

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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 Дослідження механічних та металургічних
властивостей зварних з'єднань стержневих металевих
сплавів із проектуванням дільниць

Виконав: студент VI курсу, групи ІФ-412м
спеціальності (напряму підготовки)

131 Прикладна механіка,

131.5 Відновлення та підвищення

зносостійкості деталей і конструкцій

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Акрилова Т.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Капустян О.Є.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Климов О.В.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2017 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Фізико-технічний, інженерно-фізичний
 Кафедра Обладнання та технології зварювального виробництва
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність Відновлення та підвищення надійності деталей і конструкцій
 (код і назва)
 Напрямок підготовки 131 Прикладна механіка
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 

підп. Овчаренко О.В.
 "08" грудня 2017 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Акрилова Татсяя Олександрівна
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження механічних та структурних властивостей зварних з'єднань спеціальних титанових сплавів з проєктуванням деталей
 керівник проекту (роботи) Копусен О.Є. ст. викладач
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "11" грудня 2017 року № 472

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 08.12.2017р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення корпусу крану; різна програма виробництва кранів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Резюме; Abstract; перелік умовних позначень; вступ) аналіз вихідних даних і формулювання завдання на проведення дослідження; розробка методики дослідження і проведення експериментів або постановка завдання) результати досліджень і їх застосування; висхід стандартного обладнання і методи контролю якості зварного з'єднання) техніко-економічний розрахунок деталей) охорона праці; висновки) перелік джерел пошуків) додаток А.
 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Дослідження механічних та структурних властивостей зварних з'єднань спеціальних титанових сплавів з проєктуванням деталей) методика проекту зварювання термометром) дослідження хімічного складу зварного з'єднання) дослідження структури зварних з'єднань) дослідження мех. властив. і терму руйнування зварних з'єднань) визначення оптимальних режимів зварювання для зварювання з різними пористістю, деталями та катодом) отримання шпихами зварювання) порадити) керуватися та результати) планування деталей зварювання термометром корпусу шварового крану.

РЕФЕРАТ

ПЗ: 112 сторінок, 12 рисунків, 24 таблиці, 53 посилання, 1 додаток.

Об'єкт дослідження – зварні з'єднання порошкових титанових сплавів.

Мета проекту – забезпечення механічних та службових характеристик зварних з'єднань спечених титанових сплавів.

Розглянуті області застосування титану і його сплавів, порошкового титану та корозійностійких сталей. Висвітлені основні труднощі, що виникають при зварюванні литого титану, заготовок із спечених титанових сплавів. Представлена схема і сутність зварювання тертям. Досліджено структуру, механічні та фізичні властивості зварного з'єднання.

Обрані оптимальні режими зварювання і стандартне обладнання. Розроблено ділянку по зварювання корпусів кранів. Передбачені заходи з охорони праці та цивільної оборони.

ТИТАНОВІ СПЛАВИ, НАПІВФАБРИКАТИ, ПОРОШКОВА
МЕТАЛУРГІЯ, ЗВАРЮВАННЯ ТЕРТЯМ

ABSTRACT

PN: 112 with., 12 figure, 24 tables, 53 sources, 1 appendix.

The object of research is welded joints of powder titanium alloys.

The purpose of the project is to provide the mechanical and service characteristics of welded joints of sintered titanium alloys.

Areas of application of titanium and its alloys, powder titanium and corrosion-resistant steels are considered. The main difficulties encountered during welding of cast titanium and billets from sintered titanium alloys are covered. The scheme and the essence of fusion welding are presented. The structure, mechanical and physical properties of the welded joint are investigated.

Selected optimal welding modes and standard equipment. The area for welding crane buildings has been developed. Provides measures for occupational safety and civil defense.

TITANIUM ALLOYS, SEMI-FABRICATED, POWDER METALLURGY,
WELDING THROWS

ЗМІСТ

Реферат	4
Abstract.....	5
Перелік умовних позначень	9
Вступ.....	10
1 Аналіз вихідних даних і формулювання завдання на проведення досліджень зварювальних процесів	14
1.1 Можливі галузі застосування некомпактного титану і його сплавів	14
1.1.1 Галузі застосування компактного титану і його сплавів.....	14
1.1.2 Галузі застосування корозійностійких сталей і їх сплавів.....	18
1.1.3 Галузі застосування виробів із спеченого титану	21
1.2 Труднощі, пов'язані із зварюваністю спеченого титану або умовами зварювання і шляхи їх подолання	24
1.3 Аналіз літературних джерел за темою розробки.....	26
1.3.1 Перелік способів зварювання титану литого	26
1.3.2 Перелік способів зварювання порошкового титану	34
1.4 Обґрунтування вибору матеріалів, засобів виготовлення виробу.....	36
1.5 Формулювання завдання на проведення розрахунково-експериментальних досліджень зварювальних процесів	38
2 Розробка методики дослідження і проведення експериментів або постановка завдання.....	40
2.1 Виготовлення спечених зразків.....	40
2.2 Виготовлення зварних зразків із спечених сплавів.....	41
2.3 Методика визначення хімічного складу спечених зразків	41
2.4 Методологія визначення якості зварювання тертям спечених титанових заготовок.....	42
2.5 Методика дослідження механічних властивостей і характеру руйнування зварних з'єднань	42
2.6 Розрахунок кількісної оцінки мікроструктурних складових	43

2.7	Методика визначення оптимальних режимів зварювання для кожної величини пористості.....	44
3	Результати досліджень і їх застосування.....	45
3.1	Зварювання тертям заготовок із спечених сплавів	45
3.2	Визначення хімічного складу спечених зразків	45
3.3	Дослідження якості зварювання тертям спечених титанових заготовок.....	47
3.3.1	Аналіз макро- та мікроструктури зварних з'єднань	47
3.4	Дослідження механічних властивостей і характеру руйнування зварних з'єднань	50
3.5	Кількісна оцінка мікроструктурних складових спечених зразків	51
3.6	Визначення оптимальних режимів зварювання для кожної величини пористості	52
4	Вибір стандартного обладнання і методу контролю якості зварного з'єднання.	53
4.1	Технологічний процес та контроль якості зварного з'єднання	53
4.2	Технічна характеристика прийнятого обладнання.....	54
5	Техніко – економічний розрахунок дільниці	58
5.1	Технічне нормування операцій	59
5.1.1	Норма часу на зварювання	60
5.1.2	Виробнича програма і її матеріальне забезпечення.....	62
5.1.3	Розрахунок кількості обладнання	62
5.1.4	Розрахунок чисельності персоналу дільниці.....	65
5.2	Планування витрат на виробництво	66
5.2.1	Матеріальні витрати.....	67
5.2.2	Вартість основних засобів	68
5.2.3	Фонд оплати праці.....	69
5.3	Собівартість виробу.....	72
5.3.1	Прямі витрати	72
5.3.2	Непрямі витрати	73
5.4	Економічне обґрунтування запропонованої розробки.....	77
5.4.1	Розрахунок економічного ефекту	77
5.4.2	Ефективність і результативність.....	78
6	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	82

6.1 Аналіз потенційних небезпек	82
6.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	83
6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	91
6.4 Заходи з пожежної безпеки.....	97
6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	99
Висновки	103
Перелік джерел посилання	104
Додаток А Комплект документів на технологічний процес зварювання тертям корпусу шарового крану.....	110

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПМ – порошкова металургія.

КВМ – коефіцієнт використання металу

K_{β} – коефіцієнт, який відображає зміст β -стабілізуючих елементів

ЕПЗ – електроннопроменеве зварювання

ЕШЗ – електрошлакове зварювання

ПТЕ – порошок титановий електролітичний

ДЗВ – дифузійне зварювання в вакуумі

рис. – рисунок

табл. – таблиця

грн. – гривня

тис. – тисяч

$\sigma_{\text{в}}$ – тимчасовий опір

$\sigma_{\text{т}}$ – межа текучості

δ_5 – відносне подовження

КСУ – ударна в'язкість

φ – відносне звуження

% – процент

А – ампер

В – вольт

Вт – ватт

мм – міліметр

м – метр

сек – секунда

ВСТУП

Титан, в порівнянні з іншими металами, має ряд переваг. Цей метал відрізняється легкістю, високими показниками міцності і корозійної стійкості. Високі механічні якості цього металу зберігаються при температурі до 600 °С. Надзвичайно висока корозійна стійкість обумовлена здатністю титану утворювати на поверхні тонкі (5–15 мкм) суцільні плівки оксиду TiO_2 , міцно пов'язані з масою металу. Мала щільність сприяє зменшенню маси використовуваного матеріалу. Легкі титанові сплави незамінні в авіаційній техніці, в суднобудуванні. Титан затребуваний в металургії, медицині, гірничопрохідницької і ядерній техніці, хімічній, харчовій, целюлозно-паперової промисловості та інших галузях [1].

Авіаційно–космічна промисловість є основним споживачем титану (близько 60%) і ця тенденція тільки посилюється. При цьому в конструкціях авіакосмічної та ракетної техніки до 70 % деталей має перетин до 30 мм і до 25 % деталей перетин до 50 мм [2]. Пруткова заготовка є основним напівфабрикатом для виготовлення деталей роторного призначення (робочі лопатки різних ступенів компресора авіадвигуна) і кріпильних деталей (стяжки, болти, гайки) [3].

Основні виробники металевого титану в злитках в Україні: ТОВ «Запорізький титаномагнієвий комбінат», ДП «Науково–виробничий центр «Титан» ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ», ТОВ «Міжнародна компанія «АНТАРЕС», і ТОВ «Стратегія БМ» виробляють круглі злитки діаметром від 200 мм до 1100 мм і сляби прямокутного перетину від 150x500 мм до 400x1350 мм. Основна частина ресурсів титану експортується у вигляді сировини, а вітчизняна промисловість в основному орієнтована на імпорт, що ставить Україну в залежність від зовнішніх постачальників напівфабрикатів і готової продукції з титану і його сплавів [4]. В інших країнах спостерігається тенденція до концентрації виробництва і споживання титану в середині країни.

Традиційні методи виготовлення виробів з титану плавленням і наступною обробкою тиском забезпечують досить високі властивості, але в той же час

традиційна технологія страждає рядом істотних недоліків, основними з яких є нерівномірна структура злитка, низький коефіцієнт використання металу [2]. При звичайному технологічному переділі злинок—заготовка—штамповка завжди проявляється «спадковий вплив» вихідної структури злитка на структуру і властивості готових виробів. Чим більше злинок, тим грубіше його макро- і мікроструктура, тим сильніше в ньому проявляються ліквіація і сегрегація. Це знижує рівень механічних властивостей виробів, одержуваних з великого злитка, в порівнянні з дрібним [5]. У той же час на практиці ускладнено отримання литих дрібних злитків [3].

При виготовленні деталей за традиційними технологіями з великою часткою механічних обробок коефіцієнт використання металу складає 20–25 %, а в ряді випадків менше 5 %.

Крім того для отримання напівфабрикатів невеликих перетинів з титанових слябів необхідно проводити деформацію з високим значенням питомого зусилля осадки і при високих температурах, що викликає необхідність використання високоенергетичного і дорогого устаткування [6]. Це частково пояснює той факт, що при наявності в Україні близько 20 % світових ресурсів титанових родовищ, слабо розвинені ливарне і прокатне виробництва продуктів високого переділу (металевого титану і виробів з його сплавів).

Виробництво виробів і напівфабрикатів, крім вартості матеріалу, включає в себе вартість технології їх отримання і наступних обробок: деформаційної, термічної, механічної. Висока вартість титанових прутків обумовлена складною технологією їх отримання. Таким чином, пошук шляхів зниження ціни необхідний на всіх етапах виробництва. Застосування дешевого матеріалу може знизити вартість виробів на 20 %. До 62 % собівартості напівфабрикатів з титанових сплавів доводиться на плавлення і на отримання прокату. Тому, основним шляхом зниження вартості напівфабрикатів з титанових сплавів є здешевлення технологій їх отримання, без зниження якості напівфабрикатів і в мінімальні терміни [7].

Найбільш перспективними технологіями переробки титанової сировини є

порошкові технології. Це пояснюється скороченням кількості операцій і застосуванням високопродуктивного обладнання; при пресуванні в необхідні форми деталі виготовляються швидше, з меншими механічними обробками і відходами, досягається отримання матеріалів із заданими характеристиками. Застосування технології порошкової металургії (ПМ) дозволяє підвищити коефіцієнт використання металу до 0,8–0,9, що дозволяє знизити собівартість виробів [8]. Дані технології успішно застосовуються для виробництва деталей в різних галузях промисловості, зокрема, авіадвигунобудуванні. Метод ПМ дозволяє використовувати відходи титанових сплавів після відповідної обробки в якості вихідної сировини [9], що ще знизить собівартість.

Тому виробництво виробів з такого дорогого матеріалу, як титан і його сплави, методами порошкової металургії розширює сферу використання титанових сплавів і становить практичний інтерес [10].

Технології, засновані на методах порошкової металургії, крім того що дозволяють уникнути багатотонних переділів, а також дорогої деформаційної обробки отриманих злитків, мають ряд переваг:

- 1) можливість використання порошку титану подрібненого і отримання кінцевої геометрії напівфабрикатів і готових виробів;

- 2) за рівнем властивостей, матеріали, одержувані методом ПМ, відповідають властивостям сплавів, отриманим методом лиття, і незначно поступаються деформованим напівфабрикатам.

Але заготовки, отримані методом ПМ, можуть бути піддані подальшій деформаційній обробці, що забезпечить їм рівень властивостей деформованих напівфабрикатів.

Так як деталі, виготовлені з порошкового титану, за механічними властивостями майже не відрізняються від литих, з титанового порошку виготовляють вироби аналогічні за характеристиками серійним литим і деформованим сплавам типу ВТ5, ВТ6, ВТ1–0 та ін. Наприклад, пруткові напівфабрикати, метизна група, запірна арматура, фланці, деталі спеціальної геометрії, готові вироби складної форми [11]. У той же час існує ряд деталей, що

не піддаються критичним навантаженням, не вимагають високих експлуатаційних властивостей і виготовлених з титану тільки через його корозійностійкі властивості, що дозволяє розширити сферу використання пресованого (спеченого) титану [10].

Перевага методу порошкової металургії полягає ще в тому, що він дозволяє отримувати заготовки невеликих розмірів, притому зі значно більш дисперсної структурою, ніж з дрібних литих заготовок. Слід також зазначити, що в даний час при виготовленні деталей з титану утворюється значна кількість відходів, які не завжди використовують, і тому йде поступовий процес їх накопичення. Порошкова металургія забезпечує можливість утилізації неокислених відходів простими і дешевими методами, найбільш перспективним з яких є гідрування [3].

Однак, виготовлення довгомірних напівфабрикатів або деталей складної конфігурації при виробництві методом порошкової металургії у зв'язку з трудомісткістю виготовлення прес-форм вельми проблематично.

Так як одним з найбільш ефективних і поширених способів з'єднання титанових сплавів є зварювання, то за доцільне виготовлення виробів складної конфігурації зварюванням окремих пресованих (спечених) деталей. Технологічні можливості процесу зварювання і рівень механічних властивостей зварних з'єднань дуже впливають на обсяг промислового застосування титану. Правильний вибір способу зварювання обумовлює якість та ефективність виконання зварного з'єднання. Одним з основних вимог до сучасних конструкційних титанових сплавів є забезпечення працездатності зварних з'єднань на рівні основного металу (співвідношення міцності шва до міцності основного металу не нижче 0,9 [12]).

Отже, актуальним завданням є підвищення технологічних і службових властивостей з'єднань спечених матеріалів з титану. Відомо, що низьколеговані титанові сплави мають гарну зварюваність. Однак, пори в структурі заготовок можуть негативно впливати на процес зварювання і механічні властивості зварних з'єднань. Це вимагає проведення досліджень по зварюваності спечених титанових сплавів, для забезпечення необхідної якості зварних з'єднань.

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ І ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ НА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

1.1 Можливі галузі застосування некомпактного титану і його сплавів

1.1.1 Галузі застосування компактного титану і його сплавів

Титан, особливо α -сплави [13], має великі переваги в порівнянні з низьколегованими і нержавіючими сталями, а також алюмінієвими, магнієвими сплавами [13,14,15]. Питома вага титану $4,5 \text{ кг/см}^3$, висока питома міцність (міцність, віднесена до щільності) і питома жорсткість. Перевага титанових сплавів перед алюмінієвими, щодо міцності, особливо різко проявляється при температурі понад $300 \text{ }^\circ\text{C}$. Всі ці дані дають можливість зменшити вагу виробу з титану і його сплавів в порівнянні зі сталями на 25-30 % [14,15].

Титан має високу температуру плавлення ($1690 \text{ }^\circ\text{C}$). Низький коефіцієнт теплового розширення виявляється цінною властивістю титану в тих випадках, коли зварні вироби піддаються циклічним коливанням температури. Титан – поганий провідник електричного струму. За своєю електропровідністю і теплопровідністю титан близький до нержавіючих сталей. Питомий електричний опір титану в 5,5 раз більше, ніж у сталі, і в 30 разів більше, ніж у міді. Титан – парамагнітний метал і має майже повну не магнітність.

Титан і його сплави малочутливі до крихкості при знижених температурах, так як мають низьку температуру порога хладноламкості, та надійно поведуться при підвищених температурах [15].

Хоча сам титан відноситься до хімічно активних елементів, його поверхневі фазові плівки відрізняються високою корозійною стійкістю і порівняно високою пластичністю. Це зумовлює корозійну стійкість титану і його сплавів в багатьох агресивних середовищах [16]. Він стійкий в більшості кислот і лугів при кімнатній температурі, на нього не діють молочна кислота, фруктові соки, оцет, більшість харчових продуктів і рідини тваринного походження. Титан не схильний до точкової і міжкристалітної корозії в зазначених середовищах. Крім

того, титан має високу ерозійну і кавітаційну стійкість. За ерозійної стійкістю він перевершує латунь, вуглецеву і нержавіючу сталі. Тільки при взаємодії титану і його сплавів з запаленою азотною кислотою відбувається бурхлива корозія [15].

