основних фондів ділянки входять устаткування, будівлі, цінний інструмент і пристосування.

Розрахункова кількість печей ЕШП визначається за формулою:

$$C_{\text{рi}} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_{\text{эф.}}^{\text{об}}} = \frac{(0,65 + 0,33) \cdot 1500}{1860} = 0,79 \quad (6.2)$$

де m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу i -ой операції, год;

N_i – річна програма i -го виробу, шт;

$F_{\text{эф.}}^{\text{об}}$ – ефективний фонд роботи устаткування за рік, год.

Коефіцієнт завантаження устаткування $K_{\text{зав.}} = 0,79/1=0,79$

Розрахунок кількості робіт та пальників:

$$C_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_{эф.}^{об}} = \frac{0,2 \cdot 1500}{1860} = 0,16 \quad (6.3)$$

де m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу i -ой операції, год;

N_i – річна програма i -го виробу, шт;

$F_{эф.}^{об}$ - ефективний фонд роботи устаткування за рік, год.

Коефіцієнт завантаження устаткування $K_{зав.} = 0,16/1=0,16$

Для шліфувальної операції:

$$C_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_{эф.}^{об}} = \frac{0,15 \cdot 1500}{1860} = 0,12 \quad (6.4)$$

де m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу i -ой операції, год;

N_i – річна програма i -го виробу, шт;

$F_{эф.}^{об}$ - ефективний фонд роботи устаткування за рік, год.

Коефіцієнт завантаження устаткування $K_{зав.} = 0,12/1=0,12$

Для зварювальної операції:

$$C_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_{эф.}^{об}} = \frac{0,11 \cdot 1500}{1860} = 0,08 \quad (6.5)$$

де m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу i -ой операції, год;

N_i – річна програма i -го виробу, шт;

$F_{эф.}^{об}$ - ефективний фонд роботи устаткування за рік, год.

Коефіцієнт завантаження устаткування $K_{зав.} = 0,08/1=0,08$

В таблиці 6.6 вказані данні по кількості устаткування, його вартості та потужності [37].

Таблиця 6.6 – Розрахунок кількості устаткування, його вартості і потужності

Устаткування	Кількість устаткування, шт.	Коефіцієнт завантаження, K_z	Ціна устаткування за прејскурантом, грн.	Потужність двигунів, кВт/год
Установка ЕШП А-550	1	0,79	250000	10
Робот FANUC	1	0,16	600000	5
АДГ-3,0	1	0,08	200000	0,3
Шліфувальна машина ИП-2014	1	0,12	2500	1,2
Пальник Могул UP-1	1	0,16	40000	2,5
Всього	5	1,31	1092500	19

Транспортні витрати складають 10% від вартості устаткування – 109250 грн.

Балансова вартість устаткування з урахуванням транспортних витрат:

Балансова вартість цінного інструменту складає 3 % балансовій вартості устаткування:

Балансова вартість виробничого інвентаря приймаємо 2 % від вартості устаткування, а господарського 110 грн на одного робітника.

Вартість господарського інвентаря – 500 грн.

Площа ділянки 100 м² вартість будівлі 100000 грн.

В таблиці 6.7 наведені фонди ділянки їх структура і амортизаційні відрахування [37].

Таблиця 6.7 – Основні фонди ділянки їх структури і амортизаційні відрахування

Групи основних фондів	Балансова вартість, грн.	Структура, %	Термін експлуатації (роки)	Річні амортизаційні відрахування, грн.
Будівлі	100000	65,16	45	2222
Споруди	2500	1,76	30	83
Устаткування	1092500	19,40	15	72833
Інструмент	2500	8,78	5	500
Інвентар	21850	10,90	3	7283
Загалом	1219350	100		82921

6.5 Розрахунок кількості персоналу ділянки

Чисельність основних працівників на нормованих роботах ділянки по кожній професії визначається по формулі:

$$Ro = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_o^p K_{BH}}, \quad (6.6)$$

де m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу i -ої операції, год;

N_i – річна програма i -го виробу шт;

$K_{BH} = 1,05$ – коефіцієнт виконання норм вироблення;

F_{ϕ}^p - ефективний фонд роботи робітника в рік визначається по формулі:

$$F_{\phi}^p = F_{ном} (1 - h) \text{ ч,}$$

$$F_{\phi}^p = 1860 \text{ год}$$

Розрахунок кількості працівників:

- кількість робітників на складальну операцію:

$$Ro = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_{\phi}^p K_{BH}} = \frac{0,08 \cdot 1500}{1860 \cdot 1,05} = 0,1 \text{ чол} \quad (6.7)$$

- кількість робітників на процес ЕШП:

$$Ro = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_{\phi}^p K_{BH}} = \frac{0,15 \cdot 1500}{1860 \cdot 1,05} = 0,1 \text{ чол} \quad (6.8)$$

- кількість робітників на термічні роботи:

$$Ro = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_{\phi}^p K_{BH}} = \frac{0,32 \cdot 1500}{1860 \cdot 1,05} = 0,3 \text{ чол} \quad (6.9)$$

На підставі розрахунків можна зазначити, що робітники за вище зазначеними операціями є не завантаженими в повному обсязі. Це відповідає сучасній ситуації багатьох підприємств. Тому було б доцільно використовувати сумісництво операцій.

Чисельність допоміжних робітників визначається по нормах обслуговування і по робочих місцях. Для ділянки необхідно: 1 оператор ЕШВ, 1 зварник-складальник, 1 терміст, 1 підсобник, 1 транспортувальник.

Для забезпечення належного протікання технологічного процесу зварювання потрібно робітників відповідних кваліфікацій.

Загальна чисельність персоналу приведена в таблиці 6.8 [37].

Таблиця 6.8 – Загальна чисельність персоналу

Професія	Форма оплати праці	Кількість працівників, чол.	По розрядах			По змінах
			3	4	5	
Основні:	Відрядно-преміальна					
Зварник		1			1	
Оператор ЕШП		1		1		
Терміст		1		1		
Разом		3		2	1	
Допоміжні:	Почасово-преміальна					
Підсобник		1	1			
Транспортувальник		1	1			
Разом		2	2			
Всього		5	2	2	1	

6.6 Фонд оплати праці

Сума заробітної плати, яка виплачується працівникам підприємства, утворює фонд заробітної плати. Фонд заробітної плати розраховується згідно з

прийнятими формами і системами оплати праці. Цей показник розраховується окремо по кожній групі працівникам, і в цілому по ділянці.

Річний фонд зарплати складається з тарифного фонду доплат, і премій.

Тарифний фонд заробітної плати основних працівників - відрядників розраховується по формулі:

- для зварника:

$$Z_{\text{відрядників}} = N_i \sum_{i=1}^n P_i = 1500 \cdot 35,75 = 53625 \quad (6.10)$$

- для оператора ЕШП:

$$Z_{\text{відрядників}} = N_i \sum_{i=1}^n P_i = 1500 \cdot 32,50 = 48750 \quad (6.11)$$

- для терміста:

$$Z_{\text{відрядників}} = N_i \sum_{i=1}^n P_i = 1500 \cdot 32,50 = 48750 \quad (6.12)$$

де N_i – річна виробнича програма, шт;

n – кількість операцій технологічного процесу;

P_i – розцінка на операцію розраховується по формулі:

- для зварника:

$$P_i = c_i \cdot t_i = 55 \cdot 0,65 = 35,75 \quad (6.13)$$

- для оператора ЕШП:

$$P_i = c_i \cdot t_i = 50 \cdot 0,65 = 32,50 \quad (6.14)$$

- для терміста:

$$P_i = c_i \cdot t_i = 50 \cdot 0,65 = 32,50 \quad (6.15)$$

де c_i – годинна тарифна ставка відповідного розряду, грн;

t_i – норма часу на операцію, год;

Розрахунок розцінок зведений в таблиці 6.9 [37].

Таблиця 6.9 – Розрахунок розцінок за операціями

Операція	Норма часу, год.	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Розцінка, грн
Зварник	0,08	5	55	35,75
Оператор ЕШП	0,15	4	50	32,50
Терміст	0,32	4	50	32,50
Всього	0,55			100,75

Тарифний фонд заробітної плати основних працівників складає:

$$З_{сд} = 100,75 \cdot 1500 = 151125 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата основних робітників, премії з фонду зарплати 60%

$$З_{доп} = 151125 \cdot 0,6 = 90675 \text{ грн.}$$

Премії з прибутку 15% від фонду зарплати:

$$151125 \cdot 0,15 = 22668,75 \text{ грн.}$$

Річний фонд заробітної плати основних робітників:

$$151125 + 90675 + 22668,75 = 264468,75$$

$З_{год}$ = Тарифний фонд заробітної плати допоміжних працівників – погодинників визначається по формулі:

$$З_{всп} = C_3 \cdot K_{тар.сред.} \cdot F_{эф.}^p \cdot R_{вспом} \quad (6.16)$$

де C_3 – годинна тарифна ставка третього розряду, грн;

$R_{\text{вспом}}$ – чисельність допоміжних працівників, чол;

$K_{\text{тар.сред.}}$ – середній тарифний коефіцієнт.

$$K_{\text{тар.сред.}} = \frac{\sum_{i=1}^m kiRi}{R_{\text{вспом}}}, \quad (6.17)$$

Де m – количество разрядов вспомогательных работников, чол;

k_i – тарифный коэффициент i -ого разряд;

R_i – кількість допоміжних працівників i -ого розряду;

$R_{\text{вспом}}$ – кількість допоміжних робітників i -ого розряду.

$$K_{\text{тар.сред.}} = \frac{1 \cdot 2}{2} = 1 \quad (6.18)$$

$$Z_{\text{всп}} = 35 \cdot 1 \cdot 1860 \cdot 2 = 130200 \text{ грн.} \quad (6.19)$$

Заплановані доплати і премії – 50 % від тарифного фонду:

$$130200 \cdot 0,5 = 65100 \text{ грн}$$

$$\text{Премії з прибутку: } 130200 \cdot 0,15 = 19530 \text{ грн.}$$

Річний фонд заробітної плати допоміжних працівників складає:

$$130200 + 65100 + 19530 = 214830 \text{ грн.}$$

Звідна відомість фонду заробітної плати усіх категорій працюючих, чисельність працівників і їх середня зарплата в таблиці 6.10 [37].

Таблиця 6.10 – Звідна відомість оплати праці

Категорія персоналу	Чисельність, чол.	Фонд зарплати, грн			Середня місячна зарплата, грн	Відрахування на соц. страхування, грн
		Основні тарифікації	Додаткові	Річний фонд		
Основні робітники	3	155	90675	264468,75	22039	53196
Допоміжні	2	70	65100	214830	17902,5	42966
Всього	5	225	155775	479298	39941,5	96162

6.7 Розрахунок собівартості

Собівартість продукції річного випуску визначається усіма витратами ділянки протягом року по наступних статтях прямих і непрямих витрат.

А. Прямі витрати:

Стаття 1

Основні і допоміжні матеріали - 4005000 грн;

Стаття 2

Основна заробітна плата основних працівників – 151125 грн;

Стаття 3

Додаткова зарплата, премії – 90675 грн;

Стаття 4

Нарахування на соціальне страхування 22% від суми основної та додаткової зарплати – 53196 грн;

Б. Непрямі витрати:

- витрати на зміст і експлуатацію устаткування;
- загальновиробничі витрати.

Непрямі витрати визначаються складанням річних витрат, оскільки ці статті є комплексними. Розрахунок статей:

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування.

Стаття 1

Витрати на силову електроенергію знаходимо по формулі:

$$\begin{aligned} \text{Эсил.} &= C \cdot F_{\text{эф}} \cdot W \cdot K_3 \cdot K_S = 2,68 \cdot 1860 \cdot 19 \cdot 0,70 \cdot 0,80 = 53038,27 \\ (6.20) \end{aligned}$$

де $C = 2,68$ грн – вартість 1 кВт енергії;

W – споживана потужність устаткування, кВт;

$F_{\text{эф}}^o$ – ефективний фонд роботи устаткування за рік, год;

$K_3 = 0.70$ – коефіцієнт завантаження устаткування за часом;

$K_S = 0,8$ – коефіцієнт попиту, який враховує витрату електроенергії в мережі.

Витрати на стисле повітря:

$$3 = S_{\text{воз}} \cdot Q_{\Gamma} = 0,045 \cdot 6696 = 301,32 \quad (6.21)$$

де $S_{\text{воз}} = 0,045$ грн – вартість 1 м³ стислого повітря.

Q_{Γ} – річні витрати стислого повітря, визначаються по формулі:

$$Q_{\Gamma} = 1.5 \cdot \Sigma Q_{\text{непр}} \cdot F_{\text{эф}}^o \cdot \eta_3 = 1,5 \cdot 3 \cdot 1860 \cdot 0,80 = 6696 \quad (6.22)$$

де $\eta_3 = T_{\text{ф}} / T_{\text{ср}} = 0,80$;

$Q_{\text{непр}}$ – витрата повітря в годину при безперервній роботі, м³;

$\Sigma Q_{\text{непр}} = 3,0$ м³/год.

Стаття 2.

Тарифна заробітна плата, доплати, додаткова заробітна плата, премії допоміжних працівників, нарахування на заробітну плату:

- тарифна заробітна плата = 130200 грн.;
- доплати та премії = 65100 грн.;
- нарахування на соціальне страхування = 42966 грн.

Стаття 3.

Поточний ремонт устаткування і дорогих інструментів – 5% від балансової вартості:

$$1092500 \cdot 0,05 + 2500 \cdot 0,05 = 54625 + 125 = 54750 \text{ грн} \quad (6.23)$$

Стаття 4.

Амортизаційні відрахування:

- на устаткування = 72833 грн;
- на інструмент = 500 грн;

Загальні амортизаційні відрахування = 73333 грн.

Стаття 5.

Відрахування на відшкодування зносу малоцінних і швидкозношуваних інструментів. Приймається у розмірі 50% від балансової вартості (вартість – 2% від вартості устаткування), і складає:

$$(1092500 \cdot 0,02) \cdot 0,5 = 10925 \text{ грн} \quad (6.24)$$

Стаття 6.

Інші витрати розраховуються у розмірі 5% від суми витрат по статтях (1 - 5) і складають:

$$0,05 \cdot (53339,59 + 238266 + 54750 + 73333 + 10925) = 21530,68 \text{ грн} \quad (6.25)$$

Усі витрати по статтях (1-6) приведені в таблиці 6.11 [37].

Таблиця 6.11 – Витрати на утримання і експлуатацію устаткування

Найменування статті витрат	Сума, грн
1. Утримання устаткування і робочих місць:	
а) витрати на силову електроенергію	53038,27
б) витрати на стисле повітря	301,32
в) витрати на допоміжні матеріали	53339,59
2. Тарифна заробітна плата, доплати, додаткова заробітна плата, премії допоміжних працівників, нарахування на заробітну плату	238266
3. Поточний ремонт устаткування і дорогих інструментів	54750
4. Амортизація устаткування і інструментів	73333
5. Відшкодування зносу малоцінних і швидкозношуваних інструментів	10925
6. Інші витрати	21530,68
Всього	505483,86

Витрати на зберігання і експлуатацію устаткування розподіляються пропорційно основній заробітній платі основних виробничих робітників.