Високі механічні властивості (при кімнатній, підвищеній і низькій температурах) і корозійна стійкість, хороша зварюваність, можливість гарячої та холодної обробки відкривають великі перспективи застосування титану і його сплавів як конструкційних матеріалів в різних галузях сучасної техніки: військово (крупновузлові елементи конструкцій набору і корпусів сучасних військових надводних і підводних кораблів, міцний корпус підводного човна К-162) і цивільне (нафто- і газовидобувні морські платформи, деталі та вузли енергетичних установок танкерів і інших вантажних суден) суднобудування; військова (SR-71 Blackbird) і громадянська (Boeing 787; A-380) авіація; будівельні конструкції (монумент «Підкорювачам космосу», Москва; музей Гутгенхайма в Більбао, Іспанія); годинна промисловість (Omega Seamaster, Швейцарія; Seiko Titanium Alarm Chronograph, Casio LIN, Японія, та інше). Розширюється застосування титанових сплавів в автомобільній, хімічній, авіаційній, нафтовій, хіміко-металургійній промисловості. У медицині по всьому світу зі сплавів на основі титану виробляють: 100 % металевих дентальних імплантатів, близько 40 % пластин і гвинтів для остеосінтеза, до 80 % ендопротезів тазостегнових і до 60 % колінних суглобів (за винятком пари тертя) [17,15,18].

Широке застосування титан і його сплави набули у суднобудівній промисловості в основному завдяки високій корозійній стійкості в морській воді та атмосфері, вихлопних конденсатах. До судових зварених виробів і конструкцій з титану і його сплавів відносяться: глушники дизелів підводних човнів, деталі лічильників для вимірювання витрати масла, газоліну і морської води, тонкостінні конденсатори і теплообмінні труби з високою витратою морської води, радіо- і радарні антени, деталі та вузли турбіни з низькою робочою температурою пари, різні деталі всмоктування і pomp, резервуари з гарячою водою для машинного відділення, балони і посудини з робочим тиском в кілька десятків атмосфер, гребні гвинтів судів, вогневі сопла рукавів для протипожежного обладнання,

палубна арматура і т.д.

Застосування титану, наприклад, для гребних гвинтів в морському суднобудуванні дозволяє знизити їх масу в 2 рази і різко підвищити їх стійкість проти корозійного і ерозійного зносу.

Застосування титанових сплавів замість міднонікелевих в якості матеріалу для труб в теплооб'ємних і опріснювальних установках, дозволило знизити їх маси на 75-80 % та поліпшити теплообмінні характеристики системи за рахунок зменшення товщини стінок труб.

В автомобілебудуванні ефективно застосування титанових сплавів відзначається у вузлах ходової частини (кривошипно-шатунний механізм, колінчастий вал, клапани) і несучих конструкцій (рама, вузли підвіски). Згідно роботи [18], використання титанових шатунів для гоночних автомобілів з титанового сплаву OT4-1 із об'ємом циліндрів 350 см^3 і 500 см^3 дозволяє збільшити потужність двигуна на 12 к.с., що призводить до економії паливно-мастильних матеріалів.

Титанові сплави, як конструкційний матеріал, застосовуються в енергетичному машинобудуванні для високонавантажених деталей: великогабаритних (довжиною до 1500 мм) лопаток тихохідних парових турбін на атомних електростанціях, для поковок бандажних кілець роторів турбогенераторів підвищеної потужності, для дисків великого діаметру і т.д.

Титанові сплави використовуються також при виготовленні зварних трубопроводів парових котлів, атомних і опріснювальних установок. Для високотемпературних процесів хімічної промисловості використовуються апарати, виготовлені з титанових сплавів BT5-1 і AT3.

У конструкції танків титанові сплави застосовуються для виготовлення траків, ковзанонок. Найбільш доцільно виготовляти з титану деталі ходової частини – балансири і осі.

З титанових сплавів виготовляють окремі деталі, вузли авіаційних і ракетних двигунів. Особливо широке застосування знайшли вони при виготовленні компресорної частини газотурбінних двигунів. Із сплавів типу Ti-

6Al-4V, Ti-8Al-10V, Ti-8Al-1Mo-1V виробляють диски і лопатки компресорів низького і високого тиску, що працюють при температурах до 400 °С.

Титан, незважаючи на високу вартість, доволно поширений в хімічній промисловості. Економічна доцільність підтверджується тим, що завдяки високій корозійній стійкості титана в агресивному середовищі, збільшується термін служби устаткування і міжремонтні періоди хімічних апаратів.

Основна кількість титану і його сплавів в хімічній промисловості витрачається на виготовлення зварної теплообмінної і випарної апаратури (близько 30 %) і різного виду комунікацій (близько 30 %). Інша кількість титану витрачається на реактори, скрубери, сушарки, ємнісну апаратуру, колони, насоси, інші.

Теплообмінна і випарна апаратура з титану і його сплавів призначена для підігріву, кип'ятіння, конденсації і охолодження сильно агресивних середовищ. Найбільш поширеними є вертикальні і горизонтальні кожухотрубчасті теплообмінні апарати. Вони складаються з циліндричного корпусу з товщиною стінок 6-12 мм, однієї або двох трубних дощок і кришок, які кріпляться до корпусу фланцевими сполуками. Прикладом реакторної апаратури може служити зварений з технічного титану ВТ1-0 хлоратор для роботи з вологим хлором і 18-20 %-вою соляною кислотою. При виготовленні центрифуг і мішалок з використанням зварювання виготовляють не тільки корпуси, а й вали з титану.

Ємнісна апаратура, наприклад, циліндричні посудини, з титану і його сплавів, в основному зі сплаву АТЗ, використовується на різних переділах хімічної промисловості для зберігання сильно агресивних рідких і газоподібних середовищ.

З огляду на те, що хімічні процеси протікають, як правило, при безперервній циркуляції технологічних розчинів, велике значення для ритмічності виробництва має висока корозійна стійкість проточної частини насосів. Найбільш раціональними є насоси 7КТС-9 і 7КТС-13, проточна частина яких виконана з технічного титану. Равлик насоса являє собою зварену конструкцію, з технічного титану марки ВТ1-00, що складається зі спіральної камери з привареним до неї

нагнітальним патрубком [18].

Виходячи з аналізу даних [16], внаслідок проведення модернізації вакуум-випарних апаратів, їх продуктивність зросла в 1,3 рази. Модернізація полягала в заміні матеріалу сепараторів, що гріють камери, і циркуляційних контурів на титан ВТ1-0, що дозволило значно скоротити енергетичні витрати на підігрів. Стало можливим також здійснення повернення технічно чистого конденсату на ТЕЦ. До того ж раціональним виявилось застосування титанових трубопроводів для гіпсових і сольових пульп, які раніше виготовлялися з аустенітної нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Використання титанових комунікацій дозволило знизити відкладення на них солей, що дало можливість нормалізувати ведення технологічного процесу і скоротити періодичність очисток, а також зменшити втрати кінцевого продукту.

1.1.2 Галузі застосування корозійностійких сталей і їх сплавів

Основними споживачами корозійностійких сталей являються хімічна, нафтова, металургійна і машинобудівна промисловості. Особливу популярність нержавіючі сталі отримали завдяки своїй корозійній стійкості в атмосферних умовах і в ряді корозійних середовищ. Даним металам ці властивості забезпечують хром і нікель, які є досить дорогими і дефіцитними в Україні хімічними елементами. Крім того, наприклад, в хімічній промисловості багато деталей, такі як запірна арматура, не піддаються навантаженням і виготовляються з нержавіючих сталей тільки через їх корозійну стійкість. У свою чергу, порошковий титан має такі ж показники корозійної стійкості, а в певних агресивних середовищах навіть перевершує. Методом порошкової металургії із спечених титанових сплавів можливо виготовляти деталі, які не піддаються навантаженням, тим самим значно зменшуючи їх собівартість, що становить практичний інтерес.

Область застосування нержавіючих сталей досить обширна, тому простіше розглянути класифікацію нержавіючих і корозійностійких сталей (за ГОСТом 5632-61) і визначити сферу застосування кожної окремої групи.

Згідно з працею Бородулина Г.М. найбільшими групами сталей є: хромисті, хромонікелеві і нікелеві, хромомарганцеві й хромомарганцевонікелеві.

Хромисті сталі є найбільш економічними у відношенні легування. Вони досить широко застосовуються в різних областях техніки у виді листа, труб і прутків, а також лиття. Середньолеговані 5-10 %-ві хромисті теплотривкі сталі (X5, X5M, X5ВФ, X6СМ, X7СМ, 1X8ВФ) мають підвищену корозійну стійкість в деяких хімічно активних середовищах і широко застосовуються в крекінг-апаратурі, котлотурбобудуванні і апаратурі синтезу аміаку при температурі до 550-650 °С [19].

Хромокремністі (сілъхроми) і клапанні сталі типу 4X9C2, 4X10C2M, 3X13H7C2, 4X14H14B2M застосовуються як жаростійкий матеріал в клапанах авіадвигунів, теплообмінниках, колосникових решітках. Ці сталі мають високу міцність і твердість при робочих температурах, добре чинять опір дії теплосмін і втоми. Мають високий опір газової корозії в атмосфері повітря і в конденсаті продуктів згоряння бензину.

Найбільш широке застосування в техніці отримали нержавіючі сталі з 10-17 % Cr мартенситного і напівмартенситного класів (0X13, 1X13, 2X13, 3X13, 1X12СЮ, 1X13H3 і ін.), із вмістом 0,16-0,45 % С. Ці сталі мають задовільну стійкість окисленню до 700-800 °С і служать в апаратурі для переробки сірчатої нафти. З них виготовляють лопатки парових турбін і компресорів, клапани гідравлічних пресів (при роботі до 475 °С), ріжучий, вимірювальний і хірургічний інструмент, деталі приладів, предмети домашнього вжитку і т.п. При виготовленні деталей (гвинтів, гайок, шестерень і т.п.) на автоматах в ці сталі для кращої оброблюваності додають 0,2-0,4 % S. При додатковому легуванні кремнієм (до 2 %) і алюмінієм (до 1,8 %) хромисті сталі з 13 % Cr застосовують в клапанах автотракторних двигунів, що працюють при температурі до 900 °С.

Хромисті сталі феритного і напівферитного класів застосовуються для

теплообмінників, баків для кислот, трубопроводів, адсорбційних веж, апаратури для розчинів гіпохлориту натрію, запаленою азотної і фосфорної кислот, тобто для виробів, які не несуть великих навантажень, особливо ударних.

Хромисті сталі з титаном (0X18T) застосовують для баків пральних машин. Сталі з добавкою нікелю (1 %) і азоту (X28AH), нікелю та кремнію (X25C3H) використовують для виготовлення окалинотійких деталей і пічного обладнання.

Феритні залізохромалюмінієві сплави (X13Ю4, 0X23Ю5, 0X27Ю5A, 1X25Ю5 і ін.) знайшли широке застосування в вигляді дроту і стрічки для нагрівальних елементів, промислових і лабораторних електропечей опору, побутових приладів і реостатів, так як вони мають високий електроопір і окалинотійкість.

Група хромонікелевих і нікелевих сталей має найширше застосування в промисловості і займає найбільшу питому вагу у виплавленні нержавіючих сталей. До хромонікелевих сталей в даний час можна віднести понад півсотні марок, які використовуються у вигляді поковок, сортового і листового прокату, гарячекатаних і холоднокатаних труб, фасонних профілів і лиття в авіаційній і атомній техніці, в хімічній промисловості та енергетиці, а також в інших найрізноманітніших областях техніки.

Хромонікелеві сталі (зокрема, типу X18H9) мають досить високі антикорозійні властивості в багатьох агресивних середовищах.

Хромонікелеві сталі, стабілізовані титаном і молібденом, застосовуються в специфічних середовищах, таких як кипляча сірчаста, фосфорна, мурашина і оцтова кислоти, сульфідні луги, гарячий розчин белільного вапна і т.п.

Нержавіючі сталі, в яких нікель був повністю або частково замінений іншим аустенітоутворюючим елементом – марганцем, знайшли своє застосування в областях, де висувалися до металу підвищені вимоги по стійкості до тертя, а також там, де важливу роль відіграють питання міцності металу. Застосування марганцю дозволяє вводити в сталь у досить великих кількостях азот [20].

1.1.3 Галузі застосування виробів із спеченого титану

Різні деталі приладів і агрегатів виготовляють в даний час майже виключно механічною обробкою заготовок з литого титану, який пройшов відповідну обробку тиском. Такий метод дозволяє отримувати деталі з великим ступенем точності, однак він має ряд недоліків [3,21,22]. Зокрема в залежності від ступеня складності деталей при їх виготовленні звичайним способом коефіцієнт використання металу (к.в.м.) може коливатися в межах 0,18-0,25. Таким чином, при механообробці в стружку йде від 75 до 82 % металу [3,23].

При виготовленні деталей методами порошкової металургії коефіцієнт використання металу складає 0,95-0,97, що підтверджується рядом робіт [2,22,23, 24]. А відповідно, і втрати металу набагато менше – 5-10 %, і витрати праці знижуються в 2-5 разів. А для кольорових сплавів ці переваги стають особливо вагомими через дефіцитності і високу вартість металу.

Крім цього, порошкова металургія є практично безвідходним виробництвом [23]. Цей метод забезпечує можливість утилізації неокислених відходів простими і дешевими способами, найбільш перспективним з яких є гідрування відходів.

При порівнянні металургії гранул з іншими технологічними процесами виробництва титанових виробів слід враховувати і якість готових виробів. На даний момент литі титанові сплави отримують методом електродугового вакуумного переплаву у вигляді великогабаритних зливків. Після видалення альфірованого поверхневого шару злитки розрізають на більш дрібні заготовки, для отримання листа або профільного прокату, які в подальшому піддають багаторазової обробці тиском. Процес цей досить трудомісткий і призводить до утворення значної кількості відходів. Досить значні втрати металу і при механічній обробці деталей з прокату, поковок і штамповок через великі припуски [3].

При звичайному технологічному переробленні злиток-заготовка-штамповка завжди проявляється «спадковий вплив» вихідної структури злитка на структуру і властивості готових виробів. Чим більший злиток, тим грубіше його макро- і мікроструктура, тим сильніше в ньому проявляються ізоляція і сегрегація. Це знижує рівень механічних властивостей виробів, одержуваних з великого злитка, в порівнянні з дрібним. У той же час постійне збільшення маси злитка забезпечує підвищення продуктивності. Збільшення маси зливка диктується також потребою в великогабаритних титанових напівфабрикатах [21]. При цьому отримання дрібних злитків литтям на практиці сильно утруднено [3].

Порошкова металургія дозволяє вирішити цю задачу. В свою чергу застосування порошкової металургії для титанових сплавів забезпечує отримання дрібнозернистої, виключно однорідної макро- і мікроструктури і рівномірного хімічного складу незалежно від перетину виробу. Можна вважати, що вихідна гранула представляє собою сферичний злиток діаметром 200-400 мкм. Структура такого мікрозлитка буде виключно дрібнозернистою незалежно від її характеру (дендритна, мартенситна). Хоча хімічний склад окремих гранул і може дещо відрізнятися, відображаючи нерівномірність складу вихідної заготовки, механічне усереднення, властиве всім сипучим тілам, забезпечує таку однорідність структури і хімічного складу, яка недосяжна при отриманні великих злитків [21].

В даний час деталі, що виготовляються методами порошкової металургії знайшли свою область застосування в різних галузях промисловості. Зокрема, наприклад, з титану виготовляють шестерні, компресорні лопатки, ковпачки, заглушки, диски, втулки, зірочки для ланцюгових передач і т.д. [25].

У переважній кількості титан використовують в авіаційній промисловості. Прикладом можуть служити лопатки газових турбін, які, згідно роботи [26], отримували гидростатичним пресуванням порошку чистого титану, спіканням при 1400 °С у вакуумі з наступним штампуванням у відкритих штампах. Розмір лопаток був 70x200 мм². Також спечені вироби з порошкового титану і його сплавів застосовуються для виготовлення деталей корпусу кабіни, фюзеляжу, консолей та інших вузлів літальних апаратів. В роботі [27] відзначається

виготовлення коробчатої стінки-перегородки літака штампуванням з використанням в якості вихідних заготовок спечених порошкових брикетів.

Згідно з працею [26] корозійна стійкість дає можливість застосовувати титан в суднобудуванні для вентилів, морських водопроводів, палубного оснащення і т.п.

В автомобільній промисловості можлива заміна ряду деталей з традиційних матеріалів деталями з інших більш прогресивних матеріалів, наприклад, при виготовленні шатунів, шестерень, фільтрів, підшипників, кулачків [26]. Так згідно даних [2, 23], заміна сталевих шатунів шатунами з електролітичного титанового порошку з добавками 1,5-2 % Mo і 1,0-2,0 % Al (від маси шихти порошку) дозволяє знизити динамічні навантаження на підшипники колінчастого вала, оскільки мають меншу щільність, тим самим збільшуючи потужність двигуна.

Здатність поглинати гази титаном при підвищених температурах дозволяє рекомендувати пористий титан для електровакуумної техніки. Застосування пористих титанових катодних пластин збільшують продуктивність електророзрядних насосів надвисокого вакууму і гетеро-іонних насосах.

Високоєфективною є заміна гостродефіцитного танталу титановим порошком в радіодеталєбудуванні, наприклад, для металокерамічних анодів електролітичних конденсаторів [23].

Аналіз робіт [2,3,23] показав, що титан і його сплави є досить поширеним конструкційним матеріалом і в хімічній промисловості. Методи порошкової металургії дозволяють отримувати титанові фільтри, труби, втулки, кільця, насадки, арматуру для нафтохімічної і хімічної промисловості. Титанові порошкові матеріали застосовують у виробництві капролактаму, в якості кілець Рашига. Ефективно також використовується епоксидно-титанове антикорозійне покриття для металевих і залізобетонних резервуарів, трубопроводів, обладнання, що контактує з агресивними середовищами. Велика увага приділяється виготовленню підшипників ковзання (кілець, втулок) із спеченого титану для роботи в 60% -вої азотній кислоті [23].

Ефективність застосування порошкової металургії в хімічній промисловості

можна розглянути на прикладі кріплення електролізерів. У хлорній промисловості експлуатують велику кількість електролізерів, кріплення для яких виготовляють з нержавіючої сталі; через корозію її стійкість досить низька. На один електролізер в середньому припадає 400-500 болтів з гайками, тому дуже перспективна заміна кріплення з нержавіючої сталі на кріплення з титану, термін служби якого в хлорному середовищі у багато разів вище. При цьому за традиційними технологіями гайки з титану або його сплавів виготовляють механічною обробкою шестигранного прутка, що пов'язано з великою витратою металу. Порошкова металургія дозволяє отримувати гайки високої якості формуванням порошку на автоматах, спіканням і подальшим нарізуванням різьблення. Цей метод, згідно [3], дозволяє знизити собівартість гайок більш ніж удвічі в порівнянні з методом механічної обробки каліброваного прутка. Для виготовлення кріпильних гайок з титанових порошків використовують сплави, аналогічні сплавам Ti-Al-Mo, що деформуються. Згідно з працею [23] по витривалості гайки, виготовлені з порошку, не поступаються гайкам, виготовленим з прутків. У цій же роботі відзначається процес отримання розпорошених порошків титанових сплавів VT3-1 для виготовлення великогабаритних виробів типу дисків компресорів газотурбінних двигунів.