Розраховується відсоток витрат на зміст і експлуатацію устаткування по формулі:

$$\alpha = \frac{\sum PCЭO}{З_{\text{нopr}}} \cdot 100\% \quad (6.26)$$

$$\alpha = \frac{505483,86}{151125} \cdot 100\% = 334,48 \quad (6.27)$$

Розмір витрат на зміст і експлуатацію устаткування, що доводяться на одиницю виробу розраховуються по формулі:

$$PCЭO_{ед} = \frac{\alpha}{100} \cdot Z_{ед}^0 \text{ грн.} \quad (6.28)$$

де $Z_{ед}^0$ - основна заробітна плата за одиницю продукції.

$$PCЭO_{ед} = \frac{334,48}{100} \cdot 30 = 100,34 \text{ грн.} \quad (6.29)$$

Загальновиробничі витрати - це витрати на управління в межах цеху, ділянки. Стаття являється комплексною і охоплює такі витрати:

Стаття 1

Зміст приміщень і інвентаря. У цій статті розраховуються витрати на електроенергію для освітлення, воду на побутові потреби, пару для опалювання, допоміжні матеріали.

Витрати на електроенергію для освітлення розраховуються по формулі:

$$E_{oc} = \frac{C \cdot q \cdot S \cdot F_{oc}}{1000} = \frac{2,17 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 2100}{1000} = 9114 \quad (6.30)$$

де q – норма використання електроенергії за 1 год на 1 м² площі

($q = 20$ Вт);

$C = 2,17$ грн - вартість 1 кВт електроенергії;

S – площа ділянки, м²;

$F_{oc} = 2100$ год – період використання освітлення.

Витрати на воду для побутових потреб:

а) На господарсько-питні – 30 л/чол на добу:

за годину кількість, що витрачається: $30/24=1,46$;

за рік на 5 робочих: $1,46 \cdot 5 \cdot 1860 = 13578$ л.

б) На душ – 40 л на працюючого в зміну:

Витрата води на душ за рік буде рівна: $40 \cdot 220 \cdot 5 = 44000$ л.

в) На умивання - 5 л на одного працюючого:

За рік на 5 робітників: $5 \cdot 5 \cdot 220 = 5500$ л.

Всього споживається 63078 л в рік.

Вартість питної води за 1000 л = 6 грн/м³.

Витрати на воду будуть рівні: $63,078 \cdot 6 = 378,5$ грн.

Витрати на пар для опалювання розраховується по формулі:

$$Q_{\Pi} = \frac{d_T \cdot H \cdot V \cdot C_m}{540 \cdot 1000}, \quad (6.31)$$

де $d_T = 20$ ккал/год – витрата тепла на 1 м³ будівлі;

$C_T = 300$ грн/т – вартість енергоносія за тонну;

$H = 4320$ год – кількість годин в опалювальний період;

$V = 1296$ м³ - об'єм будівлі.

$$Q_{\Pi} = \frac{20 \cdot 4320 \cdot 1296 \cdot 300}{540 \cdot 1000} = 62208_{\text{грн}} \quad (6.32)$$

Витрати на допоміжні матеріали визначаються у розмірі 3% від балансової вартості приміщення і відповідно дорівнює 3000 грн

Загальні витрати по статті 1 складають:

$$9114 + 378,5 + 62208 + 3000 = 74700,5 \text{ грн} \quad (6.33)$$

Стаття 2.

Поточний ремонт приміщень і інвентаря. Витрати приймаються у розмірі 2% від балансової вартості приміщень і інвентаря, що складають

$$2000 + 437 = 2437 \text{ грн} \quad (6.34)$$

Стаття 3.

Амортизація приміщень і інвентаря:

- амортизація приміщень = 2222 грн;

- амортизація інвентаря = 7283грн.

Всього: $2222 + 7283 = 9505$ грн.

Стаття 4.

Витрати на дослід, дослідження, раціоналізацію, винаходи приймаються у розмірі 200 грн на одного працюючого, і відповідно дорівнює:

$$200 \cdot 5 = 1000 \text{ грн} \quad (6.35)$$

Стаття 5.

Витрати на охорону праці на рік складають 200 грн на одного працюючого і дорівнюють:

$$200 \cdot 5 = 1000 \text{ грн} \quad (6.36)$$

Стаття 6.

Інші витрати приймаються у розмірі 3% від суми витрат по статтях 1 - 5 складають:

$$0,03 \cdot (74700,5 + 2437 + 9505 + 1000 + 1000) = 2659,28 \text{ грн}$$

Всі дані за розрахунком загальновиробничих витрат зведені в таблиці 6.12 [37].

Таблиця 6.12 – Кошторис загальновиробничих витрат

Стаття	Найменування статей витрат	Значення, грн
1	Утримання приміщень і інвентаря	74700,5
2	Поточний ремонт приміщень і інвентаря	2437
3	Амортизація приміщень і інвентаря	9505
4	Витрати на проведення дослідів, досліджень	1000
5	Витрати на охорону праці	1000
6	Інші витрати	2659,28
Всього		91301,78

Загальновиробничі витрати на собівартість окремих виробів розподіляються пропорційно тарифній заробітній платі основних працівників

$$\%ОПР = \frac{\sum \Pi_{ЗАТР}}{\sum З_{ТАР}} \cdot 100\%, \quad (6.37)$$

де $\sum \Pi_{ЗАТР} = 91301,78$ грн сума загальновиробничих витрат по кошторису (див. табл. 6.12);

$\sum З_{ТАР}$ - тарифний фонд заробітної плати основних працівників:

$$\sum З_{ТАР} = 151125 \text{ грн.}$$

$$\%ОПР = \frac{91301,78}{151125} \cdot 100\% = 60,41 = 61\% \quad (6.38)$$

Розмір загальновиробничих витрат, які доводяться на одиницю виробу розраховується по формулі:

$$ОПР_{ЗАТР}^{ИЗД} = \frac{\%ОПР}{100} \cdot \sum_i^B P_i, \quad (6.39)$$

$$\text{де: } \sum_i^b P_i = 30$$

грн.

$$ОПР_{ЗАТР}^{ИЗД} = \frac{61}{100} \cdot 30 = 18,3 \text{ грн} \quad (6.40)$$

Витрати електроенергії на технологічні цілі:

$$E = 19 \text{ кВт/год} \cdot 0,265 \cdot 35000 = 176225 \text{ кВт};$$

$$E_T = 176225 \cdot 2,17 = 382408,25 \text{ грн.}$$

Загальногосподарські або адміністративні витрати - це витрати на управління, виробниче обслуговування на рівні підприємства як єдиної системи.

Сума загальногосподарських витрат визначається прямим підрахунком або укрупненим відповідним відсотком до основної заробітної плати основних працівників (150 - 200) %. Виробнича собівартість наведена в таблиці 6.13 [37].