1.2 Труднощі, пов'язані із зварюваністю спеченого титану або умовами зварювання і шляхи їх подолання

Методом порошкової металургії виготовляють як напівфабрикати (прутки, труби, листи), так і різні готові деталі [2, 25]. Для технології виготовлення різних виробів з титанових напівфабрикатів велике значення має їх зварюваність [2]. Це обумовлено тим, що вартість виробу складної конфігурації можна істотно знизити, якщо різні його елементи виготовляти окремо за допомогою найбільш економічних (для кожного елемента) процесів, з'єднуючи їх потім у готовий виріб

шляхом зварювання або пайки. Цей підхід несе в собі також і певні технічні переваги, оскільки частини такої складової деталі можуть виготовлятися з різних матеріалів, підібраних таким чином, щоб мікроструктура і властивості кожної частини виробу відповідали умовам навантаження, при яких вона працює [28].

З роботи [2] відомо, що на зварюваність вельми помітний вплив робить ступінь чистоти порошкового титану і особливо вміст у ньому газів (кисню, азоту). З усіх методів отримання порошоків титану і його сплавів тільки метод гідрування губки і компактних відходів титану забезпечує отримання порошку, з якого можна виготовити вироби, що добре зварюються. Метод електролізу в цьому відношенні дещо гірше, а метод відновлення гидридом кальцію зовсім непридатний, так як титановий порошок, який отримують цим методом, є недостатньо чистим і вироби, виготовлені з нього, зварюванню не піддаються.

З великої різноманітності властивостей, якими можуть володіти спечені деталі, найбільш важливими є механічні, по величині і сукупності яких визначається їх область застосування. Всі властивості порошкових матеріалів визначаються, з одного боку, факторами, які притаманні литим матеріалам, перш за все, хімічним складом і структурою, а з іншого – характерними тільки для даного класу матеріалів: умовами пресування, характеристиками вихідних матеріалів, їх кінцевою щільністю [25].

До числа основних труднощів, що зустрічаються при зварюванні як литого, так і порошкового титану, відноситься велика хімічна активність металу при високій температурі, особливо в розплавленому стані, по відношенню до газів (кисню, азоту та водню). Обов'язковою умовою отримання якісного з'єднання є надійний захист від газів атмосфери не тільки зварювальної ванни, але і ділянок металу шва, що остигають і околшовної зони аж до температури 300-400 °С. Необхідно також ретельно захищати і зворотний бік (корінь) шва навіть в тому випадку, якщо шари металу не розплавлялися, а тільки нагрівалися вище цієї температури [14, 29].

Згідно з роботою [30], зварні з'єднання спечених заготовок, виконані зварюванням плавленням, супроводжуються зниженими властивостями шва з

лицьового боку, в зв'язку зі збільшенням щільності пористого металевого матеріалу при розплавленні. Спечені порошкові заготовки містять певну кількість закритих пір, що може привести до викидів розплавленого металу і виникненню наскрізних дефектів.

1.3 Аналіз літературних джерел за темою розробки

1.3.1 Перелік способів зварювання титану литого

α -сплави (BT1-00, BT1-0, BT5, BT5-1, 4200) і псевдо α -сплави (OT4-0, OT4-1, OT4, BT4, OT4-2, AT2, AT3, AT4, BT20) відносяться до малолегованих β -стабілізуючими елементами сплавів з $K_{\beta} \leq 0,25$. Ці сплави добре зварюються всіма видами зварювання, і зварене з'єднання по міцності і пластичності наближається до основного металу. Сплави не вимагають обов'язкового стабілізуючого відпалу після зварювання. Оскільки в звареному шві можлива наявність пір, то міцність зварного з'єднання приймається в розрахунок з коефіцієнтом ослаблення зварювання, рівному 0,9-0,95 від міцності основного металу [31].

Зварні з'єднання з низьколегованих α - і псевдо α -сплавів мають досить високу термічну стабільність (до 300-450 °C) і витривалість при випробуваннях на малоцикловую втому. Зварні з'єднання деяких сплавів зберігають порівняно високу міцність до температури 450-500 °C. Для тривалої роботи при 450 °C використовують зварні вироби зі сплаву BT5-1, при 500 °C – зі сплаву BT20.

Для титану і його сплавів застосовуються такі способи зварювання: дугове в середовищі інертних газів електродами, що плавляться і не плавляться ЕЛЗ, автоматичне під флюсом, всі основні різновиди ЕШЗ, контактне, дифузійне, холодне, вибухом, тертям [29]. Кожен з цих способів зварювання є раціональним для певного діапазону товщини і конструкцій виготовлених деталей [16].

Залежно від конфігурації і розмірів вузлів, що зварюються при зварюванні титану розрізняють три типи захисту інертним газом: струменевий, здійснюваний

безперервним обдувом зварювальної ванни і ділянок, що остигають, з'єднання шляхом переміщення сопла з подовженою насадкою; захист зварного з'єднання з використанням місцевих камер; загальний захист вузла в камері з контрольованою атмосферою інертного газу [32].

Найбільш поширеним способом зварювання плавленням титанових сплавів є зварювання в захисному газі електродом, що не плавиться. При такому способі зварювання якість з'єднань визначається в основному надійністю захисту і чистотою захисного газу. Згідно з роботою [13], расход захисного газу при зварюванні титана більше, ніж при зварюванні інших металів. Це пояснюється тим, що потрібний додатковий захист остигаючих ділянок з'єднань, також зворотної сторони (кореня) шва.

Якість зварювання плавленням визначається головним чином характером перенесення металу в дузі. Рядом дослідників встановлено [14], що висока якість зварних з'єднань досягається при дрібнокрапельному або струменевому перенесенні металу. Ця форма перенесення характеризується стійким горінням дуги, різким зменшенням розбрикування електродного металу, підвищенням ефективності проплавлення і якості зварного шву [13]. Таке перенесення металу відбувається при підвищенні щільності струму на електроді.

Оскільки надійний захист зони зварювання на повітрі при використанні електрода, що плавиться пов'язана з низкою труднощів, такий спосіб застосовується обмежено. Великого поширення набуло зварювання плавким електродним дротом в камерах з контрольованою атмосферою.

Ще одним способом для зварювання титану та його сплавів товщиною 0,5-2,0 мм є ручне та механізоване імпульсно-дугове зварювання неплавким електродом. Воно ведеться імпульсами струму прямої полярності. Між виробом, що плавиться і зварюється постійно підтримується від окремого джерела живлення малоамперна чергова дуга (0,8-10 А), на яку накладаються імпульси струму. Регулюючи струм, швидкість зварювання, а також тривалість імпульсу і паузи, можна в досить широких межах змінювати розміри шва.

При зварюванні імпульсною дугою деформації конструкцій з титанових

сплавів на 15-30% менше, ніж при зварюванні безперервною дугою. Можна також знизити рівень залишкових напружень і схильність до утворення пористості в швах. Зменшуються протяжність ЗТМВ і розміри кристалітів в металі шва. Все це сприяє помітному поліпшенню механічних властивостей тонкостінних сполук.

Як присадні матеріали для зварювання технічного титану, α - і псевдо α -сплавів застосовуються зварювальні дроти ВТ1-ООЗв, ВТ2, ВТ2В, ВТ20-1зв, ВТ20-2зв [29].

Згідно з працею Поплавко М.В. і співавторів [15] встановлено, що титан і його сплави краще зварюються контактним зварюванням і зварюванням під флюсом, ніж аргоно-дуговим. Схильність до утворення тріщин і втрата пластичності зварних з'єднань у багатьох титанових сплавах більш помітні при аргоно-дуговому, ніж при інших видах зварювання. У зв'язку з цим при виборі сплавів для виготовлення зварних виробів перш за все необхідно знати поведінку їх при зварюванні в захисних газах. Якщо сплави придатні для виготовлення зварних з'єднань методом аргоно-дугового зварювання, то вони тим більше можуть бути використані при контактному і зварюванні під флюсом.

Зварювання під флюсом застосовується для титанових сплавів товщиною від 2,5-3 мм до 30-40 мм. Зварювання виконують на постійному струмі зворотної полярності з використанням високотемпературних безкисневих флюсів-паст типу АНТ-А (АН-Т1 і АН-Т3) [13,14]. Зворотний бік зварного шва формується водоохолоджуваними підкладками з подачею інертного газу встик. Застосовується також зварювання на флюсових подушках [32].

Шви, зварені під флюсом, відрізняються високою щільністю і відсутністю пір. Вони рівнопрочні основному металу при задовільній пластичності. Для наближення пластичності і в'язкості металу шва до таких же властивостей основного металу при зварюванні особливо відповідальних конструкцій може бути застосований комбінований флюсогазовий спосіб захисту. Його сутність полягає в тому, що завдяки спеціальній конструкції бункера флюс продувається аргоном і це повністю виключає потрапляння газів атмосфери в зварювальну ванну.

Техніка автоматичного зварювання титану під безкисневим флюсом досить проста і практично не відрізняється від техніки зварювання сталі. Шов очищають від шлакової кірки після охолодження всіх його ділянок до 300-350 °С.

При електронно-променевому зварюванні титану та його сплавів для отримання якісних швів потрібна значна точність складання виробів під зварювання і суворе дотримання допустимих розмірів зазору між кромками.

Основний дефект швів при ЕЛЗ титану і його сплавів - пористість. Пори мають різні розміри і розташовуються усередині металу шва або, частіше, поблизу зони сплаву. Для попередження пор необхідно, перш за все, забезпечити видалення з поверхні крайок, що зварюються і присадного дроту (якщо він використовується) адсорбованої вологи і жирової плівки, а також створити умови для максимальної дегазації зварювальної ванни.

Мікроструктура різних ділянок зварного з'єднання в принципі не відрізняється від будови аналогічних ділянок при інших способах зварювання. Однак їх протяжність при ЕЛЗ мінімальна, як і розміри кристалітів в шві, а також зерен високотемпературної β -фази і продуктів її розпаду [29].

Аналіз робіт [29,2931,33] показав, що сплави α - і псевдо α - характеризуються хорошою зварюваністю методом електронно-променевому зварювання, міцність зварного з'єднання рівноцінна міцності основного металу. Термічний цикл зварювання, для якого швидкості охолодження досягають десятків і навіть сотень градусів у секунду, забезпечує досить високі пластичність і в'язкість зварних з'єднань.

Плазмове зварювання здійснюється стислою дугою прямої дії постійного струму прямої полярності. Як плазмоутворюючого газу застосовується аргон, захисного – гелій або суміш гелію з аргоном (об'ємний вміст гелію – 50-75 %) [29].

Згідно з працею Блащука В.Є. і співавторів [34] механічні властивості і корозійна стійкість зварного з'єднання, виконаного плазмовим зварюванням, не поступається властивостям з'єднань, зварених іншими способами. Плазмове зварювання титану дозволяє підвищити проплавляючу здатність дуги, процес

малочутливий до зміни дугового проміжку, візуально добре контролюється по глибині проплавлення, а також сприятливий для введення присадного дроту, що забезпечує гарантовану якість зварювання. Зварювання виконується без розробки крайок з вільним формуванням зворотного боку шва.

Електрошлаковий процес дозволяє в один прохід зварювати з'єднання великого перерізу титану [35]. До того ж, згідно з даними [14], цей вид зварювання, на відміну від дугового автоматичного зварювання під флюсом і в середовищі інертних газів з присадним металом характеризується високою продуктивністю, не вимагає складної обробки крайок при будь-якій товщині зварюваних деталей і забезпечує високу якість зварних з'єднань.

Електрошлакове зварювання ефективно при товщині деталей з титану і його сплавів більше 40 мм. У зв'язку з великим електроопором титану для сплавів такого типу найбільш доцільні різновиди ЕШЗ, при яких використовуються електроди великого перерізу, а саме пластинчасті електроди і мундштуки, що плавляться. ЕШЗ можна виконувати дротяними електродами, але при збільшених, в порівнянні зі зварюванням сталі, діаметрах дроту (до 5 мм) [29].

Однак в звичайному своєму виді ЕШЗ непридатна для з'єднання титанових виробів через насичення металу шва газами. Перенесення газів повітря відбувається внаслідок безпосереднього контакту розплавленого шлаку з повітрям і тривалої взаємодії шлаку з металом зварювальної ванни. Відому роль в цьому процесі відіграє і підсмоктування повітря у шлак при подачі електрода. Перенесення розчинених газів прискорює конвективні потоки рідкого шлаку і металу.

Для захисту зони зварювання від газів атмосфери по спеціальних каналах мундштука, що плавиться до поверхні шлакової ванни подається аргон. Аргон надходить також через вивідні планки. Для надійного захисту шлакової ванни достатня невелика витрата аргону [35].

Зварювання поковок або стержнів з титану прямокутного і круглого перерізу зручно проводити в охолоджуваних водою рознімних мідних формах або скобах. Розмір форми повинен бути таким, щоб зварювання можна було починати

і закінчувати поза перетин заготовок, що зварюються. Це необхідно для гарантії повного провару кромок в корені шва і виведення усадочної раковини. Як електрод, найбільш доцільно, використовувати смугу, що буде вирізана з листового титану.

Флюс для електрошлакового зварювання повинен забезпечувати легке збудження і високу стійкість електрошлакового процесу, а також бути більш тугоплавким, ніж це потрібно при дугового зварювання, таким, згідно [35] являється АН-Т2.

При виборі режимів електрошлакового зварювання титану завжди потрібно враховувати небезпеку перегріву металу в околешовній зоні і в шві, так як цей процес, як жоден інший, характеризується особливо великою тривалістю перебування металу при температурах інтенсивного росту зерна [35].

Точкове зварювання листового титану і його сплавів, завдяки щільному контакту між деталями, дає можливість отримати хороші результати навіть без захисту зони зварювання інертним газом. Вельми важливою умовою якісного з'єднання деталей є очищення поверхні металу від оксидних плівок і забруднень, а також виконання зварювання в мінімальні проміжки часу. Витримка листів після травлення призводить до підвищення контактної опору, внаслідок утворення на листах тонкої плівки оксидів титану. Оскільки контактний опір не повинен перевищувати 100 мкОм, тривалість витримки після травлення до зварювання не може перевищувати 45-50 год.

Режими точкового зварювання титану та його сплавів повинні бути жорсткими з урахуванням оптимальної швидкості охолодження в інтервалі температур $\beta \rightarrow \alpha$ -перетворення. З метою підвищення пластичних властивостей зварних з'єднань з високоміцних титанових сплавів, виключення гартівних структур і зняття в конструкціях залишкових напруг рекомендується проводити повторне нагрівання точки струмом меншої величини (0,7-0,9 значення I_{CB}).

Найбільш ефективно витривалість точкових з'єднань технічного титану підвищує зварювання з додатком кувальних зусиль - підвищених зусиль стиснення електродів, прикладених майже в самий момент закінчення імпульсу

зварювального струму. Застосування кувального зусилля дозволяє істотно подрібнити крупнокристалічну структуру ядра точки, наблизивши її до дрібнозернистої структури основного металу, що призводить до підвищення пластичних властивостей зварного з'єднання. При зварюванні титанових сплавів кувальні зусилля не повинні перевершувати зварювальні більш ніж в 4 рази.

Шовне зварювання використовується для з'єднання листів з титанових сплавів товщиною до 2-2,5 мм. Для титану найбільш сприятливим являється крокове переміщення деталей і включення струму в момент зупинки роликів. При цьому створюються сприятливі умови для кристалізації розплаву під тиском і забезпечується більш глибокий провар без перегріву зовнішньої поверхні. Зовнішнє водяне охолодження роликів при зварюванні титану обов'язково, так як воно сприяє не тільки зменшенню зносу роликів, але і оптимізації якості зварного з'єднання завдяки зменшенню часу перебування розігрітого металу в контакті з газами атмосфери. Шовне зварювання за аналогією з точковою виконується на жорстких режимах [29].

Міцність точкових і шовних з'єднань технічного титану була вивчена М.А. Ельяшевой, Ф.Е. Третьяковим, Б.Д. Орловим і П.Л. Чулошніковим. Шовні з'єднання титанових сплавів мають незначно знижені механічні властивості в порівнянні з точковими сполуками, внаслідок більш тривалого перебування металу при підвищеній температурі. Однак по міцності вони не поступаються основному металу: руйнування з'єднань, як правило, відбувається по основному металу. Це свідчить про те, що метал шва і околошовної зони незначно упрочнюються через утворення мартенсітоподібної α -фази. Це відрізняє титан від аустенітних сталей, у яких руйнування шовних з'єднань відбувається за околошовної зони, внаслідок її знеміцнення (зняття наклепу).

Контактне стикове зварювання титану та його сплавів виробляють переважно методом оплавлення. Зварювання встик опором утруднено і не забезпечує задовільної пластичності з'єднань. Труднощі пов'язані з необхідністю особливо ретельної підготовки і травлення зварювальних торців, застосування інертних газів високої чистоти. Внаслідок високої тривалості нагріву для

зварювання опором характерно особливо різке зниження пластичності з'єднання через значне зростання зерна [35].

Режими стикового зварювання оплавленням титану характеризуються застосуванням підвищених струмів (приблизно в 2-3 рази більше, ніж для зварювання сталі) і мінімальним часом його проходження. При зварюванні оплавленням з підігрівом торці деталей підігрівають індуктором або безпосередньо в зварювальних машинах при періодичному їх стисненні невеликим тиском (3-7,85 МПа). Після підігріву деталі плавляться і осідають. Підігрів зменшує необхідну потужність, кінцеву швидкість і припуски на оплавлення, а також дозволяє знизити тиск і швидкість осідання [29].

Задовільні властивості зварних з'єднань можна отримати при зварюванні без захисної атмосфери, однак зварювання в аргоні забезпечує більш високу пластичність [35].

При контактному стиковому зварюванні оплавленням деяких високоміцних титанових сплавів пластичність зварних з'єднань може бути отримана більш високою, ніж при дуговому зварюванні в атмосфері інертних газів, завдяки відсутності грубої литої структури шва і можливості виробляти термообробку слідом за зварюванням в затискачах машини.

Стикове зварювання титану та його низьколегованих сплавів дозволяє отримувати зварні з'єднання з межею міцності, що перевищує 90 % міцності основного металу, і пластичністю, що становить 60 % пластичності основного металу [29].

Дифузійне зварювання у вакуумі – один з перспективних методів з'єднання елементів конструкцій з титанових сплавів. В роботі [36], відзначено, що дифузійне зварювання застосовується для з'єднання однойменних титанових сплавів між собою і з іншими металами, металокерамікою і деякими неметалевими матеріалами.

На вибір параметрів режимів дифузійного зварювання, а також на якість зварного з'єднання істотно впливає підготовка поверхонь деталей, що зварюються. При виборі оптимальних режимів зварювання деталей, насамперед,

виходять з того, наскільки повно розчиняється оксидна плівка на дотичних поверхнях. При цьому не можна допустити надмірного перегріву металу, так як зростання зерен в зоні контакту призводить до зниження міцності і пластичності зварних з'єднань.

Мікроструктура зони контакту зварного з'єднання залежить від режиму зварювання, шорсткості поверхонь, що з'єднуються і вихідної структури сплаву. За оптимальних умов зварювання зона контакту не виявляється під мікроскопом, а міцність і пластичність зварних з'єднань практично не відрізняються від таких же властивостей основного металу. Недотримання оптимальних умов в зоні контакту може призвести до виникнення дефектів (пори, залишки оксидної або жирової плівки і ін.) [29]. Для поліпшення зварюваності і прискорення процесів дифузійного зварювання титану використовується зварювання з прокладками або проміжними покриттями [37].

Виходячи з даних [29] можливе отримання якісного зварного з'єднання титану і його сплавів і іншими видами зварювання, наприклад, холодне і пресове зварювання, зварювання вибухом. При цьому, механічні властивості з'єднань знаходяться на рівні властивостей основного металу.

1.3.2 Перелік способів зварювання порошкового титану

В.Н. Анциферов, В.Н. Шубин, Н.Ф. Казаков в роботі [10] проводили дослідження з метою визначення оптимальних режимів дифузійного зварювання спеченого титану. Зразки розмірами 12x12x40 мм готували з титанового порошку промислової марки ПТЕ шляхом холодного пресування в сталевий пресформі з наступним спіканням у вакуумі. Зварювання здійснювалося на установці А306.04 у вакуумі $\sim 1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст. Авторами встановлено такі оптимальні режими дифузійного зварювання спеченого титану: $T = 1000$ °С, $P = 0,20$ кгс/мм², $\tau = 20$ хв.

Дифузійне зварювання у вакуумі (ДЗВ) спеченого титану було також досліджено в роботі [38]. В.С. Онищак і Р.А. Мусін показали, що ДЗВ спеченого титанового сплаву ВТЗ-І дозволяє не тільки отримати з'єднання, які не поступаються за короткочасної і тривалої міцності сплаву, а й поліпшити структуру і трохи підвищити щільність спеченого матеріалу (з відповідною зміною його властивостей).

В роботі [2] описаний метод дифузійного спікання окремих конструкційних елементів в один виріб складної конфігурації. Суть методу полягає в наступному. З вихідного порошку пресують окремі елементи конструкції деталі, які піддають спіканню за режимами, необхідними для даного матеріалу. Спечені окремі елементи насаджують один на інший з певним ступенем натягу, величина якого залежить від ряду факторів, у тому числі від роду матеріалу, ступеня усадки при повторному спіканні, пористості спечених елементів, технологічних умов і режимів повторного спікання. Повторне (дифузійне) спікання здійснюють приблизно при тих же режимах, що і спікання основне. Такий метод технології близький до вакуумного дифузійного зварювання, розробленого Н.Ф. Козаковим, проте має певні переваги: немає необхідності в спеціальному обладнанні.

В роботі Овчинникова В.В. і співавторів [30] досліджено зварювання плавленням порошкових матеріалів. Зразки виготовляли з промислового порошку ПХ18Н15 у виді втулок, діаметром 56 мм з товщиною стінки 3 мм і висотою 50 мм. Встановлено, що при розплавленні пористого металевих матеріалів значно збільшується його щільність, що супроводжується утворенням заниження шва з лицьового боку з'єднання. Пористі металеві матеріали містять певну кількість закритих пір, що призводить до викидів розплавленого металу і виникнення наскрізних дефектів (свищів). До того ж важко підтримувати сталість глибини проплавлення і ширини шва по всьому периметру з'єднання.

В роботі [39] вказується, що на відміну від дугового зварювання плавленням, більш перспективним для зварювання порошкових матеріалів є застосування променевих концентрованих джерел нагріву - лазерного і електронного променя (ЕЛЗ). Слід зазначити, що при ЕЛЗ зі збільшенням розміру

часток порошку і пористості основного матеріалу властивості заготовок з порошкових матеріалів знижуються, а ймовірність виникнення прожогов істотно зростає. Ці недоліки можливо ліквідувати шляхом зниження швидкості зварювання і розфокусування променя, а також за рахунок ущільнення зварювальних кромок до зварювання деформацією між обертовими роликками.

Аналіз літературних даних, включаючи патентну документацію, показав, що обсяг досліджень по зварюванню порошкових матеріалів вельми обмежений [39].

1.4 Обґрунтування вибору матеріалів, засобів виготовлення виробу

Одним з основних вимог до сучасних конструкційних титанових сплавів є забезпечення працездатності зварних з'єднань на рівні основного металу, тобто співвідношення міцності шва до міцності основного металу повинно бути не нижче 0,9.

Вважається, що зварювання плавленням навіть при додатковому впливі не здатна забезпечити коефіцієнт міцності зварного з'єднання більше 0,9 [12]. Також авторами робіт [30,39] встановлено, що існуючі методи зварювання плавленням зазвичай не забезпечують доброякісного з'єднання пористих матеріалів. Для їх з'єднання, очевидно, слід застосовувати способи зварювання, що відрізняються найменшим температурно-силовим впливом. Такими є твердофазні способи зварювання: дифузійне, зварювання тертям, оплавленням, опором, контактне зварювання, при проведенні яких не відбуваються значні зміни структури і властивостей металу в місці з'єднання, виключається негативний вплив зовнішнього середовища на стан поверхонь, що з'єднуються, а також є можливість варіювання технологічними параметрами в широких межах.

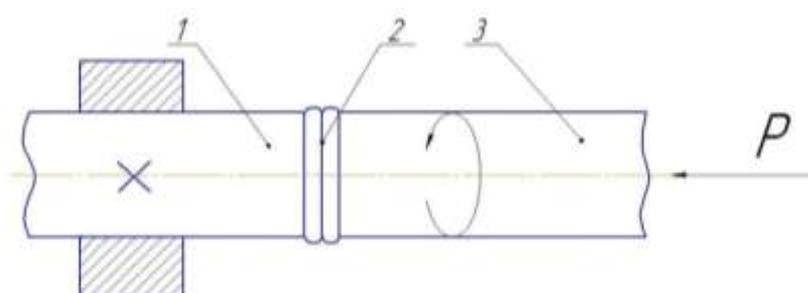
Ще однією дуже важливою перевагою способів зварювання в твердій фазі є відсутність плавлення. Це виключає проблеми, пов'язані з ліквідацією,

розтріскуванням, залишковими напруженнями [28].

Способи зварювання в твердій фазі дають зварне з'єднання, міцність якого іноді перевищує міцність основного металу. Крім того, в більшості випадків при зварюванні тиском не відбувається значних змін в хімічному складі металу, внаслідок того, що метал не нагрівається до високої температури, це особливо актуально при зварюванні титану.

З твердофазних способів зварювання для з'єднання заготовок із спеченого порошкового титану був обран спосіб зварювання тертям. Зварювання тертям представляє собою спосіб зварювання тиском, при якому механічна енергія, що підводиться до однієї з деталей, яка зварюється, перетворюється в теплову безпосередньо в місці майбутнього з'єднання. Таке зосереджене тепловиділення обумовлює основні особливості зварювання тертям.

Схема процесу конвекційного зварювання тертям представлена на рисунку 1.1. Дві деталі встановлюються співвісно в затискачах машини. Одна з них нерухома, інша – обертається навколо їх загальної осі. На пов'язаних торцях деталей, притиснутих один до одного осьовим зусиллям P , виникають сили (момент) тертя.



1 – нерухома деталь; 2 – зварний шов; 3 – деталь, що обертається; P – напрямок зусилля притиску

Рисунок 1.1 – Схема процесу зварювання тертям

Робота, що витрачається на їх подолання, при відносному обертанні заготовок перетворюється в теплоту, яка виділяється на поверхнях тертя і в приповерхневих шарах металу, нагріваючи їх до температур, необхідних для

створення зварного з'єднання [40].

Таким чином, у стику діє внутрішнє джерело теплової енергії, що викликає швидкий локальний нагрів невеликих обсягів металу.

Метал, який став пластичним в процесі тертя, видавлюється з стику в радіальних напрямках під дією осьового зусилля. Відбувається осадка – зближення деталей. Видавлений метал (грат) має форму правильного здвоєного кільця, симетрично розташованого по обидва боки площини стику. Окисні плівки, що покривають торцеві поверхні деталей руйнуються і частково видаляються з видавленим металом, а також зникають зі стику внаслідок дифузії.

Стадія нагріву завершується припиненням відносного обертання деталей, що зварюються. У цей момент контактують чисті (ювенільні) поверхні металу, доведені до стану підвищеної пластичності.

Основними параметрами процесу зварювання тертям є тиск при нагріванні p_n , тиск проковки $p_{пр}$, час нагріву t_n , час проковки $t_{пр}$, частота обертання n , осадка при нагріванні Δl_n , сумарна осадка Δl .

Частота обертання, тиск нагріву і час нагрівання визначають потужність тепловиділення і швидкість осідання при нагріванні, загальну кількість енергії, вкладеної у виріб протягом процесу зварювання. Ці параметри в комплексі з тиском проковки, а також з часом проковки визначають якість зварного з'єднання. В цілому основні параметри залежать від властивостей матеріалів, що зварюються, діаметра місця з'єднання.

1.5 Формулювання завдання на проведення розрахунково-експериментальних досліджень зварювальних процесів

Об'єктом дослідження даної роботи являються зварні з'єднання порошкових титанових сплавів. Метою проекту є забезпечення механічних та службових характеристик зварних з'єднань спечених титанових сплавів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати наступні задачі: проаналізувати на підставі літературних даних вплив твердофазних видів зварювання на механічні властивості зварних з'єднань титанових сплавів; проаналізувати на підставі літературних даних механізми забезпечення механічних властивостей зварних з'єднань титанових сплавів, призначених для виготовлення напівфабрикатів і деталей хімічної промисловості; дослідити вплив кількісних показників пористих матеріалів на структуру і властивості спечених титанових сплавів і їх зварних з'єднань; дослідити структуру та розподіл хімічних елементів у зварному з'єднанні; дослідити механічні властивості спечених титанових сплавів і їх зварних з'єднань; провести апробацію натурних зразків в промислових умовах.

2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ АБО ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

2.1 Виготовлення спечених зразків

Для виготовлення заготовок використовували промисловий порошок титану марки ПТ5–1, ТУ 14-10-026-98 (табл. 2.1), фракції $-0,45 / +0,14$ виробництва ПАТ «Інститут титану» і ДП «Запорізького титано–магнієвого комбінату».

Таблиця 2.1 – Хімічний склад ПТ5–1 ТУ 14-10-026-98, %, мас

Fe	Cl	C	Si	N	O	H	Ti
0,08	0,06	0,03	0,04	0,03	0,20	0,01	основа

Примітка: Ti – основа [10]

Заготовки отримували за допомогою порошкової металургії. Їх хімічний склад відповідав титану марки ВТ1–0 (ГОСТ 19807-91). Виготовлення призматичних заготовок зі стороною 14 мм, довжиною 100 мм (рис. 2.1, а) та циліндричних заготовок \varnothing 38 мм (рис. 2.1 б) для зварювання проводили шляхом пресування на гідравлічному пресі з зусиллям 700 МПа. Спикання проводили в лабораторній вакуумній електропечі моделі СНВЕ–1.3.1 / 16ІЗ по наступному режиму: нагрів зі швидкістю $V_{\text{наг}} = 25 \text{ }^\circ\text{C/хв}$, ізотермічна витримка при температурі $1150 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом 190 хв, захисне середовище – вакуум 13,3 Па і охолодження зразків з піччю у вакуумі. Заготовки після спікання проходили калібрування і сортування, яке полягало в візуальному виявленні поверхневих дефектів зразків після спікання. До поверхневих дефектів відносились відколи, викривлення, тріщини, відхилення від форми. При їх наявності зразок відбраковувався.

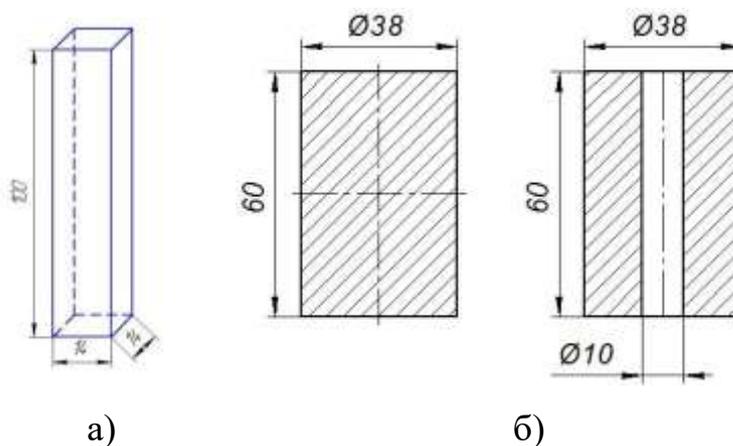


Рисунок 2.1 – Призматичні (а) та циліндричні (б) заготовки, отримані методом порошкової металургії

2.2 Виготовлення зварних зразків із спечених сплавів

Зварювання пруткових напівфабрикатів $\varnothing 12$ мм, згідно роботи [40], проводили по режиму: частота обертання дорівнює $n = 23,83 \text{ c}^{-1}$, час нагріву $t_n = 1,3-5,3 \text{ с}$, тиск нагріву $p_n = 30 \text{ МПа}$.

Сумарна осадка є важливим технологічним параметром, за яким визначаються: довжина заготовок, які підлягають зварюванню і допуски на неї, довжина звареної деталі, обсяг грату, що підлягає обробці, витрата матеріалу. Тому згідно рекомендацій [40] було визначено середнє значення величини сумарної осадки $\Delta l = 5 \div 7,5 \text{ мм}$.

Призматичні заготовки для зварювання тертям обточували до $\varnothing 12 \text{ мм}$.

2.3 Методика визначення хімічного складу спечених зразків

Хімічний склад титанових сплавів визначали спектральним методом за стандартними методиками відповідно до ГОСТ 19863.1-91 ... ГОСТ 19863.12-91 з

використанням приладу «SPECTROMAX» фірми «SPECTRO».

Вміст елементів визначали кількісним і якісним методами. За допомогою багатоцільового растрового мікроскопу JSM-6360LA визначали розподіл вмісту елементів. По площі обраної ділянки розподіл елементів визначали методом картування. На отриманих картах більший вміст елементів відповідав більшій інтенсивності кольору.

2.4 Методологія визначення якості зварювання тертям спечених титанових заготовок

Якість зварювання зразків оцінювали візуально (за формою і наявністю видавленого ґрата), шляхом металографічних досліджень і механічних випробувань.

Для металографічних досліджень зразки готували шліфуванням і поліруванням. Травлення шліфів здійснювали в реактиві складу: HF – 10мл, HNO₃ – 25 мл, гліцерин – 65 мл. В якості еталону для порівняння було обрано литий сплав ВТ1–0, який отриманий шляхом вакуумно-дугового переплаву з титанової губки ТГ-90.

2.5 Методика дослідження механічних властивостей і характеру руйнування зварних з'єднань

На циліндричних зразках з робочою частиною Ø 5 мм були проведені на машині IP-110 механічні випробування у відповідності до вимог ГОСТ 1497–84. Для визначення характеру руйнування зразків після випробувань на розтяг застосовували фрактографічний метод. Для досліджень використовували

растровий електронний мікроскоп РЕМ-106И. Для визначення характеру руйнування застосовували фрактографічний атлас титанових сплавів [41].

2.6 Розрахунок кількісної оцінки мікроструктурних складових

За стандартною методикою ГОСТ 1778–70 проводили кількісну оцінку мікроструктурних складових і розмірів пор. Для визначення об'ємної кількості пор було обрано метод Л. За цим методом об'ємний вміст аналізованої фази дорівнює відношенню сумарних довжин січних, які проходять по ній до загальної довжини цієї січної. Для розрахунку об'ємної частки пор використовували формулу:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^z l_i}{nL_0}, \quad (2.1)$$

де z –кількість пор на лінії L_0 ;

l_i –довжина відрізка, який проходить через i -ту пору;

n –кількість ліній;

L_0 –повна довжина випадкової січної лінії.

Абсолютну помилку у визначенні об'ємного вмісту структурної складової визначали за формулою:

$$\delta_V = K \cdot t \sqrt{\frac{V(100 - V)}{z}}, \quad (2.2)$$

де K –коефіцієнт, що залежить від характеру структури і від однорідності одержуваних відрізків по довжині (приймають рівним 1; за умови рівномірного розподілу рівноосних частинок – 0,65);

t –нормоване відхилення (використовують $t = 0,6745$);

z –загальне число виміряних при аналізі відрізків.

2.7 Методика визначення оптимальних режимів зварювання для кожної величини пористості

З метою отримання оптимальних технологічних режимів були проведені дослідження для визначення зварюваності спечених заготовок з різною пористістю. Дослідження проводили згідно матриці планування, де в якості факторів варіювання використовували: тиск нагріву 10 ... 30 МПа, кількість пор 0 ... 15 % та час зварювання 1,3 ... 5,3 с (табл. 2.2). Функціями відгуку були обрані величина осадки і міцність зварного з'єднання.

Таблиця 2.2 – Рівні факторів і інтервали їх варіювання

Показник	Фактори		
	Об'ємна частка пор, %	Час нагріву, с	Тиск нагріву, МПа
Основний рівень, X_{0i}	7,5	3,3	20
Інтервал варіювання, δ_{0i}	7,5	2	10
Верхній рівень, $X_{\max} = +1$	15	5,3	30
Нижній рівень, $X_{\min} = -1$	0	1,3	10
Кодове позначення факторів	X_1	X_2	X_3

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

3.1 Зварювання тертям заготовок із спечених сплавів

В результаті зварювання заготовок $\varnothing 12$ мм були отримані пруткові напівфабрикати довжиною 180–195 мм (рис. 3.1). З метою стабілізації механічних властивостей, згідно рекомендацій [42], після зварювання заготовок на повітрі була проведена механічна обробка на токарному верстаті для зняття поверхневого шару, насиченого газом, на глибину до 0,5 мм.