Таблиця 6.13 – Калькуляція собівартості виготовлення поршня плунжерного насосу

Найменування статей витрат	Витрати, грн			
	На програму, за новою техгологією	На одиницю, за новою технологією	На програму, за старою техгологією	На одиницю, за старою технологією
Допоміжні і основні матеріали	4005000	2670	4350000	2900
Основна заробітна плата основних працівників	151125	100,75	120000	80
Доплати, додаткова заробітна плата, премії основних працівників	90675	60,45	60000	40
Єдиний соціальний внесок	96162	64,11	39600	26,4
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	505483,86	336,99	720563	480,38
Загальновиробничі витрати	91301,78	60,86	97249,52	64,84
Електроенергія на технологічні цілі	382408,25	254,94	423598,68	282,40

Продовження талиці 6.13

Всього виробнича собівартість	5322155,89	3548,11	5713761,68	3809,18
-------------------------------	------------	---------	------------	---------

Відносні показники рахуємо по таких формулах:

Фондовіддача:

$$\Phi_{\text{отд}} = \frac{C_n - C_{\text{м.п.}}}{\Phi_{\text{осн.}}} = \frac{5322155,89 - 4005000}{1219350} = 1,08 \quad (6.41)$$

де C_n – повна собівартість продукції за рік;

$C_{\text{м.п.}}$ – вартість напівфабрикатів і матеріалів;

$\Phi_{\text{осн.}}$ – вартість основних фондів.

Продуктивність роботи одного працівника:

$$\Pi = \frac{C_n - C_{\text{м.п.}}}{\sum K} \quad (6.42)$$

де $\sum K$ - кількість робітників;

$$\Pi = 1317155,89 / 5 = 263431,18 \text{ грн/чол.}$$

Фондомісткість:

$$\Phi_{\text{ем}} = \frac{\Phi_{\text{осн.}}}{C_n - C_{\text{м.п.}}} = \frac{1219350}{5322155,89 - 4005000} = 0,93 \quad (6.43)$$

6.8 Розрахунок економічного ефекту

Порівняльна економічна ефективність полягає у визначенні найбільш економічного варіанта рішення господарської задачі. Показниками порівняльної економічної ефективності є: сума зведених витрат, сума ефекту за розрахунковий рік. Показник зведених витрат:

$$З = C_i + \epsilon_n \cdot K_i, \quad (6.44)$$

де C_i – поточні витрати (повна собівартість C п) за i -тим проектом, грн.;

ϵ_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ($\epsilon_n = 0,15$);

K_i – капітальні вкладення за i -тим проектом, грн.

$$З_{\text{стар.техн.}} = 5713761,68 + 0,15 \cdot 720563 = 5821846,13 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{нов.техн.}} = 5322155,89 + 0,15 \cdot 505483,86 = 5397978,47 \text{ грн.}$$

Економічний ефект E за розрахунковий рік:

$$E = З_{\text{стар.техн.}} - З_{\text{нов.техн.}} = 5821846,13 - 5397978,47 = 423867,66 \text{ грн.} \quad (6.45)$$

Показники ефективності та результативності діяльності дільниці ЕШВ для виготовлення поршня плунжерного насосу наведені у таблиці 6.14 [37].

Таблиця 6.14 – Показники ефективності та результативності дільниці ЕШВ

Найменування показника	Значення показника
1. Річний випуск виробів:	
- в натуральному вимірі, одиниць:	1500
- по трудомісткості нормо-годин;	975
- в грошовому вимірі, грн.	5322155,89
2. Виробнича площа дільниці, м ² .	216
3. Вартість основних засобів, грн.	1219350
4. Спискова чисельність персоналу усього, осіб:	5
- основні робочі;	3
- допоміжні робочі.	2
5. Фонд оплати праці, грн.	575460
6. Середня заробітна плата за місяць, грн.	9591

Продовження таблиці 6.14

7. Продуктивність праці одного працівника, грн/осіб.	263431,18
8. Фондовіддача.	1,08
9. Коефіцієнт завантаження обладнання.	0,26
10. Фондомісткість.	0,93
11. Повна собівартість одиниці продукції, грн.	3548,11
12. Економічний ефект за розрахунковий рік.	423867,66

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В дипломній роботі розглядалось питання розробки електрошлакової технології отримання поршня плунжерного насосу для перекачки агресивних речовин.

7.1 Аналіз потенційних небезпек

а) небезпеки які пов'язані з порушеннями роботодавцями вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників», а саме:

- вимог щодо організації та забезпечення безпеки на робочих місцях, що може бути пов'язано з не проведенням організаційних заходів щодо навчання та перевірки знань з охорони праці, інструктажів, не наданням інформації про можливі небезпеки;

- вимог щодо облаштування робочих зон, що може бути пов'язано з незадовільним станом устаткування, захисних пристроїв, відсутності схем евакуації, захаращеність аварійних виходів.

б) можливість ураження електричним струмом, при виконанні службових обов'язків внаслідок порушення правил з електробезпеки, несправності енергоспоживаючого обладнання, відсутності групових або індивідуальних засобів захисту, що може призвести до електричних травм або летального наслідку.

в) небезпеки, пов'язані з визначенням хімічного складу дослідних матеріалів методами спектрального аналізу з використанням спектрофотометрів, рентгенофлуоресцентного аналізу з використанням рентгено-флуоресцентного мікроаналізатора або дериватографії з використанням дериватографів. Основними небезпеками є: потужні електронне

та оптичне випромінювання при спектральному аналізі, іонізуюче випромінювання при рентгено-флюоресцентному аналізі.

г) можливість отримання механічних травм при підготовці зразків або дослідницьких виробів до термічної обробки що може бути пов'язано з порушеннями правил охорони праці під час роботи з абразивним інструментом (НПАОП 28.0-1.30-12) зокрема: використання абразивного інструменту який не пройшов випробування, порушення правил експлуатації, що може призвести до тяжких травм.

г) небезпеки які пов'язані з безпосереднім проведенням процесу ЕШП, а саме:

- інтенсивне теплове випромінювання зоною плавлення.

д) небезпеки які пов'язані з дослідженням структури металу методом оптичної металографії з використанням оптичних мікроскопів зокрема: ушкодження органів зору при хибній комбінації світлофільтрів, об'єктивів та окулярів.

е) небезпеки які пов'язані із обробкою результатів досліджень із використанням ПК, зокрема ушкодження кістково-м'язового апарату внаслідок довготривалої роботи в однотипній позі, що може призвести до зниження працездатності та розвитку професійних захворювань.

є) незадовільні параметри мікроклімату які повинні відповідати фізіологічним потребам організму працюючих, із врахуванням енергетичних витрат на виконувану роботу згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» внаслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну, що може призвести до загальних захворювань.

ж) невідповідність вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» освітлення робочих зон дослідницької лабораторії внаслідок виходу з ладу освітлювальних приладів або хибного розрахунку їх кількості та потужності, що може призвести до погіршення зору.

з) небезпеки які мають прояв в умовах надзвичайних ситуацій:

- можливість загорання;

- порушення порядку утримання захисних споруд по цивільному захисту.

7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

а) згідно вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» передбачено:

- усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідно до «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці (Держпраці) від 26.01.2005 №15.

Роботодавець повинен забезпечити повну і вичерпну інформацію працівників з питань охорони праці як відносно підприємства в цілому так і відносно специфіки виконуваних робіт на робочих місцях, де зазначені можливі небезпечні ситуації та заходи для їх запобігання. Найбільш ефективним є проведення відповідних інструктажів (вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий) [38].

- вимоги до облаштування робочих зон передбачають справний робочий стан устаткування і захисних пристроїв, сприяння безпечних умов для усунення виявлених несправностей, які можуть негативно вплинути на безпеку і здоров'я працівників, можливість регулярного контролю і перевірок здатності функціонування захисних засобів і пристроїв, призначених для запобігання небезпеці або їх усунення.