Рисунок 3.1 – Заготовки, отримані методом порошкової металургії (а) і зварювання (б)

3.2 Визначення хімічного складу спечених зразків

Мікрорентгеноспектральним якісним і кількісним аналізом шва і колошовної зони встановлено, що розподіл основних домішкових елементів є рівномірним (рис. 3.2), а їх кількість не перевищує вимог ГОСТу для сплаву ВТ1–0 (табл. 3.1).

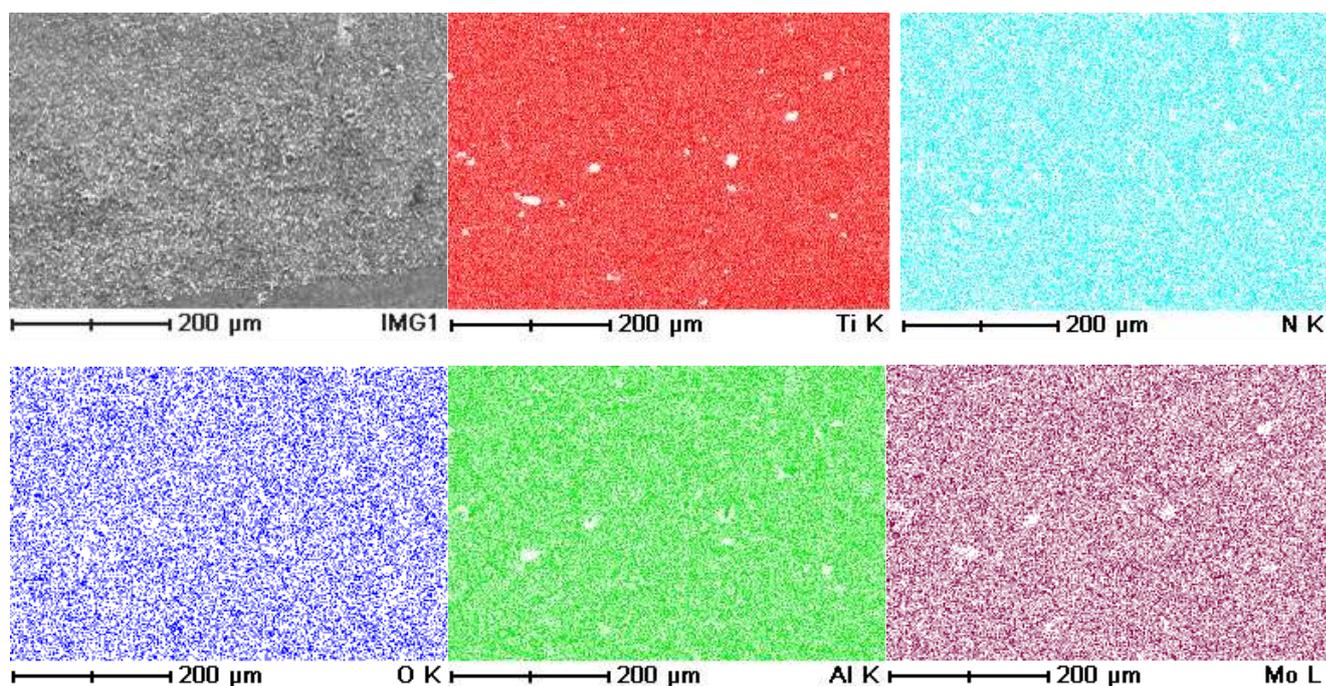
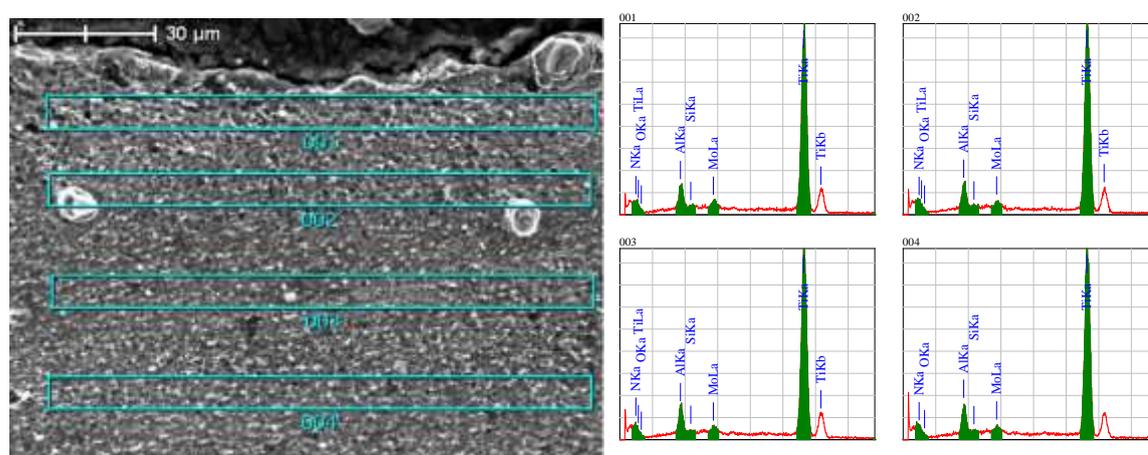


Рисунок 3.2 – Мікрорентгеноспектральний якісний аналіз розподілу елементів в зварних зразках, x250



№ точки	N	O	Al	Ti	Mo
001		1,17	3,35	91,96	3,17
002	1,40	0,09	3,44	92,08	2,57
003	1,81		3,68	91,65	2,73
004	0,65		3,53	93,06	2,43

Рисунок 3.3 – Мікрорентгеноспектральний кількісний аналіз розподілу елементів в зварних зразках

Таблиця 3.1 – Кількість деяких домішок в досліджуваних матеріалах, %

матеріал	N	O	Fe
ПТ ТУ 14-10-026-98	0,03	не регламент	0,08
сплав ВТ1-0 ГОСТ 19807-91	0,04	0,2	0,25

Аналіз розподілу основних домішкових елементів та їх кількість, дає підстави вважати, що зварювання тертям заготовок зі спеченого титану без газового захисту не призводить до газонасичення зварного шву і колошовної зони.

3.3 Дослідження якості зварювання тертям спечених титанових заготовок

Проведений візуальний огляд зварених заготовок показав рівномірне видавлювання ґрату по всьому колу стику. В результаті осадки при зварюванні кожна з заготовок зазнавала однакового скорочення 5 ... 7,5 мм.

3.3.1 Аналіз макро- та мікроструктури зварних з'єднань

Аналіз макроструктури зварних з'єднань дозволив встановити, що дефектів металургійного характеру в зварному шві і колошовній зоні не виявлено. На відмінно від основного металу, у місці з'єднання порошкових заготовок та на відстані 2,5 ... 3 мм від шва з обох сторін утворилася зона без пор (рис. 3.4).

Мікроструктура основного металу дослідних зварених зразків характеризувалася наявністю різноорієнтованих α - пластин. Було виявлено, що по тілу і межах цих пластин розташовувалися пори гостро кутової і округлої форми, їх розмір в середньому складав близько 30 мкм (рис. 3.5, а).



1 – основний метал;

2 – колошовна зона;

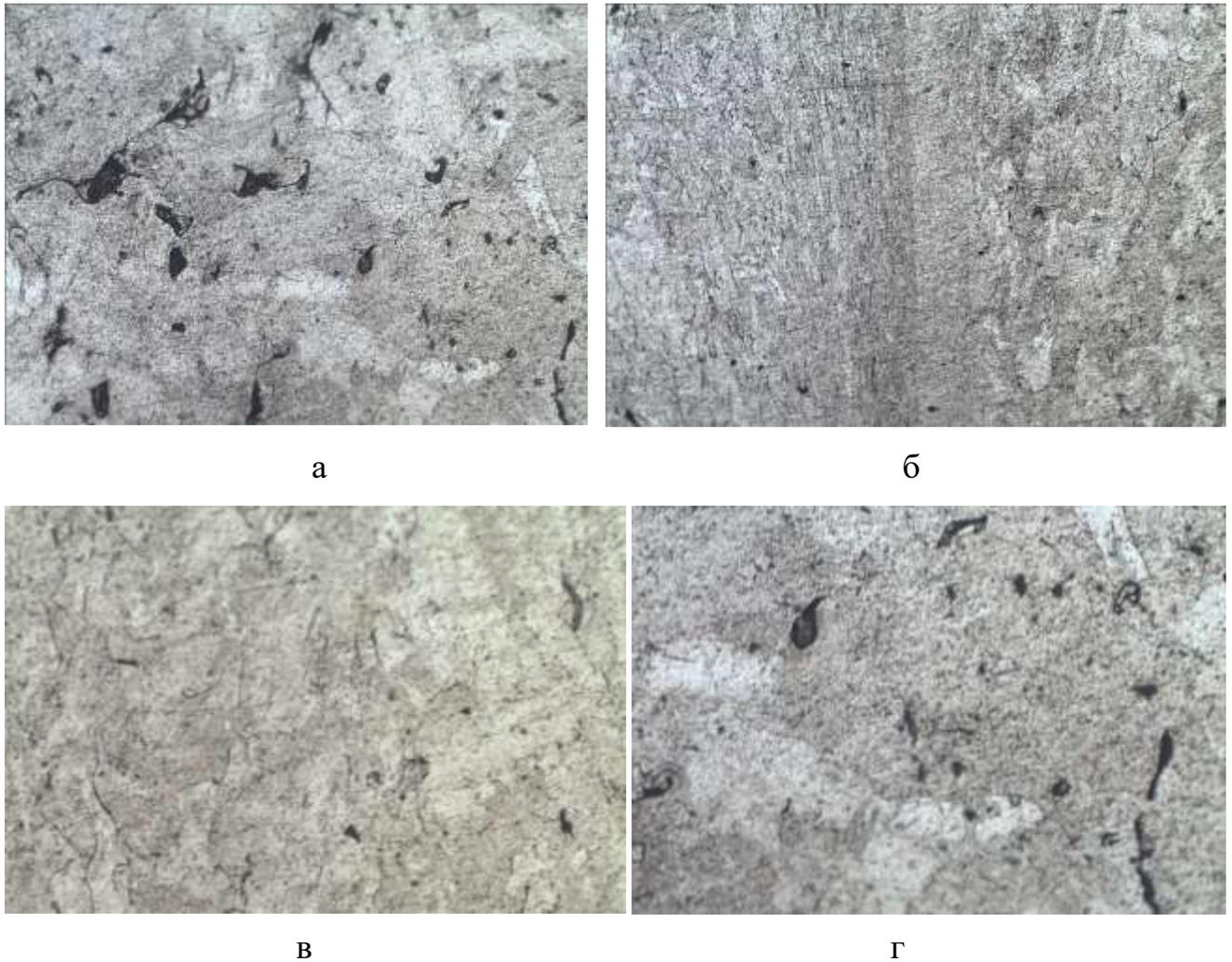
3 – шов

Рисунок 3.4 – Макроструктура зварного з'єднання заготовки, отриманої зварюванням тертям

При дослідженні зварного з'єднання встановлено, що в металі шва пори практично відсутні, а межі розділу структурних складових чітко проглядаються (рис. 3.5, б). Мікроструктура шва характеризувалася наявністю фрагментів α -зерен, розмір яких не перевищував 4 мкм, що утворилися в результаті інтенсивної деформації металу під дією тиску і тертя в процесі зварювання. При цьому діаметр виявлених пор не перевищував 2,5 мкм, що свідчило про зменшення розміру пор під дією зсувної деформації (рис. 3.5, б).

Слід зазначити, що структура колошовної зони зварених заготовок мала відмінності. Ця зона представляла собою тонкопластинчасту структуру, яка складалася з радіально направлених пластин α -фази, шириною до 4 мкм і довжиною до 160 мкм. По їх межах розташовувалися витягнуті пори, розміром в середньому близько $\sim 3 \times 17$ мкм.

Формування радіального направлення пластин α -фази і зменшення розміру пор у структурі викликано дією температури при зварюванні і осьової сили при осадці (рис. 3.5, в).



а) основний метал; б) шов; в) колошовна зона, розташована біля шва;
г) колошовна зона, розташована біля основного металу

Рисунок 3.5 – Мікроструктура зварного з'єднання заготовки, отриманої зварюванням тертям

У той же час, колошовна зона, розташована біля основного металу дослідної заготовки, складалася з пластин α -фази викривленої форми розмірами в середньому близько 15x65 мкм, одиничні пори в даній структурі мали розмір $\sim 3 \dots 6$ мкм. Пори в структурі розташовувалися довільно і здебільшого мали серповидну форму (рис. 3.5, г).

Таким чином, металографічні дослідження зварного з'єднання дослідних заготовок дозволили встановити, що у зварному шві пори практично були відсутні. Виявлено, що середній розмір пор у колошовній зоні та залишкові пори у зварному шві мали в рази менші розміри, ніж в основному металі.

3.4 Дослідження механічних властивостей і характеру руйнування зварних з'єднань

Механічні випробування дозволили встановити, що рівень міцності дослідних зварених заготовок можна порівняти з рівнем литого титану ВТ1-0 (табл. 3.2). Зазначена більш низька пластичність обумовлена руйнуванням зразків поза зоною зварного з'єднання, тобто по основному металу, який характеризується наявністю великої кількості пор, що значно знижують деформаційну здатність металу (рис. 3.6).

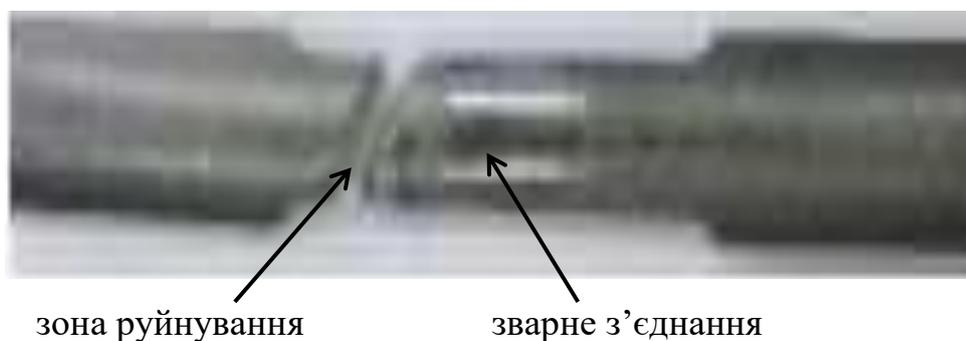


Рисунок 3.6 – Вид зразків після випробувань на розтяг

Таблиця 3.2 – Механічні властивості зварної дослідної заготовки зі сплаву ВТ1-0, отриманої на основі методу ПМ

Стан матеріалу	Механічні властивості		
	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
спечена зварна заготовка (руйнування поза зоною зварного шва)	322...338	7...9	14...18
литий сплав ВТ1-0	340...390	7...17	33...40

Отже, результати випробувань дозволили визначити, що в цілому рівень механічних властивостей зварного шва дослідних заготовок знаходиться на рівні властивостей литого титану, а межа міцності шва перевищує межу міцності

спеченого титану, оскільки в шві формувалась дисперсна мікроструктура з одиничними порами.

Аналіз фрактограмм дозволив встановити, що пори не впливають на процес зародження тріщин. Крім того, беручи до уваги той факт, що кількість пор не перевищує 6 % можна стверджувати, що їх роль в зменшенні опору руйнуванню незначна.

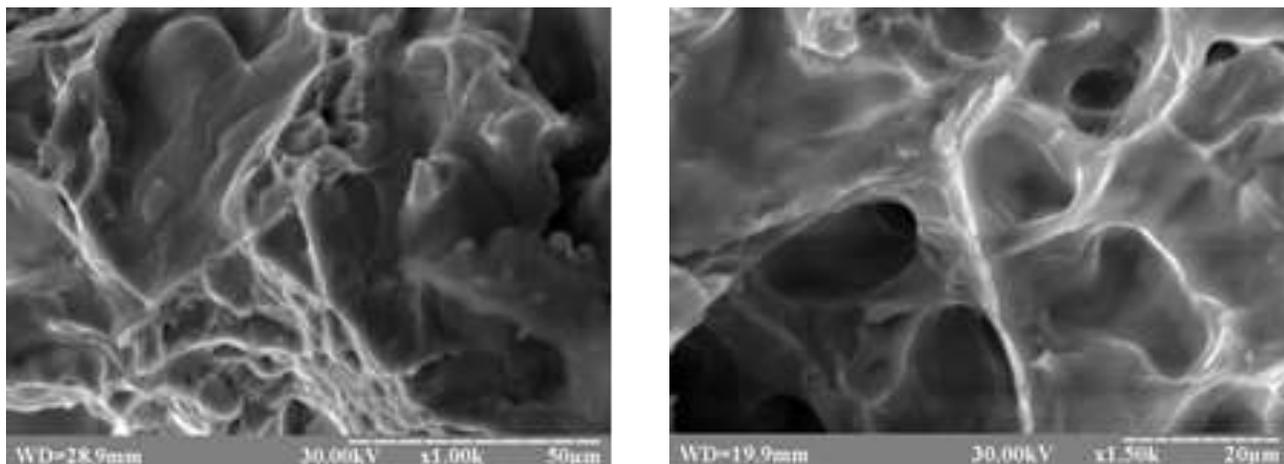


Рисунок 3.7 – Фрактограми поверхні руйнування зварних швів

3.5 Кількісна оцінка мікроструктурних складових спечених зразків

За допомогою кількісної оцінки мікроструктурних складових було визначено, що загальний обсяг пор в зразках для зварювання тертям складав 5 %. Крім того, при визначенні оптимальних режимів зварювання заготовок розраховували загальну кількість пор, яка склала від 0 до 15 %.

3.6 Визначення оптимальних режимів зварювання для кожної величини пористості

Результати проведених експериментів (табл. 3.3) дали можливість отримати залежності 3.1 та 3.2, що дозволяють визначити необхідні режими зварювання, які для різної пористості зразків забезпечують їх оптимальну осадку та механічні властивості.

Таблиця 3.3 – Результати проведених експериментів

№	X ₁	X ₂	X ₃	σ _в , МПа	l _{осад.} , мм
1.	+	+	+	343	38
2.	–	+	+	365	30
3.	+	–	+	329	19
4.	+	+	–	348	24
5.	–	–	+	300	6
6.	–	+	–	340	26
7.	+	–	–	270	4
8.	–	–	–	290	9
9.	0	0	0	350	18

$$\sigma_{\text{в}} = 360 - 40,625\Theta + 10,625\tau + 36,250P + 7,500\Theta \cdot \tau + 5,000 \Theta \cdot P, \quad (3.1)$$

$$l_{\text{осад.}} = 5 + 1,587\Theta + 0,512\tau + 1,287P + \Theta \cdot \tau + 0,287\Theta \cdot P, \quad (3.2)$$

де Θ – об'ємна доля пор, %;

τ – час нагріву, с;

P – тиск нагріву, МПа.

Отже, оптимальними режимами для зварювання тертям заготовок є наступні величини: час нагрівання 1,5–2,5 с; тиск нагріву 14–21 МПа.

4 ВИБІР СТАНДАРТНОГО ОБЛАДНАННЯ І МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ

4.1 Технологічний процес та контроль якості зварного з'єднання

На ділянку зварювання надходять два види заготовок – гайка і стакан. У механізм обертання установки для зварювання СТ102 подається і затискається заготовка-гайка, в механізм затиснення нерухомої заготовки подається і кріпиться заготовка-стакан. Механізм обертання приводить в обертання гайку. Механізм проковки підводить механізм затиснення нерухомої заготовки-стакана до механізму обертання, здійснюється зіткнення заготовок під тиском нагріву. Після розігріву відбувається різке гальмування механізму обертання і до зварюваних заготовок прикладається зусилля проковки. Після зварювання гратознімачем знімається зовнішній грат і виріб видаляється із зони зварювання. Внутрішній грат знімається токарною обробкою.

Після зварювання корпус шарового крана перевіряється ультразвуковою дефектоскопією на наявність дефектів у зварному шві. Наступна операція – перевірка на герметичність і міцність зварного з'єднання. Крани досліджують на стендах з використанням контрольно-вимірювальних засобів, що забезпечують задані умови випробувань і похибки вимірювань параметрів. Граничні відхилення від номінальних значень вимірюваних параметрів, які не вказані в технічних умовах на крани шарового типу, не повинні перевищувати: $\pm 5\%$ – для тиску; $\pm 5\%$ – для температури; $\pm 2\%$ – для часу.

Випробування на міцність і щільність матеріалу і зварних швів кранів проводили водою з пробним тиском ($P_{пр} = 5$ МПа). Тиск подавався в один з патрубків крана при заглушених інших патрубках. Положення затвора повинно забезпечувати надходження води у внутрішні порожнини крана. Допускається випробуванням на міцність і щільність матеріалу піддавати крани як в зібраному виді, так і окремі деталі.

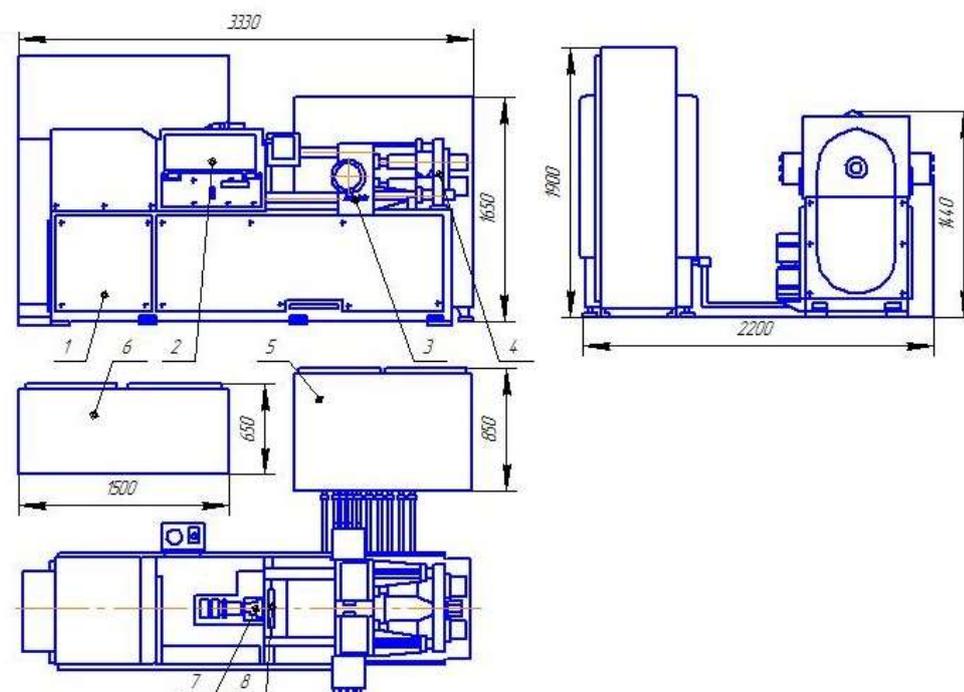
Матеріал вважається міцним, якщо не виявлено механічних руйнувань або

видимих залишкових деформацій. Матеріал деталей і зварних швів вважаються щільними, якщо не виявлено течі, потіння.

4.2 Технічна характеристика прийнятого обладнання

Для зварювання пруткових заготовок була обрана установка СТ102, яка призначена для зварювання тертям встик між собою заготовок суцільного круглого і трубчастого перерізів із однорідних і різнорідних металів і сплавів, а також для приварки їх до дисків і плоских деталей.

СТ102 складається (рис. 4.1) з механізму обертання з патроном і приводом з асинхронним електродвигуном, механізму затискання нерухою заготовки приводом від гідроциліндрів, гідравлічного механізму проковки і станини, на якій ці механізми змонтовані. Для зняття грата на машині встановлений гідравлічний різцевий супорт (гратазнімач).

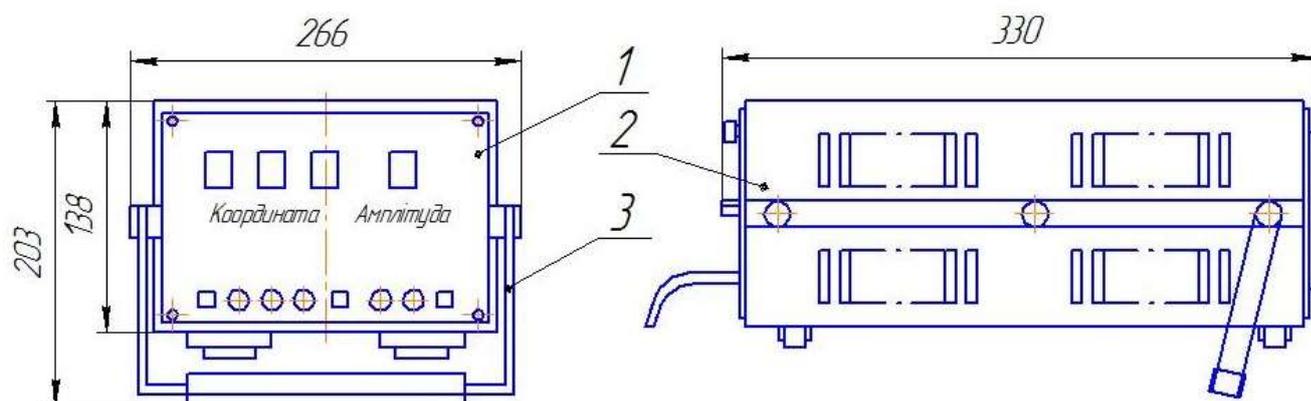


1 – станина; 2 – механізм обертання; 3 – затискач; 4 – механізм осадки; 5 – насосна станція; 6 – електрошафа; 7 – захисне скло; 8 – патрон

Рисунок 4.1 – Установка СТ102 для зварювання тертям

виробів і зварних з'єднань з матеріалів з малим гасінням ультразвуку (низьколегованих сталей, алюмінієвих і титанових сплавів).

Дефектоскоп складається з п'яти електронних блоків: блоку генератора-підсилювача, блоку вимірювання амплітуди, блоку вимірювання координати, блоку компенсації впливу акустичного контакту на чутливість, блоку живлення.



1 – приборна панель; 2 – корпус; 3 – переносна ручка

Рисунок 4.2 – Малогабаритний ультразвуковий дефектоскоп 062233

Дефектоскоп має адаптивні властивості. По-перше, він автоматично виділяє луна-сигнали за вказівкою з порядкового номера в зоні контролю. По-друге, автоматично компенсує зміни чутливості контролю, що відбуваються внаслідок порушень акустичного контакту між шукачем і контрольованим виробом. Контроль стану акустичного контакту здійснюється за допомогою сигналу бічної хвилі, що виникає в призмі шукача при проходженні у виробі під призмою поперечної хвилі. Компенсація зміни чутливості відбувається шляхом регулювання коефіцієнта посилення сигналів за допомогою системи стабілізації рівня сигналу, що характеризує стан акустичного контакту.

Прилад вимірює амплітуду луна-сигналів в одиницях, рівних одній ступені верхнього значення напруги, і координату дефекту – в міліметрах, що відкладаються по масштабній лінійці, з'єднаної з шукачем.

Прилад має світлову сигналізацію про нормальний стан акустичного контакту і звукову, частотнозалежну від амплітуди, а також сигналізацію про

появу луно-сигналів в зоні контролю.

Технічні дані ультразвукового дефектоскопу наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні дані ультразвукового дефектоскопу 062233 [44]

Товщина стінки контрольованого виробу, мм	5–50
Число рівнів квантування амплітуди	100
Діапазон вимірювання координат, мм	5–199
Частота ультразвуку в імпульсі, МГц	2,5;5,0
Частота посилок зондуючих імпульсів, Гц	10^3
Похибка вимірювання координат, мм	± 1
Роздільна здатність по дальності, мм	2
Допустима температура експлуатації, °С	–10...+40
Динамічний діапазон компенсації впливу акустичного контакту, дБ	12
Кути призматичних шукачів, град	50; 52; 54
Напруга живильної мережі, В:	
трифазний струм частотою 50 Гц	220
акумулятора	9
Споживана потужність, Вт	5
Габаритні розміри приладу, мм, і його маса, кг:	
довжина	330
ширина	266
висота	203
маса (без блока живлення)	3,5

5 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ

На сьогоднішній день в Україні напівфабрикати з титану і його сплавів знаходять широке застосування в хімічній промисловості, судно- й авіабудуванні та інших галузях. Як правило, використовуються деформовані напівфабрикати, переважно пруткові заготовки, виробництво яких в Україні практично відсутнє. Деформовані пруткові заготовки імпортуються з країн ближнього і далекого зарубіжжя. При цьому Україна є єдиним в Європі виробником основної сировини титану губчастого (≈ 20 тис. т/рік), що в повному обсязі може забезпечити власні потреби. Існуючі металургійні переділи націлені на деформаційну обробку та переплав титану губчастого і отримання промислових (багатотонних) злитків титанових сплавів. Ці технології є трудо- і енерговитратними. При цьому коефіцієнт «buy – to – fly» ratio, або коефіцієнт використання металу (КВМ) не перевищує 0,70, а в ряді випадків становить 0,25 (рис. 5.1). При цьому основне споживання складають деформовані малогабаритні напівфабрикати діаметром 15-60 мм. Прокатний і інші технологічні переділи отримання таких напівфабрикатів в Україні відсутні.

Існуючі методи порошкової металургії дозволяють значно підвищити КВМ, що дає можливість знизити собівартість виробництва титанових напівфабрикатів, а для такого дорогого матеріалу, як титан і його сплави, це становить практичний інтерес.

Однак, виготовлення довгомірних напівфабрикатів, до числа яких відносяться прутки і вироби складної геометрії при виробництві методом ПМ на простому обладнанні за один прохід вельми проблематично. Для вирішення цієї проблеми застосували зварювання тертям.

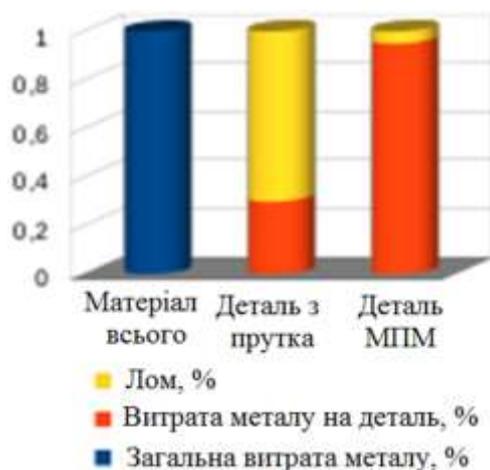


Рисунок 5.1 – Оціночний коефіцієнт «buy – to – fly» ratio

В якості прикладу для розрахунку економічної доцільності виготовлення деталей складної конфігурації із спечених титанових сплавів методами порошкової металургії та зварювання тертям був обран корпус шарового крану.

Отже у даному розділі дипломного проекту надано технічне нормування операцій, виробничу програму, матеріальне забезпечення для зварювання тертям корпусів шарових кранів. Розраховано ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання, необхідну кількість обладнання та чисельність персоналу ділянки.

5.1 Технічне нормування операцій

Мета технічного нормування – встановлення для конкретних організаційно-технічних умов затрат часу, необхідного на виконання заданої роботи, тобто встановлення технічних норм часу або норм виробітку; при цьому передбачається найбільш раціональне використання виробничих можливостей.

Технічні норми – головний критерій при розрахунках потрібної кількості та завантаження обладнання, визначення числа працюючих для виконання завдання. Тобто технічне нормування є основою правильної організації праці і заробітної плати.

Всі витрати робочого часу діляться на нормовані та ненормовані. Нормовані витрати – це ті, які необхідні для виконання заданої роботи і підлягають включенню до складу норми часу.

Ненормовані витрати не включаються до складу норми. Це втрати робочого часу, що виникли внаслідок вимушених перерв в роботі з організаційних і технічних причин і порушень трудової дисципліни.

Нормовані витрати робочого часу поділяються на підготовчо-заключний час, основний, допоміжний, час обслуговування робочого місця, час перерв на відпочинок і природні потреби.

Точне виконання розрахунку техніко-економічних параметрів ділянки для зварювання визначається ретельністю нормування виконаних робіт, обліку всіх операцій і визначення норм часу [45].

5.1.1 Норма часу на зварювання

Норма часу для зварювання тертям напівфабрикатів із спеченого титанового сплаву визначається за формулою 5.1:

$$T_{шт} = (T_o + T_{доп}) \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{від}}{100} \right), \text{ хв}, \quad (5.1)$$

де T_o – основний час, хв;

$T_{доп}$ – допоміжний час, хв;

$a_{обс}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

$a_{від}$ – час на відпочинок і природні потреби, хв.

Згідно рекомендацій [45] основний час для зварювання деталей перетином $1017,36 \text{ мм}^2$ складає 1 хв, а для механічної обробки з метою зняття грату – 2 хв.

Допоміжний час, згідно роботи [45], включає затрати часу на:

- а) підношення деталей і установку їх в прижими машини – $0,3 \cdot 2 = 0,6$ хв;
- б) закріплення деталей в прижимах – $0,6 \cdot 2 = 1,2$ хв;
- в) включення машини – $0,2$ хв;
- г) підвод супорта – $0,3$ хв;
- д) розтиснення прижиму – $0,2$ хв;
- е) підвод гратознімача – $0,5$ хв;
- є) встановлення співвісності – 1 хв;
- ж) відвод гратознімача – $0,5$ хв;
- з) розтиснення прижимів – $0,2 \cdot 2 = 0,4$ хв;
- и) зняття вузла – $0,3$ хв.

Отже,

$$T_{\text{доп}} = 0,6 + 1,2 + 0,2 + 0,3 + 0,2 + 0,5 + 1 + 0,5 + 0,4 + 0,3 = 5,2 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця, на відпочинок та природні потреби складає 12 % та 10 % відповідно [45].

Звідси:

$$T_{\text{шт}} = (3 + 5,2) \left(1 + \frac{12 + 10}{100} \right) = 10 \text{ хв}$$

Норма часу для процесу зварювання тертям представлена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічне нормування операцій

№	Найменування операцій	Норма штучного часу, н/год
1	Зварювання напівфабрикатів	0,2
2	Візуальний контроль якості	0,017
3	Ультразвуковий контроль якості	0,03
4	Контроль якості на герметичність	0,05
6	Норма часу на одиницю виробу	0,29

5.1.2 Виробнича програма і її матеріальне забезпечення

Основою для розрахунку дільниці зі зварювання тертям є виробнича програма, яка враховує зварювання виробів в штуках.

У даному дипломному проекті приймаємо виробничу програму на рік зі зварювання титанових напівфабрикатів рівною 9360 штук (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Виробнича програма виробів за рік

Найменування виробу	Норма часу на деталь, н/год	Виробнича програма	
		одиниць	н/год
Титанові напівфабрикати	0,29	9360	2710

5.1.3 Розрахунок кількості обладнання

На даній виробничій дільниці 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 2080 годин [46]. Ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання за рік визначається за формулою 5.2:

$$F_{\text{еф}}^{\text{об}} = F_{\text{ном}} \cdot (1 - K_{\text{в}}) = 2080 \cdot (1 - 0,1) = 1872 \text{ год}, \quad (5.2)$$

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

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт витрат часу на ремонт і обслуговування устаткування, приймається 7 – 10 % від номінального фонду. Приймаємо $K_{\text{в}} = 0,1$ %.

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

Розрахунок необхідної кількості обладнання по кожному типу ведеться за формулою:

$$G_0 = \sum_{i=1}^m \cdot \frac{t_i \cdot N_i}{F_{\text{еф}}^{\text{об}}}, \text{ од.}, \quad (5.3)$$

де G_0 – розрахункова кількість обладнання, одиниць;

m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу на i -тої операції, н/год;

N_i – річна виробнича програма i -того виробу, одиниць;

$F_{\text{еф}}^{\text{об}}$ – ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання за рік, год.

Прийнята кількість обладнання встановлюється шляхом округлення до цілої величини ($G_{\text{оп}}$).

Коефіцієнт завантаженості обладнання:

$$K_3 = \frac{G_0}{G_{\text{оп}}}, \quad (5.4)$$

де G_0 – розрахункова кількість обладнання, од;

G_{op} – прийнята кількість обладнання, од.

Кількість установок для зварювання розраховуємо за формулою 5.3:

$$G_{o1} = \frac{0,2 \cdot 9360}{1872} = 0,9$$

Приймаємо кількість установок $G_{op1} = 1$ од.

Коефіцієнт завантаженості обладнання розраховуємо за формулою 5.4:

$$K_{з1} = \frac{0,9}{1} = 0,9$$

Розрахунки по обладнанню зведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок кількості обладнання, його потужності і собівартості

Найменування устаткування	Кількість обладнання		Коеф. завантаження	Потужність ел. двигуна, кВт/год	
	Розраховане	Прийняте		Одиниці обладнання	Всього обладнання
Установка для зварювання тертям	0,9	1	0,9	40	40
Усього	0,9	1	0,9	40	40

Вартість будівлі виробничого призначення розраховують виходячи з обсягу, що визначається за прийнятою висотою прольоту, кількістю одиниць обладнання та питомої площі, займаної одиницею обладнання, вартості 1 м² будівлі і ін.