Шляхи пересування в робочій зоні, включаючи сходи, стаціонарні переходи, аварійні виходи повинні бути позначені відповідними знаками, мати дороговкази, бути так розташовані і мати такі розміри, щоб прохід або проїзд був легким і безпечним. Наприклад: підлоги приміщень не повинні мати нерівностей, отворів або небезпечних ухилів, двері аварійних виходів повинні відкриватись назовні і замикатись, так, щоб у випадку необхідності будь-яка

особа могла легко і швидко їх відкрити без застосування додаткових засобів, захищеність робочих зон, шляхів пересування, аварійних виходів категорично забороняється. - виробниче приміщення повинні мати достатню площу і висоту, для раціонального планування робочих місць відповідно до СНиП 2.09.04 – 87 «Административные и бытовые здания» та СНиП 2.09.02 – 85 «Производственные здания».

б) згідно вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» для безпечного проведення робіт необхідно виконати наступні організаційні заходи:

- призначити працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- видати наряд або розпорядження;
- видати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск;
- підготувати робочі місця та забезпечити допуск до роботи;
- забезпечити нагляд при виконанні робіт;
- при необхідності, організувати переведення на інше робоче місце;
- забезпечити оформлення перерв у роботі та порядок її закінчення.

До основних заходів захисту людини від ураження електричним струмом, відносять:

- забезпечення неможливості випадкового дотику до струмоведучих частин, що перебувають під напругою;
- електричний розподіл мережі;
- усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, зануленням і захисним відключенням;
- використання малих напруг;
- захист від випадкового дотику до струмоведучих частин кожухами, огороженням або подвійною ізоляцією;
- захист від небезпек можливих при переході напруги з вищої сторони на нижчу;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;

- компенсація ємнісної складової струму замикання на землю;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів, блокувань, сигналізації та запобіжних пристроїв;
- організація безпечної експлуатації електроустановок [39].

в) для попередження шкідливої дії іонізуючих випромінювань необхідно усувати всяку можливість опромінювання організму дозами, які перевищують гранично допустимі. Ступінь ураження радіоактивними речовинами організму людини залежить від ряду чинників: виду випромінювання (альфа-, бета-, гамма-промені і т. ін.); кількості ізотопу (активності); його властивостей (енергії частинок в період піврозпаду та ін.); шляхів попадання в організм людини та його індивідуальної чутливості. Для захисту від зовнішнього опромінювання, яке має місце при роботі із закритими джерелами випромінювання, основні зусилля необхідно направити на попередження переопромінення персоналу шляхом:

- збільшення відстані між джерелом випромінювання і людиною (захист відстанню);
- скорочення тривалості роботи в зоні випромінювання (захист часом);
- екранування джерела випромінювання (захист екранами).

г) заходи безпеки при роботі на шліфувальних і заточувальних верстатах:

- установка абразивних кіл на верстатах повинна проводитися тільки спеціально проінструктованими наладчиками;
- використання абразивних кіл з дефектами заборонено;
- абразивні кола повинні мати штамп або наклейку про випробування;
- порядковий номер кола і підпис особи, відповідальної за випробування;
- біля кожного верстата необхідно вивісити табличку із зазначенням допустимої роботи колової швидкості використовуваних кіл і частоти обертання шпинделя верстата в хвилину;
- при обертанні абразивного кола, виступаючі кінці шпинделя і кріпильні деталі захистити захисними кожухами;

- підручники повинні мати достатній за величиною майданчик для стійкого положення оброблюваного виробу;

- зазор між краєм підручника і робочою поверхнею шліфувального круга повинен бути не більше 3 мм;

- заборонено працювати без підручника, захисного екрана або окулярів, якщо верстат не заземлений і не обладнаний установкою для відсмоктування абразивного пилю. ГОСТ 12.3.028–82 «Процесс обработки абразивными и эльборовым инструментом».

г) при виконанні ЕШП потрібно керуватися загальними інструкціями з техніки безпеки, тому робочим дозволяється працювати тільки:

- з покритою головою;
- в брезентовому костюмі;
- в рукавицях;
- в прозорому щитку що закриває обличчя.

д) правильне використання мікроскопа виходить тільки за умови раціональної комбінації об'єктів, окулярів. При вживанні їх треба враховувати, тому що збільшення повинно знаходитися в межах від 500 до 1000 апертур.

Крім правильної комбінації об'єктів і окулярів, не менш важливе значення має і правильне застосування світлофільтрів. Як правило, при роботі з об'єктивами-ахроматами слід застосовувати світлофільтри, а з апохроматами можна працювати і без них.

Об'єктиви-ахромати мають корекцію тільки для середніх кольорів видимої частини спектра, з цієї причини при білому світлі вони дають зображення з не чіткими контурами, пофарбованими головним чином по краю поля зору. Щоб погасити всі кольори, в яких об'єкт не має корекції, застосовують жовто-зелений світлофільтр. З огляду на те, що об'єктиви-апохромати мають корекцію майже для всіх кольорів видимої частини спектра, жовто-зелені світлофільтри для них зайві.

е) інтенсивна робота з персональними комп'ютерами, обладнаними візуальними дисплейними терміналами є причиною виникнення багатьох

захворювань. Стан здоров'я користувачів ПК за суб'єктивними (скарга) і об'єктивними показниками (функціональний стан організму) залежить від типу роботи і умов її виконання. Всіх користувачів ПК можна умовно розділити на: - користувачів постійно працюючих з ПК відповідно до своїх професійних обов'язків; - користувачів, що працюють періодично (наприклад, учні, студенти). Робота користувача ПК виконується в одноманітній позі в умовах обмеження загальної м'язової активності при рухливості кистей рук, великому напруженні зорових функцій і нервово-емоційній напрузі під впливом наступних фізичних факторів:

- електростатичного поля;
- електромагнітних випромінювань у наднизькочастотному, низькочастотному та середньо частотному діапазонах (від 5 Гц до 400 кГц);
- рентгенівського, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань;
- випромінювань видимого діапазону;
- акустичного шуму;
- незадовільного рівня освітленості;
- незадовільних метеорологічних умов.

є) параметри мікроклімату і чистоти повітря визначають згідно вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», в залежності від категорії фізичних робіт, для певних робочих місць (постійних і непостійних) [40].

Постійне робоче місце – це місце, на якому працюючий знаходиться понад 50% робочого часу або більше 2-х годин безперервно. Якщо при цьому робота здійснюється в різних пунктах робочої зони, то постійним робочим місцем вважається вся ця зона.

Непостійне робоче місце – це місце, на якому працюючий знаходиться менше 50% робочого часу або менше 2-х годин безперервно.

Необхідно враховувати, що:

- для постійних робочих місць визначаються оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в холодний та теплий період року;

- для непостійних робочих місць визначаються тільки допустимі параметри мікроклімату в холодний та теплий період року.

- в холодний період року на постійних робочих місцях: температура оптимальна 18-20 °С, допустима 17-23 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, допустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м/с, допустима не більше 0,3 м/с;

- в холодний період року на непостійних робочих місцях допустима температура: 15-24 °С; допустима відносна вологість: 75 %; допустима швидкість переміщення повітря: не більше 0,3 м/с;

- в теплий період року на постійних робочих місцях: температура оптимальна 21-23 °С, допустима 18-27 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, допустима 40-60 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,3 м/с, допустима не більше 0,2-0,4 м/с;

- в теплий період року на непостійних робочих місцях допустима температура 17-29 °С; допустима відносна вологість: 65 % при температурі 26 °С; допустима швидкість переміщення повітря: 0,2-0,4 м/с.

ж) виробниче освітлення організується і нормується згідно вимог ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення», залежно від:

- розряду зорової роботи, тобто її характеристики (найменшого розміру об'єкта який різниться, світлості фону, контрасту об'єкта з фоном);

- виду і системи освітлення.

Також необхідно врахувати, що передбачається оптимальне (необхідне) освітлення виробничих приміщень і робочих місць:

- природне (бокове або верхнє);

- штучне: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове [40].

з) засоби виявлення займань та пожеж передбачаються згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

В даний час можуть використовуватися:

- охоронно-пожежна сигналізація (ОПС) неадресного типу;

- порогова охоронно-пожежна сигналізація;

- адресно-порогова охоронно-пожежна сигналізація.

Порядок створення і утримання фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку визначається Кабінетом Міністрів України.

Проектування, будівництво, пристосування і розміщення захисних споруд та об'єктів подвійного призначення здійснюються згідно з нормами, які розробляються відповідно до Закону України «Про будівельні норми».

Вимоги щодо утримання та експлуатації захисних споруд визначаються Державною службою України з надзвичайних ситуацій.

Утримання захисних споруд цивільного захисту у готовності до використання за призначенням здійснюється суб'єктами господарювання, на балансі яких вони перебувають [у тому числі споруд, що не увійшли до їх статутних капіталів у процесі приватизації (корпоратизації)], за рахунок власних коштів.

У разі використання однієї захисної споруди кількома суб'єктами господарювання вони беруть участь в утриманні споруди відповідно до укладених між ними договорів.

З моменту виключення захисної споруди із фонду споруд цивільного захисту вона втрачає статус захисної споруди цивільного захисту.

Захисні споруди цивільного захисту державної та комунальної власності не підлягають приватизації або відчуженню.

Захисні споруди у мирний час можуть використатися для задоволення господарських, культурних та побутових потреб у порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України [41].

Тому вони можуть передаватися в оренду із збереженням цільового призначення таких споруд, крім тих, що перебувають у постійній готовності до використання за призначенням, а саме:

- в яких розташовані пункти управління;
- призначених для укриття працівників суб'єктів господарювання, що мають об'єкти підвищеної небезпеки;

- розташованих у зонах спостереження атомних електростанцій та призначених для укриття населення під час радіаційних аварій.

Особливості оренди захисних споруд визначаються типовим договором оренди, який затверджується Кабінетом Міністрів України.

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці визначаються відповідно до вимог Державних санітарних норм і правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого речовина, важкості та напруженості трудового процесу», зареєстрованих МЮ України 06.05.2014 р. за № 472/25249, з урахуванням виявлених, в процесі аналізу потенційних небезпек, небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Санітарний клас виробництва і розміри його санітарно-захисної зони визначаються з урахуванням наявних шкідливих виробничих факторів, згідно вимог ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів».

Параметри мікроклімату і чистоти повітря визначають згідно вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», в залежності від категорії фізичних робіт, для певних робочих місць (постійних і непостійних) [40].

Постійне робоче місце – це місце, на якому працюючий знаходиться понад 50% робочого часу або більше 2-х годин безперервно. Якщо при цьому робота здійснюється в різних пунктах робочої зони, то постійним робочим місцем вважається вся ця зона.

Непостійне робоче місце – це місце, на якому працюючий знаходиться менше 50% робочого часу або менше 2-х годин безперервно.

Необхідно враховувати, що:

- для постійних робочих місць визначаються оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в холодний та теплий період року;
- для непостійних робочих місць визначаються тільки допустимі параметри мікроклімату в холодний та теплий період року.
- в холодний період року на постійних робочих місцях: температура оптимальна 18-20 °С, допустима 17-23 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, допустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м/с, допустима не більше 0,3 м/с;
- в холодний період року на непостійних робочих місцях допустима температура: 15-24 °С; допустима відносна вологість: 75 %; допустима швидкість переміщення повітря: не більше 0,3 м/с;
- в теплий період року на постійних робочих місцях: температура оптимальна 21-23 °С, допустима 18-27 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, допустима 40-60 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,3 м/с, допустима не більше 0,2-0,4 м/с;
- в теплий період року на непостійних робочих місцях допустима температура 17-29 °С; допустима відносна вологість: 65 % при температурі 26 °С; допустима швидкість переміщення повітря: 0,2-0,4 м/с.

Далі, відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання», визначається оптимальний склад і тип систем вентиляції, кондиціювання та опалення, які забезпечують підтримку передбачених параметрів мікроклімату і чистоти повітря.

Ці параметри забезпечуються системами загальнообмінної й місцевої вентиляції та опалення, відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» [42].

Для опалення виробничих приміщень в холодну пору року, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» передбачена система центрального опалення, за допомогою повітряних опалювальних установок.

При необхідності, передбачається колективний та індивідуальний захист від впливу шкідливих речовин, які знаходяться в повітрі.

Захист від шкідливих газів, паро- та пило-виділень передбачає обладнання місцевої витяжної вентиляції для відсосу отруйних речовин безпосередньо від місць їх утворення. Місцеві відсоси влаштовують конструктивно вбудованими та заблокованими з обладнанням так, що агрегат не можна запустити при виключеному відсосі.

- при роботі з отруйними і забруднюючими речовинами використовують спецодяг – комбінезони, халати і фартухи;
- для захисту від лугів і кислот – гумове взуття і рукавички;
- для захисту шкіри рук, обличчя та шиї застосовують захисні пасти: антитоксичні, маслостійкі та водостійкі;
- очі від можливих опіків і подразнень захищають окулярами з герметичною оправою, масками та шоломами;
- для захисту органів дихання використовують фільтруючі та ізолюючі прилади (протигази і респіратори) [42].

7.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

- Заходи з пожежної безпеки.

Комплекс протипожежних заходів для приміщення (лабораторії, офісу, тощо) обладнаного ПК з ВДТ розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні (лабораторії, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні (лабораторії, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Оскільки приміщення (лабораторії, офісу, тощо) обладнане ПК з ВДТ належить до виробництв категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (лабораторії, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «СигналВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

Оскільки приміщення (лабораторії, офісу, тощо) що обладнане ПК з ВДТ має площу 39 м², тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», зареєстрованих в МЮ України 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м [41].

- Заходи захисту у надзвичайних ситуаціях.

Порушення вимог цивільного захисту при проектуванні та будівництві промислових об'єктів, що може призвести до катастрофи.

Стійкість роботи промислових об'єктів в умовах надзвичайної ситуації значною мірою залежить від того, у якому об'ємі були виконані вимоги норм проектування інженерно-технічних заходів цивільного захисту до розміщення

об'єктів, плануванню міст, до будівництва виробничих будівель і споруд, систем постачання водою, газом і електроенергією.

Вимоги норм проектування спрямовані на зниження можливого збитку, втрат серед населення та створення кращих умов для проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відбудовних робіт у можливих осередках ураження, а отже, сприяють підвищенню стійкості об'єктів [43].

Об'єкти господарчої діяльності, які мають важливе значення для національної економіки і оборони держави, належать до відповідних категорій цивільного захисту – особливої важливості, першій або другій категоріям.

Норми інженерно-технічних заходів цивільного захисту поширюються:

- на категоризовані по цивільному захисту міста та окремо розташовані об'єкти особливої важливості і першої категорії (1 кат. – Запоріжжя і АЕС, 3 кат. – Мелітополь);
- на об'єкти, розташовані в категоризованих містах, а також на території, де можливі руйнування та ураження людей (місця затоплення);
- на всю територію України, якщо це стосується захисту населення від радіоактивного, хімічного або бактеріологічного зараження місцевості.

Контроль виконання вимог норм інженерно-технічних заходів цивільного захисту здійснюють штаби цивільного захисту.