5.1.4 Розрахунок чисельності персоналу дільниці

Чисельність основних виробничих робітників дільниці на нормованих роботах розраховується по операціям, згідно з розрядами і професіями за формулою 5.5:

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot N_i}{F_{\text{д.р.}} \cdot K_{\text{в.н.}}}, \text{чол.} \quad (5.5)$$

де R_0 – чисельність основних виробничих робітників, чол.;

m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу для i -тої операції, н/год;

N_i – річна виробнича програма i -го виробу, одиниць;

$F_{\text{д.р.}}$ – дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год;

$K_{\text{в.н.}}$ – коефіцієнт виконання норм виробітку ($K_{\text{в.н.}} = 1,05$).

Дійсний річний фонд часу одного робітника визначається за формулою 5.6:

$$F_{\text{д.р.}} = F_{\text{ном}} \cdot (1 - h), \text{год.} \quad (5.6)$$

де $F_{\text{ном}}$ – номінальний річний фонд часу роботи одного робітника для однозмінного режиму, $F_{\text{ном}} = 2080$ год;

h – планований коефіцієнт не виходів робітників на роботу (0,12÷0,15).

$$F_{\text{д.р.}} = 2080 \cdot (1 - 0,12) = 1830 \text{ год}$$

Чисельність зварювальників знаходимо за формулою 5.5:

$$R_0 = \frac{0,2 \cdot 9360}{1830 \cdot 1,05} = 0,9$$

Приймаємо чисельність зварювальників ≈ 1 особа.

Чисельність допоміжних робітників за професіями розраховується за нормами обслуговування або по робочих місцях. Чисельність керівників і спеціалістів (майстер і технолог) на дільниці розраховується згідно зі штатним розкладом. Загальна чисельність персоналу дільниці викладена в таблиці 5.4.

5.2 Планування витрат на виробництво

У даному розділі необхідно запланувати матеріальні витрати, витрати на основні засоби, розрахувати фонд оплати праці персоналу, скласти калькуляцію собівартості продукції.

Таблиця 5.4 – Загальна чисельність персоналу

Персонал	Чисельність, чол.	В т.ч. за розрядами			В т.ч. за змінами	
		IV	V	VI	I	II
1. Основні працівники						
– зварювальник	1			1	1	–
Всього	1			1	1	–
2. Допоміжні працівники						
– контролер	1	1			1	–
– налагоджувальник	1		1		1	–
– електрик	1		1		1	–
Всього	3	1	2		3	–
3. Керівники і спеціалісти						
– майстер	1				1	
– технолог	1				1	
Усього	2				2	–

Разом	6	1	2	1	6	–
-------	---	---	---	---	---	---

5.2.1 Матеріальні витрати

Вартість основних і додаткових матеріалів розраховується на основі норм використання та цін. Крім того необхідно врахувати транспортно-заготівельні витрати (5-7 % від вартості матеріалів), та вартість зворотних відходів (віднімаються).

До основних матеріалів слід віднести корпус шарового крану. До допоміжних матеріалів слід віднести ті матеріали, які споживаються для здійснення технологічних процесів, наприклад зварювальні та присадочні матеріали, флюси, газ для різки та зварювання, електроди. З огляду на специфіку зварювання тертям, додаткові, як і захисні матеріали для зварювання напівфабрикатів не використовуються, а відповідно і не закуповуються. А отже розрахунок матеріальних витрат зводиться лише до розрахунку вартості основних матеріалів [46].

Розрахунок вартості матеріальних витрат наведен у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок вартості основних матеріалів.

Найменування	Норма витрат		Ціна за 1 шт матеріалу, грн	Вартість на програму, тис. грн	Річна вартість з урахуванням транспортно- заготівельних витрат, тис. грн.
	на виріб, шт	на програму			
Напівфабрикати корпусу шарового крану	1	9360	590	5522,4	5798,52
Усього	–	–	–	5522,4	5798,52

5.2.2 Вартість основних засобів

Вартість основних засобів передбачає наступні розрахунки:

- вартість будівель визначається на основі розрахованої площі та вартості 1 м² будівель (500-1000 грн за м²);
- вартість споруд становить 5 % вартості будівель;
- вартість обладнання (наведена в табл. 5.7 з урахуванням транспортно-заготівельних витрат і монтажу (10 ÷ 15 %);
- вартість цінних інструментів, пристосувань та інвентарю (3 ÷ 5 % балансової вартості обладнання);
- вартість транспортних засобів – 3 % балансової вартості обладнання [46].

Розрахунок вартості устаткування наведено в табл. 5.6.

Розрахунок вартості основних виробничих фондів, амортизаційних відрахувань, структури основних фондів наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.6 – Розрахунок вартості обладнання

Найменування обладнання	Ціна за одиницю, грн	Кількість, одиниць	Балансова вартість, грн
Установка для зварювання тертям Ст102	98000	1	109760
Усього	–	–	109760

Таблиця 5.7 – Вартість основних засобів

Найменування основних засобів	Балансова вартість, грн	Структура, %	Строк експлуатації, років	Амортизаційні відрахування, рік, грн
Будівлі	172800	57,6	45	5184
Споруди	8640	2,8	20	260
Обладнання	109760	36,6	15	3293
Транспортні засоби	3293	1,1	10	99
Цінні інструменти	5488	1,8	5	165
Усього	299981	100	–	9001

5.2.3 Фонд оплати праці

Сума заробітної плати, яка виплачується працівникам підприємства, утворює фонд оплати праці. Фонд заробітної плати розраховується за прийнятими формами і системами оплати праці. Оплата праці основних робітників здійснюється за відрядною формою; допоміжних робітників – за погодинною формою, керівників та спеціалістів – з окладною формою оплати праці.

Планувальні доплати і премії для робітників складають 50 ÷ 60 % від основної заробітної плати. Премії з прибутку складають для робітників – 15 % до основної плати для робітників, для керівників і спеціалістів – 50÷60 %.

Основний фонд заробітної плати основних робітників – відрядників розраховуємо за формулою 5.7:

$$Z_{\text{відр}} = N \sum_{i=1}^B P_i, \quad (5.7)$$

де B – кількість операцій технологічного процесу;

P_i – розцінка на i -ту операцію, грн;

N – річна виробнича програма виробів, одиниць.

Розцінка на операцію розраховується за формулою 5.8:

$$P_i = C_i \cdot t_i, \quad (5.8)$$

де C_i – годинна тарифна ставка i -того розряду, грн;

t_i – норма часу на i -ту операцію, н/год.

Розрахунок по операціям приведен в таблиці 5.8

Таблиця 5.8 – Розрахунок розцінок по операціям

Найменування операції	Норма часу, н/годин	Разряд робіт	Годинна тарифна ставка, грн.	Розцінка, грн.
Зварювання напівфабрикатів	0,2	6	45,5	9,1
Усього	0,2	6	45,5	9,1

Тарифний фонд основної заробітної плати основних робітників – відрядників розрахуємо за формулою 5.7:

$$Z_{\text{відр,осн}} = 9360 \cdot 9,1 = 85176 \text{ грн}$$

Тарифний фонд додаткової заробітної плати складає 45 % від основної, в даному випадку $Z_{\text{відр,дод}} = 38330$ грн.

Основний фонд заробітної плати допоміжних робітників, які перебувають на погодинній оплаті праці, розраховується за формулою:

$$Z_{\text{погод}} = C_i \cdot K_{\text{тар.сер.}} \cdot F_{\text{д.р.}} \cdot R_{\text{доп}}, \quad (5.9)$$

де C_i – годинна тарифна ставка І-го розряду;

$F_{д.р.}$ – дійсний річний фонд часу робітника, год;

$R_{доп}$ – чисельність допоміжних робітників;

$K_{тар.сер.}$ – середній тарифний коефіцієнт.

$$З_{погод} = 19,85 \cdot 1,89 \cdot 1760 \cdot 3 = 198087 \text{ грн}$$

Середній тарифний коефіцієнт знаходимо за формулою 5.10:

$$K_{тар.сер} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i R_{доп i}}{R_{доп}}, \quad (5.10)$$

де m – кількість розрядів робіт допоміжних робітників;

K_i – тарифний коефіцієнт i -того розряду;

$R_{доп i}$ – кількість допоміжних робітників i -го розряду.

$$K_{тар.сер} = \frac{1,9 \cdot 2 + 1,69 \cdot 1}{3} = 1,89$$

Відрахування на соціальне страхування розраховується відповідно до чинного законодавства складає 22 % від суми $З_{осн}$ та $З_{дод}$.

Фонд оплати праці розраховується і зводиться в таблицю 5.9

Таблиця 5.9 – Фонд оплати праці

Категорії персоналу	Чисельність персоналу, осіб	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн	Річний фонд заробітної плати, грн	Відрахування на соціальні заходи. грн
Основні робітники	1	85176	38330	123506	27172
Допоміжні робітники	3	198087	89190	287277	63201
Керівники	1	96000	43200	139200	30624
Спеціалісти	1	78000	35100	113100	24882
Усього	6	457263	205820	663083	145879

5.3 Собівартість виробу

Собівартість виробу визначається усіма витратами дільниці за такими статтями прямих і непрямих витрат.

5.3.1 Прямі витрати

- а) основні матеріали – 5522400 грн;
- б) основна заробітна плата основних робітників – 85176 грн;
- в) додаткова заробітна плата основних робітників – 38330 грн;
- г) відрахування на соціальне страхування (від фонду оплати праці основних

виробничих робітників) – 27172 грн;

д) паливо та енергія на технологічні цілі – 161741 грн.

5.3.2 Непрямі витрати

Стаття «Утримання та експлуатація машин і обладнання» є комплексною і охоплює такі витрати:

а) утримання устаткування і робочих місць:

– вартість силової електроенергії розраховується за формулою 5.11:

$$E_s = C \cdot F_{до} \cdot W \cdot K_3 \cdot K_s, \quad (5.11)$$

де C – ціна 1 кВт електроенергії, грн;

$F_{до}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;

W – потужність всього устаткування ділянки, кВт/год;

K_3 – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_s – коефіцієнт попиту, які враховує витрати електроенергії в мережах ($K_s = 0,8$).

$$E_s = 2,16 \cdot 1872 \cdot 55 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 160124 \text{ грн}$$

– витрати на стиснене повітря, технічну воду для виробничих цілей, допоміжні матеріали складають 1 % від вартості будівлі, а саме 1960 грн;

б) заробітна плата допоміжних робочих і відрахування на соціальні заходи;

в) поточний ремонт обладнання і дорогокоштовних інструментів – 5 % від їх вартості;

г) амортизація виробничого обладнання та дорогокоштовних інструментів;

д) відтворення малоцінних і швидкозношуваних предметів – 50 % від їх вартості (вартість – 2 % вартості обладнання);

є) інші витрати становлять 5 % від суми витрат попередніх статей.

Розрахунок статей занесено в табл. 5.10.

Таблиця 5.10 – Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Найменування статей витрат	Сума, грн
Утримання обладнання та робочих місць	162084
Заробітна плата додаткових робочих і відрахування на соціальні заходи	350478
Поточний ремонт обладнання і дорогокоштовних інструментів	5763
Амортизація виробничого обладнання та дорогокоштовних інструментів	3458
Відтворювання малоцінних і швидкозношуваних предметів	2196
Інші витрати	26199
Усього	550178

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційну основній заробітній платі виробничих робітників.

Розраховується відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання за формулою 5.12:

$$L = \frac{\Sigma \text{ВУО}}{\text{ЗП}_0} \cdot 100 \% \quad (5.12)$$

де ВУО – сума витрат на утримання обладнання.

$$L = \frac{550178}{123506} \cdot 100\% = 445 \%$$

Стаття «Загальновиробничі витрати» – це витрати на управління в межах

цеху. Стаття комплексна і охоплює такі витрати:

- а) утримання цехового персоналу – річний фонд заробітної плати спеціалістів і керівників;
- б) утримання помешкань та інвентарю складає 10 % від вартості будівлі, а саме 1728 грн;
- в) поточний ремонт помешкань та інвентарю розраховується в розмірі 2 % їх балансової вартості;
- г) амортизаційні відрахування будівель та споруд;
- д) витрати на проведення випробувань, досліджень, раціоналізації та винахідництво приймаються укрупнено 100 грн на рік на одного працівника;
- є) витрати на охорону праці плануються на рік 150-200 грн на одного працівника;
- е) інші витрати складають 3 % від суми витрат по попереднім статтям.

Кошторис загальновиробничих витрат наведен в табл. 5.11.

Таблиця 5.11 – Кошторис загальновиробничих витрат

Найменування статей витрат	Сума, грн
Утримання цехового персоналу	307806
Утримання помешкань та інвентаря	17280
Поточний ремонт будівель та інвентаря	3566
Амортизаційні відрахування будівель та інвентаря	5444
Витрати на проведення випробувань, досліджень, раціоналізації та винахідництво	600
Витрати на охорону праці	1020
Інші витрати	10072
Усього	345788

Загальновиробничі витрати розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційну основній заробітній платі виробничих робітників.

Процент загально виробничих витрат розраховується за формулою 5.13:

$$\beta = \frac{\sum \text{ЗВВ}}{\text{ЗП}_0}, \quad (5.13)$$

де $\sum \text{ЗВВ}$ – загально виробничі витрати, грн.

$$\beta = \frac{345788}{123506} = 2,8$$

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

Сума загальногосподарських або адміністративних витрат визначається прямим розрахунком або укрупнено відповідним відсотком до основної заробітної плати виробничих робітників (150-200 %).

Витрати на збут вміщують витрати пов'язані з утриманням складів готової продукції, витрати на упаковку, транспортування готової продукції та інші (2 % виробничої собівартості).

Дані розрахунку калькуляції собівартості продукції зведені у таблиці 5.12.

В разі, якщо вироби будуть реалізовані за межами підприємства, необхідно розрахувати ціну продажу (формула 5.14).

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{п}} + \text{П} + \text{ПДВ} = 806,8 + 201,6 + 161,4 = 1169,8 \text{ грн} \quad (5.14)$$

де $C_{\text{п}}$ – повна собівартість, грн;

П – прибуток, грн. (норматив рентабельності 25 %);

ПДВ – податок на додану вартість (20 %).

Таблиця 5.12 – Калькуляція собівартості продукції

Статті витрат	Витрати, грн	
	всього витрат	на одиницю
Основні та допоміжні матеріали	5522400	590
Основна заробітна плата основних робітників	85176	9,1
Додаткова заробітна плата основних робітників	38330	4,1
Відрахування на соціальні заходи	27172	2,9
Паливо та енергія на технологічні цілі	161741	17,3
Утримання та експлуатація машин і устаткування	550178	58,7
Загальновиробничі витрати	345788	36,9
Собівартість виробнича	6730785	719,1
Адміністративні витрати	685895	73,3
Витрати на збут	134616	14,4
Собівартість повна	7551296	806,8

5.4 Економічне обґрунтування запропонованої розробки

5.4.1 Розрахунок економічного ефекту

Порівняльна економічна ефективність полягає у визначенні найбільш економічного варіанта вирішення господарського завдання. Показниками порівняльної економічної ефективності є сума приведених витрат і економічний ефект за розрахунковий рік.

Показник зведення затрат розраховується за формулою 5.15:

$$Z = C_i + E_n \cdot K_i , \quad (5.15)$$

де C_i – поточні витрати (повна собівартість) по i -тому варіанту, грн;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних витрат ($E_n = 0,15$);

K_i – капітальні вкладення по i -тому варіанту, грн.

Показник зведення витрат за новою технологією:

$$Z = 7551296 + 0,15 \cdot 6595224 = 8540577 \text{ грн}$$

Економічний ефект за розрахунковий рік складає за формулою 5.16:

$$E = Z_{\text{ст}} - Z_{\text{нов}} = 10412577 - 8540577 = 1872000 \text{ грн} \quad (5.16)$$

5.4.2 Ефективність і результативність

Оцінку ефективності та результативності діяльності можна здійснити за показниками:

а) річний випуск виробів:

– у натуральному вимірі, одиниць;

– по трудомісткості, нормо-годин;

б) виробнича площа дільниці, м^2 ;

в) вартість основних засобів, грн;

г) чисельність персоналу за списком, усього, осіб.

У тому числі:

– основні робочі;

– допоміжні робочі;

– керівники та фахівці;

- д) фонд оплати праці, грн;
 е) середня заробітна плата основних робітників за місяць, грн;
 ж) продуктивність праці одного працівника розраховується за формулою 5.17:

$$\text{ПП} = \frac{C_{\text{п}}}{R} = \frac{7551296}{6} = 1258550 \text{ грн/чол}, \quad (5.17)$$

де $C_{\text{п}}$ – повна собівартість виробів за рік, грн.;

R – чисельність персоналу, осіб.

и) фондovіддача (формула 5.18)

$$f = \frac{C_{\text{п}}}{\Phi_{\text{осн}}} = \frac{7551296}{6595224} = 1,14 \text{ грн/грн}, \quad (5.18)$$

к) фондомісткість (формула 5.19)

$$f' = \frac{\Phi_{\text{осн}}}{C_{\text{п}}} = \frac{6595224}{7551296} = 0,87 \text{ грн/грн}, \quad (5.19)$$

л) коефіцієнт завантаження обладнання;

м) собівартість одиниці продукції, грн;

н) економічний ефект за розрахунковий рік, грн.

Показники ефективності та результативності діяльності виробничої дільниці наведені в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Показники ефективності та результативності

Найменування показника	Значення показника
1. Річний випуск виробів	
- У натуральному вимірі, штук	9360
- По трудомісткості, нормо-годин	2170
2. Виробнича площа дільниці, м ²	432
3. Вартість основних засобів, грн	5522400
4. Спискова чисельність персоналу усього, осіб	6
- основні робочі	1
- допоміжні робочі	3
- керівники, спеціалісти	2
5. Фонд оплати праці, грн	663083
6. Середня заробітна плата за місяць, грн	7098
7. Продуктивність праці одного працівника, грн/осіб	1258550
8. Фондовіддача	1,14
9. Коефіцієнт завантаження обладнання	0,9
10. Фондомісткість	0,87
11. Собівартість одиниці продукції, грн	806,8
12. Економічний ефект за розрахунковий рік.	1872000

Аналіз виробництва деталі за традиційною технологією показав її високу матеріалоемність. Використання методу порошкової металургії дозволить істотно знизити втрати матеріалу. Економічний ефект від впровадження результатів роботи на підприємствах сягає 1872000 грн на річний випуск виробів – 9360 шт., тобто в середньому 200 грн/кран. Даний ефект забезпечується низькою ресурсовитратністю окремих етапів виготовлення напівфабрикатів методами ПМ, а також отриманням заготовок близьких за формою до готових деталей, що забезпечує високий коефіцієнт використання матеріалу.