Інженерний захист територій включає:

- проведення районування територій за наявністю потенційно небезпечних об'єктів і небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів, а також ризику виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з ними;
- віднесення міст до відповідних груп цивільного захисту та віднесення суб'єктів господарювання до відповідних категорій цивільного захисту;
- розроблення та включення вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту до відповідних видів містобудівної і проектної документації та реалізація їх під час будівництва і експлуатації;

- урахування можливих проявів небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів та негативних наслідків аварій під час розроблення генеральних планів населених пунктів і ведення містобудування;

- розміщення об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням наслідків аварій, що можуть статися на таких об'єктах;

- розроблення і здійснення заходів щодо безаварійного функціонування об'єктів підвищеної небезпеки;

- будівництво споруд, будівель, інженерних мереж і транспортних комунікацій із заданими рівнями безпеки та надійності;

- будівництво протизсувних, протиповіневих, протиселевих, протилавинних, протиерозійних та інших інженерних споруд спеціального призначення, їх утримання у функціональному стані;

- обстеження будівель, споруд, інженерних мереж і транспортних комунікацій, розроблення та здійснення заходів щодо їх безпечної експлуатації.

Здійснення заходів інженерного захисту територій покладається на суб'єктів забезпечення цивільного захисту.

За результатами визначення ризиків виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів, а також на об'єктах підвищеної небезпеки, ведеться Державний реєстр небезпечних територій [43].

Вимоги інженерно-технічних заходів цивільного захисту, дотримання яких обов'язкове під час розроблення містобудівної та проектної документації, визначаються відповідно до Закону України «Про будівельні норми».

Радіаційний і хімічний захист населення і територій включає:

- виявлення та оцінку радіаційної і хімічної обстановки;
- організацію та здійснення дозиметричного і хімічного контролю;
- розроблення та впровадження типових режимів радіаційного захисту;
- використання засобів колективного захисту;

- використання засобів індивідуального захисту, приладів радіаційної та хімічної розвідки, дозиметричного і хімічного контролю аварійно-рятувальними службами, формуваннями та спеціалізованими службами цивільного захисту, які беруть участь у проведенні аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, гасінні пожеж в осередках ураження радіаційно і хімічно небезпечних об'єктів та населення, яке проживає у зонах небезпечного забруднення;

- проведення йодної профілактики рятувальників, які залучаються до ліквідації радіаційної аварії, персоналу радіаційно небезпечних об'єктів та населення, яке проживає в зонах можливого забруднення, радіоактивними ізотопами йоду з метою запобігання опроміненню щитоподібної залози;

- надання населенню можливості придбання в особисте користування засобів індивідуального захисту, приладів дозиметричного та хімічного контролю;

- проведення санітарної обробки населення та спеціальної обробки одягу, майна і транспорту;

- розроблення загальних критеріїв, методів та методик спостережень щодо оцінки радіаційної і хімічної обстановки.

Радіаційний і хімічний захист населення і територій забезпечується:

- визначенням суб'єктів господарювання, на яких обладнуються місця для проведення санітарної обробки населення та спеціальної обробки одягу, майна і транспорту;

- завчасним накопиченням і підтриманням у готовності:

- а) засобів колективного та індивідуального захисту;

- б) приладів радіаційної та хімічної розвідки, дозиметричного і хімічного контролю;

- в) засобів фармакологічного протирадіаційного захисту для йодної профілактики населення, рятувальників та персоналу радіаційно небезпечних об'єктів радіоактивними ізотопами йоду з метою запобігання опроміненню щитоподібної залози.

Здійснення заходів радіаційного і хімічного захисту та його забезпечення покладається на суб'єктів забезпечення цивільного захисту [43].

ВИСНОВКИ

1. За результатами літературного огляду встановлено, що найбільшою корозійною стійкістю в різних речовинах володіє сплав $Ti + 33\% Mo$.
2. Аналіз конструкції плунжерного насосу показав, що в основному торець поршня схильний до інтенсивного корозійного впливу.
3. Показано, що найбільш доцільно поршень виконувати з більш корозійностійкого сплаву (торець поршня), а іншу частину з менш корозійностійкого матеріалу.
4. В результаті розрахунку розчинності гранул порошку в розплаві Ti , визначена оптимальна фракція Mo порошку для виконання операції легування.
5. Запропоновано спосіб ЕШВ заготовки поршня з титану VT1-0 з додатковим легуванням Mo до рівня 33%.
6. Отримали методом ЕШВ дослідний злиток з хімічним складом $Ti + 26\% Mo$. Встановлена макроструктура, його монолітність, відсутність дефектів.
7. На підставі хімічного складу і макроструктури зроблено прогноз щодо механічних і корозійних властивостей отриманої заготовки поршня.
8. Проведено економічний розрахунок ділянки та розроблено планування ділянки.
9. Визначили ефективні заходи з охорони праці в надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Плунжерные насосы ООО "ЭТАТРОН-УКРАИНА" [Электронный ресурс]. – Ровно, 2004-2020 г. – Режим доступа: https://www.etatron.com.ua/ru/pumps/motor_pumps/p/
2. Конструкция плунжерного насосу [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург, 1991-2020 г. – Режим доступа: <https://www.areopag-spb.ru/plunzhernyj-nasos-dozator>
3. Схема работы плунжерного насосу [Электронный ресурс]. – 2020 г. – Режим доступа: <https://record38.ru/plunzher-nasosa-vysokogo-davlenija/>
4. **Глазунов С. Г.** Применение титана в народном хозяйстве [Текст] / Глазунов С. Г., Важенин С. Ф., Зюков-Батырев Г. Д., Ратнер Я. Л. – К. : Техніка, 1975. – 200 с.
5. **Андреев А. Л.** Плавка и литье титановых сплавов [Текст] / Андреев А. Л., Аношкин А. Ф., Борзецкая К. М. и др. – М. : Metallurgiya, 1978. – 383 с.
6. **Гуревич С. М.** Электрошлаковая выплавка титановых сплавов [Текст] / Гуревич С. М., Дидковский В. П., Новиков Ю. К. и др // Автоматическая сварка. – 1963. - №10. – С. 37 – 42.
7. **Гисер Е. Ш.** Электрошлаковая отливка заготовок из высокопрочного титанового сплава BT22 [Текст] / Гисер Е. Ш. – М., Чекотило Л. В., Белецкий В. М. и др. // Проблемы спецэлектрометаллургии – 1977. - №6. – С. 21 – 23.
8. Электрошлаковый металл [Текст] / под ред. Патона Б. Е., Медовара Б. И. – К. : наукова думка, 1981. – 680 с.
9. **Бат Т. К.** Обзор программы ВВС, относящейся к ЭШП жаропрочных сплавов металла [Текст] / Бат Т. К., Табайес Д., Кеннарб Р.; под ред. Медовара Б. И. // Электрошлаковый переплав – М. : Metallurgiya. 1971. – С. 94 – 95.
10. **Нэфзигер Р. Х.** Шлаки для электрошлаковой выплавки титана и режимы плавки [Текст] / под ред. Медовара Б. И. // Электрошлаковый переплав – М. : Metallurgiya. 1971. – С. 202 – 218.

11. **Томашов Н. Д.** Титан и коррозионностойкие сплавы на его основе [Текст] / Томашов Н. Д. – М. : Металлургия, 1985. – 80 с.
12. **Томашов Н. Д.** Коррозия и защита титана [Текст] / Томашов Н. Д. Альтовский Р. М. – М. : Машгиз, 1963. – 250 с.
13. **Фокин М. Н.** Титан и его сплавы в химической промышленности [Текст] / Фокин М. Н., Рускол Ю. С., Мосолов А. В. – Л. : Химия, 1978. – 340 с.
14. **Щербаков А. И.** О влиянии Mo, W, Ni на пассивируемость и устойчивость пассивного состояния титана [Текст] / Щербаков А. И., Касаткина И. В., Томашов Н. Д. // Защита металлов – 1990. – №6. – С. 992.
15. **Самсонов Г. В.** Влияние переходных металлов на размер зерна титана [Текст] / Самсонов Г. В., Кащук В. А., Черкашин А. И. // Металловедение и термическая обработка металлов – 1970. – №11. – С. 30 – 31.
16. **Томашов Н. Д.** Коррозионная стойкость сплавов Ti – Mo [Текст] / Томашов Н. Д., Рукол Ю. С., Иванов Ю. М. и др // Защита металлов. – 1971. – т. 7, №5. – С. 507.
17. **Моисеев В. Н.** Свойства и термическая обработка сплавов систем Ti – W и Ti – W – Al [Текст] / Моисеев В. Н., Знаменская Е. В., Данилина Т. Г. и др. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1979. – №2. - С. 57-60.
18. Research of structure disper sability of ESR ingot of die tool D2 stell grade melted with inoculators addition: Наукова та навчально-методична робота Білоника Ігоря Методійовича / Давидченко С. В., Панченко А. І., Сальников А. С. – К. : Міжнародний симпозиум «Пам'яті Медовара», 2016. С. 91 – 94.
19. Дослідження впливу інокуляторів на диспергування литої структури Х12МФ-Ш [Текст] : наукова та навчально-методична робота Білоника Ігоря Методійовича / Давидченко С. В., Логозинський І. М., Сальников А. С. // Современная электрометаллургия. – 2018. – № 2 (131). – С. 13 – 17.
20. Підвищення однорідності і дисперсності структури [Текст] : наукова та навчально-методична робота Білоника Ігоря Методійовича / Давиченко С. В., Логозинський І. М. – Металургія. Наукові праці Запорізької державної академії. – 2019. – Випуск 1 (41).

21. **Кусков Ю. М.** Применение зернистого присадочного материала при электрошлаковой плавке [Текст] / Кусков Ю. М., Ксендзык Г. В. // Современные способы наплавки. – К. : Наукова думка, 1982. – С. 62 – 69.

22. **Якушин Б. Ф.** Исследование процесса электрошлаковой сварки с применением присадочного материала [Текст] / Якушин Б. Ф., Башев Л. Ф. // Изв. Вузов. – М. : Машиностроение. – 1982. – №7. – С. 97 – 99.

23. **Емельяненко Ю. Г.** Электрошлаковая выплавка слитков с вводом макрохолодильников [Текст] / Емельяненко Ю. Г., Александров В. А., Боровко А.И. и др. // Проблемы специальной электрометаллургии. – 1984. – Вып. 21. – С. 16–18.

24. **Патон Б. Е.** Управление кристаллизацией слитков путем ввода макрохолодильников при электрошлаковом переплаве [Текст] / Патон Б. Е., Медовар Б. И., Саенко В. Я. и др. // Литье с применением инокуляторов. – К. : ИПЛ АН УССР, 1981. – С. 13 – 19.

25. **Мальцев М. В.** Модифицирование структуры металлов и сплавов [Текст] / Мальцев М. В. – М. : Metallurgy. – 1964. – 215 с.

26. **Мороз Л. С.** Титан и его сплавы [Текст] / Мороз Л. С., Чечулин Б. Б., Полин И. В. – Л. : Судпромгиз. – 1960. – 517 с.

27. **Магницкий О. Н.** Литейные свойства титановых сплавов [Текст] / Магницкий О. Н. – М. : Машиностроение, 1986. – 120 с.

28. **Ларииков Л. Н.** Структура и свойства металлов и сплавов: диффузия в металлах и сплавах [Текст] / Ларииков Л. Н., Исайчев В. И. – К. Наукова думка, 1986. – 509 с.

29. **Затуловский С. С.** Суспензионная разливка [Текст] / Затуловский С. С. – К. : Наукова думка, 1981. – 260 с.

30. **Горновский И.Т.** Краткий справочник по химии [Текст] / Горновский И. Т., Назаренко Ю. П., Некрач Е.Ф. – К. : Наукова думка, 1987. – 830 с.

31. **Ларииков А. Н.** Структура и свойства металлов и сплавов: тепловые свойства металлов и сплавов [Текст] / Ларииков А. Н., Юрченко Ю. Ф. – К. : Наукова думка, 1985. - 438 с.

32. Разработка теоретических основ и технологии регенерации режущего, накатного, штампового инструмента и отходов инструментальной стали [Текст] : отчет и НИР / заключит. // Запорожский государственный технический университет – №ГБ05015 – Запорожье, 1997. – 66 с.

33. **Неджибольский М. Я.** Основы термодинамики и кинематики сталеплавильных процессов [Текст] / Неджибольский М. Я., Хармалин П. С. – К. : Вища школа, 1993. – 326 с.

34. **Арсеньев П. П.** Структура и свойства жидких металлов и сплавов [Текст] / Арсеньев П. П., Коледов А. А. – М. : Metallurgiya, 1976. – 375 с.

35. **Елютин В. П.** Вязкость расплавленного титана [Текст] / Елютин В. П., Маурах М.А. – Изв АН СССР. ОТН. 1957, №8.

36. Таблицы коррозионной стойкости титана и его сплавов в агрессивных промышленных средах [Текст]: Справочник / Н.Е. Кочерга, В.В. Сидоренко, М.Н. Боенков и др. – М. : Цветметинформация, 1968. – 249 с.

37. Методичні рекомендації щодо виконання економічного розділу дипломного проекту здобувачами вищої освіти технічних спеціальностей за освітнім ступенем «магістр» [Текст] / Круглікова В. В. – Запоріжжя: Кафедра підприємництва, торгівлі та біржової діяльності, НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 12 с.

38. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-7.11-12. – На заміну наказу МНС України від 26.12.2011 № 1350 ; чинний від 2012-03-16. – К. : МНС України, 2012. – 116 с. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-12>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)

39. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [Текст] : НПАОП 40.1-1.32-01. На заміну глав 5.4 5.5 7.1 7.2 7.3 7.4 7.6 Правил устройства электроустановок, затв. Міненерго СРСР 06.07.1984 р. ; чинний від 2002-01-01. – К. : Мінпраці України, 2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01/card2#Card>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)

40. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.042-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999. – URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. – (Державні санітарні норми)

41. Системи протипожежного захисту [Текст] : ДБН В.2.5-56:2014. – На заміну ДБН В.2.5-56:2010 ; СНиП 2.04.05-91 (розділи 5 та 22) ; чинний від 2015-07-01. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 191 с. – (Державні будівельні норми)

42. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Текст] : ДБН В.2.5-67:2013. – На заміну СНиП 2.04.05-91 ; крім розділу 5 та додатка 22. ; чинний від 2014-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с. – (Державні будівельні норми України)

43. Конспект лекцій дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі», змістовний модуль «Цивільний захист», для студентів усіх спеціальностей та всіх форм навчання / Укл.: М. О. Журавель – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». Каф. ОП і НС, 2020 р. – 49 с.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл.					Розроб.	Дорошенко Я.В.	
Взам.					Перевір.	Білоник І.М.	
Подл.					Н. контр.	Шумикін С.О.	
					Листів 4		Лист 1
					ГКІЮ 034620		
					ДП		

МАРШРУТНА КАРТА
технологічного процесу
електрошлакової виплавки поршня плунжерного
насосу для перекачки агресивних речовин

[illegible]