5.5 Розрахунок і планування дільниці

Розміщення цеху, всіх його виробничих відділень і ділянок, а також допоміжних, адміністративно-конторських і побутових приміщень повинно, по можливості, повністю задовольняти всім специфічним якостям, вимогам процесів, які підлягають виконанню в кожному з цих відділень.

Для проектування дільниці вибираємо типову схему постановки з поздовжнім напрямком виробничого потоку.

Дільниця зварювання тертям напівфабрикатів буде розташовуватися в прольоті, ширина якого визначатиметься шляхом підрахунку суми розмірів ширини робочих місць, проходів та проїздів між ними.

Ширина прольоту буде визначатися за формулою 5.20:

$$B_{\text{пр}} \geq (b_1 + b_{\text{об}} + b_{\text{пр}}), \quad (5.20)$$

де $B_{\text{пр}}$ – ширина прольоту, м;

b_1 – відстань від стіни до одладнання ($b_1 = 2$ м);

$b_{\text{об}}$ – ширина поста ($b_{\text{об}} = 2,5$ м);

$b_{\text{пр}}$ – ширина проходу ($b_{\text{пр}} = 1,5$ м).

$$B_{\text{пр}} = (2 + 2,5 + 1,5) = 6 \text{ м}$$

В результаті розрахунку можна зазначити, що дільниця не займає весь проліт, приймаємо найближчу стандартну ширину прольоту $B_{\text{пр}} = 18$ м. Величина кроку колон дорівнює 12 м.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при дослідженні процесу, що відбувається при зварюванні методом тертя.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

а) недоліки в організації робочого місця та робочої зони дослідника в приміщенні дослідницької лабораторії, внаслідок порушення вимог ергономіки, що може призвести до зниження ефективності праці;

б) можливість ураження електричним струмом, внаслідок порушення правил електробезпеки, несправності обладнання для підготовки дослідницьких зразків може призвести до електричних травм або летального наслідку;

в) можливість отримання механічних травм при виготовленні зразків для досліджень механічних властивостей, наприклад, ураження відкритих ділянок тіла при використанні відрізних станків з абразивним колом;

г) можливість отримання механічних травм під час механічної обробки зразків та їх випробувань, наприклад, порушення правил з охорони праці при токарній, фрезерній, шліфувальній, полірувальній обробці або при відсутності захисного екрану в зоні, де відбувається розрив зразка;

д) можливість отримання хімічних опіків при травленні зразків для дослідження мікроструктури, внаслідок не використання індивідуальних засобів захисту;

е) можливість отримання термічних опіків та механічних травм при виконанні дослідницьких процесів при зварюванні тертям, внаслідок не використання індивідуальних засобів захисту;

є) небезпеки, які пов'язані з обробкою результатів досліджень з

використанням ПК, зокрема, негативний вплив випромінювань або напруженості та інтенсивності трудових процесів, що може призвести до втоми, зниження працездатності, збудливості, хронічних головних болів, порушення сну, стресів;

ж) незадовільні параметри повітряного середовища на робочому місці через не ефективну систему кондиціонування, що призводить до зниження працездатності;

з) недостатнє освітлення через вихід з ладу освітлених приладів, що викликає втому центральної нервової системи, при розпізнаванні об'єктів розрізнення;

і) можливість загорання, внаслідок порушення правил пожежної безпеки, що може привести до пожеж;

ї) небезпеки, які пов'язані з умовами праці, під час надзвичайних ситуацій при недостатньої стійкості інженерних споруд.

6.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а) для оптимальної організації робочого місця дослідника, передбачене проведення організації робочого місця відповідно до вимог стандартів, технічних умов і (або) методичних вказівок по безпеці праці (ГОСТ 12.2.032–78. ССБП – «Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги»; ГОСТ 12.2.049-80 ССБП – «Робоче місце при виконанні робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги»).

Робоче місце представляє собою зону простору, яка оснащена необхідним устаткуванням, де відбувається трудова діяльність одного чи групи працівників.

Раціональне планування робочого місця має забезпечувати:

- найкраще розміщення знарядь і предметів праці;
- не допускати загального дискомфорту;
- зменшувати втомлюваність працівника;

– підвищувати його продуктивність праці.

Площа робочого місця має бути такою, щоб працівник не робив зайвих рухів і не відчував незручності під час виконання роботи. Важливо мати також можливість змінити робочу позу, тобто положення корпусу, рук, ніг. Доцільно виключати або мінімізувати всі фізіологічно неприродні і незручні положення тіла.

Для оптимальної організації робочого місця дослідника необхідно дотримуватися ряду вимог, а саме гігієнічних, антропометричних, фізіологічних.

Гігієнічні вимоги визначають умови життєдіяльності і працездатності людини у процесі взаємодії з технікою і середовищем; показниками є рівень освітлення, температура, вологість, шум, вібрація, токсичність, загазованість тощо.

Антропометричні вимоги визначають відповідність конструкцій техніки антропометричним характеристикам людини (зріст, розміри тіла та окремі рухові ланки). Показниками є раціональна робоча поза, оптимальні зони досягнення, раціональні трудові рухи.

Фізіологічні та психофізіологічні вимоги визначають відповідність техніки і середовища можливостям працівника щодо сприйняття, переробки інформації, прийняття і реалізації рішень.

Лабораторні та інструментальні дослідження проводяться відповідно до положень ГОСТ 1.25–76 «ГСС Метрологическое обеспечение. Основные положения»; ГОСТ 12.0.005–84 «ССБТ Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения»; стандартів Державної системи забезпечення єдності вимірів (ДСЗ); системи стандартів безпеки праць (ССБП); методичних вказівок, затверджених Міністерством охорони здоров'я.

Згідно нормативних вимог прилади та обладнання для вимірів повинні відповідати метрологічним вимогам і підлягати перевірці у встановлені строки.

Лабораторно-інструментальні дослідження фізичних, хімічних, біологічних матеріалів здійснюються у процесі роботи в характерних (типових) виробничих умовах, при справних та ефективно функціонуючих засобах колективного й

індивідуального захисту.

Результати замірів (визначень) показників шкідливих і небезпечних виробничих факторів оформлюють протоколами за формами, передбаченими державними стандартами або затвердженими Міністерством охорони здоров'я України, і заносяться в карту атестації робочих місць.

Оцінка технічного та організаційного рівня робочого місця згідно атестації здійснюється шляхом аналізу:

— раціонального планування (відповідність площі робочого місця нормам технічного проектування та раціонального розміщення обладнання і оснащення), а також відповідність його стандартам безпеки, санітарним нормам та правилам;

— технологічного оснащення робочого місця (наявність технологічного оснащення та інструменту, контрольно-вимірювальних приладів і їх технологічного стану);

— відповідності технологічного процесу, обладнання, оснащення інструментів, засобу контролю вимогам стандартів безпеки та нормам охорони праці;

— забезпеченості працівників спецодягом і спецвзуттям, засобами індивідуального й колективного захисту та відповідності їх стандартам безпеки праці й запровадженим нормам;

— впливу технологічного процесу, що відбувається на інших робочих місцях [47].

За результатами оцінки, робочі місця можуть бути атестовані або такими, що підлягають раціоналізації, або такими, що підлягають ліквідації.

б) для виключення ураження електричним струмом, згідно ДСТУ 12.1.019–79, електробезпека повинна забезпечуватися:

— технічними заходами;

— організаційними заходами.

Організаційні заходи: проведення навчання з правил електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу на четверту або третю групу з електробезпеки, згідно НПАОП 0.00–4.12–05 «Типове положення про порядок

проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», ДНАОП 1.1.10–1.01–2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок».

Технічні заходи: використання захисного заземлення та занулення згідно ПУЕ-20013 «Правила улаштування електроустановок», устрій захисного відключення електроустановок при аварійній ситуації згідно ГОСТ 12.4.155-85 ССБТ «Устройство защитного отключения. Классификация. Общие технические требования». Для виключення поразки електричним струмом електроустаткування повинне відповідати ГОСТ 12.1.019-79 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» і ПУЕ-20013 «Експлуатація електроустаткування і електроустановок» повинна проводитися відповідно «Правил технической эксплуатации электроустановок» (ПТЭ), «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» і «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

в) для виключення отримання механічних травм повинне бути передбачене проведення усіх необхідних інструктажів з охорони праці, згідно НПАОП 0.00–4.12–05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Робітники повинні бути забезпечені спеціальним одягом та індивідуальними захисними засобами відповідно до ГОСТ 12.4.103–83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты рук и ног. Классификация», або груповими засобами захисту згідно з ГОСТ 12.4.125–83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация».

Під час роботи з абразивним інструментом заборонено:

- влаштовувати кабелі живлення інструменту таким чином, який може призвести до їх пошкодження в місцях проходів, проїзду та дії інших засобів виробництва, а також натягувати, перекручувати та перегинати мережу живлення інструменту, ставити на неї вантаж;
- використовувати інструмент не за призначенням (наприклад, працювати

бічними (торцевими) поверхнями шліфувального круга, якщо круг не призначений для виконання цього виду робіт);

- експлуатувати інструмент зі знятим захисним кожухом, з несправним або пошкодженим робочим інструментом (круги не повинні мати тріщин або відшарувань);

- замінювати робочу частину інструменту без використання спеціального пристрою (наприклад, воротка);

- працювати з інструментом обертової дії у рукавицях, у розстібнутому спецодязі або з неприбраним волоссям;

- гальмувати обертовий шліфувальний круг натисканням на нього будь-яким предметом;

- під час роботи інструменту проводити огляд, змащування, усувати порушення;

- залишати інструмент підключеним до мережі живлення без нагляду;

- виконувати роботу без застосування змащувально-охолоджувальної рідини (для інструменту, призначеного для роботи з її застосуванням).

г) для виключення травм при роботі на металорізальних верстатах передбачено виконання вимог безпеки, а також здійснення необхідних заходів при організації робочого місця верстатника і суворе дотримання охорони та гігієни праці при роботі на верстатах.

Ремінні, зубчасті, канатні передачі повинні мати огорожі суцільні або з жалюзі чи з отворами). Крім того повинні бути оснащені пристроями, наприклад, рукоятками чи скобами для зручного та безпечного їх відкривання, зняття, переміщення та установа.

Такі захисні пристрої, як щити, ширми, екрани, що огорожують зону обробки, повинні захищати крім працюючого на верстаті робітника, людей, що знаходяться поблизу верстата від відлітаючої стружки, мастильно-охолоджувальної і робочої рідини. Для токарних, фрезерних, свердлильних, розточувальних, стругальних, зуборізних, шліфувальних верстатів застосування захисних огорожувальних пристроїв обов'язково.

Захисні пристрої не повинні обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, приводити при відкриванні до забруднення підлоги.

Оброблювані заготовки, патрони, планшайби, оправки, насадні головки, інструменти та інші елементи, які знімаються повинні бути надійно закріплені на верстатах.

Робочі використовують індивідуальні засоби захисту (захисні окуляри, індивідуальні щитки, які регламентуються ГОСТ 12.4.023-84 «ССБТ. Щитки защитные лицевые. Общие технические требования и методы контроля», спецодяг відповідно до ГОСТ 12.4.103–83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты рук и ног. Классификация», мазі і пасти для захисту шкіри рук).

Робітник повинен суворо дотримуватися правил носіння спецодягу. Для попередження небезпеки захоплення одягу і волосся працюючого обертовими механізмами верстата робочий одяг не повинен мати вільно розвіваючихся частин, рукава повинні щільно облягати руку і бути застебнутими на гудзики, волосся слід прибирати під берет, або косинку. Кінці косинки повинні бути ретельно заправлені [48].

д) при травленні зразків для дослідження мікроструктури використовуються різні реагенти. Тому робота в хімічній лабораторії безпечна лише за чіткого дотримання вимог техніки безпеки «Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях», які затвердженні наказом МНС України 11.09.2012 № 1192.

Під час виконання робіт необхідно дотримуватися наступних правил роботи з хімічними реактивами:

- на робочому місці не повинно бути сторонніх предметів;
- сухі реактиви слід брати за допомогою шпателя, розчини – піпеткою, для кожного реактиву необхідно мати окремий шпатель або піпетку;
- надлишок реактиву не виливати і не висипати назад в посуд, з якого вони взяті; поміщати в посуд для зливу або спускати із струмом води в каналізацію;

– дотримуватися обережності в роботі з розчинами кислот, лугів й інших їдких рідин;

– у разі попадання кислоти на шкіру або слизові оболонки спочатку промити уражене місце великою кількістю води, а потім розчином соди (гідрокарбонату натрію);

– у разі попадання луку на шкіру або слизові оболонки спочатку промити уражене місце водою до тих пір, поки ділянка не перестане бути слизькою, а потім розчином оцтової кислоти;

– нагріваючи рідини, тримати пробірку отвором від себе і людей, що знаходяться поруч [49].

е) правила охорони праці під час зварювання металів, які затверджені Наказом МНС України 14.12.2012 № 1425 встановлюють вимоги охорони праці під час електрозварювання металів, при контактному зварюванні та зокрема при зварюванні тиском.

Основною небезпекою є отримання термічних опіків та механічних травм внаслідок непередбаченого торкання нагрітих деталей, що обертаються.

Під час зварювання тертям металів зварник повинен дотримуватися правил безпеки згідно ГОСТ 12.3.002-75 «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности» та загальних вимог, що регламентуються у ГОСТ 12.3.003-86 «ССБТ. Работы электросварочные. Требования безопасности».

При експлуатації машин для зварювання тертям деталі, що зварюються, повинні бути надійно закріплені. Закріплення робиться для того, щоб уникнути їх обертання під дією моменту тертя або зсувів під дією осьового зусилля. У машинах необхідно перевіряти справність блокування, що виключає влучення рук робітника в затискний пристрій під час стиску деталей і блокування, що знімає цілком напругу при відчиненні дверцят або запорів із замками, що виключають доступ робітника до відкритих струмоведучих частин машини.

Розміщення обладнання для зварювання тертям, а також їх органів керування повинно забезпечувати вільний, зручний та безпечний доступ до них, а також можливість швидкого вимикання обладнання і зупинення всіх його

механізмів.

В якості заходів захисту передбачено використання індивідуальних засобів захисту, зокрема, спеціальних брезентових рукавиць або спеціальних захисних окулярів, згідно ГОСТ 12.4.010–75 ССБТ «Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия» та ГОСТ 12.4.001–80 ССБТ «Очки защитные. Термины и определения»

До зварювальних робіт допускаються робітники після спеціального навчання, інструктажу (ввідного, первинного на робочому місці та періодичного) з техніки безпеки та здачі іспитів.

Перед початком роботи зварник повинен ретельно оглянути і перевірити машину. Особливу увагу звертають звичайно на цілісність заземлення пускових та вимикаючих пристроїв, стан ізоляції дротів, наявність захисних кожухів та попереджуючих надписів [50].

є) для захисту від негативного впливу випромінювань відео дисплейних терміналів на органи зору людини має основною причиною перенапруження м'язового апарату ока, що пов'язане з недостатньою контрастністю та мерехтінням зображення, відблисками та відбитим світлом від моніторів. Крім того, втома очей настає при частій зміні огляду більш освітленого монітора та менш освітленої клавіатури, що призводить до «астенопії» (відчуття дискомфорту та біль в очах).

Зображення на екрані монітора відрізняється від зображення на папері рядом специфічних ознак: воно світиться, не безперервне, а складається з дискретних точок – пікселів, воно мерехтливе, оскільки ці точки з певною частотою спалахують і гаснуть.

Важливим чинником, що визначає ступінь зорової втоми, є також освітлення робочих місць і приміщень, де розташовані комп'ютери. Ще однією особливістю зорової роботи на комп'ютері є те, що спектр поглинання світла очима не співпадає із спектром випромінювання від дисплея.

Численними дослідженнями вітчизняних і зарубіжних вчених було встановлено, що не лише надмірне ультрафіолетове випромінювання, але й

надмірна величина синьо-фіолетового світла здатні викликати помутніння оптичних середовищ очей. Це ще сильніше погіршує з часом чіткість зображень на сітківці.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

ж) кондиціонування – це комплекс технічних заходів, спрямованих на створення і автоматичну підтримку сприятливих кліматичних умов повітря в приміщеннях. Процес кондиціонування залежить від зміни температури зовнішнього повітря та кількості тепла, що виділяється в приміщенні. Для кондиціонування повітря застосовують спеціальні агрегати – кондиціонери. Сучасні кондиціонери є універсальними приладами для забезпечення сприятливих мікрокліматичних параметрів приміщень.

Надлишок тепла залежить від об'єму приміщення і додаткових джерел тепла: інтенсивності сонячного випромінювання, тепловиділення від людей, освітлювальних приладів, оргтехніки тощо. Системи кондиціонування часто виконують функції припливної вентиляції. В теплий період року вони охолоджують і осушують повітря, в холодний – підігрівають і звожують. Таким чином системи кондиціонування можуть поєднувати в собі як декілька функцій одночасно, так і виконувати кожен окремо (вентиляцію, охолодження, обігрів, очищення, зволоження, осушення тощо).

Вибір системи кондиціонування та її продуктивності здійснюється на основі розрахунків необхідного повітрообміну для теплого періоду року.

Методика розрахунку надходження теплоти в приміщення:

1) надходження теплоти через заповнення світлових прорізів;

Розрахунок кількості теплоти, яка надходить за рахунок сонячної радіації та внаслідок теплопередачі при різниці температур зовнішнього та внутрішнього повітря:

$$Q_{\text{с.пр.}} = (q_0 F_n + q_1 F_p) K_{\text{відн}}, \text{ ккал/год} \quad (6.1)$$

де q_0 та q_1 – кількість теплоти, яка надходить до приміщення через світлові прорізи, які опромінюються та не опромінюються прямою сонячною радіацією відповідно: значення q_0 та q_1 визначають за формулами (6.2)–(6.3), ккал/(год·м²);

F_n та F_p – площа заповнення світлового прорізу, яка опромінюється прямою та розсіяною сонячною радіацією відповідно, м²;

$K_{\text{відн}}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу.

При одинарному склінні $K_{\text{відн}}=0,9\dots1,0$; при подвійному $K_{\text{відн}}=0,8\dots0,9$.

Кількість теплоти, яка передається сонячною радіацією, залежить від географічної широти розміщення будівель, орієнтації світлових прорізів та часу доби. Зокрема м. Запоріжжя знаходиться на 47°49' півн. ш.. Широтою є географічна координата в системі сферичних координат, яка визначає положення точок на поверхні Землі відносно екватора. Північною широтою називають географічну широту точок, які знаходяться в північній півкулі.

Для світлового прорізу, який частково або повністю опромінюється прямою сонячною радіацією, кількість теплоти розраховується за формулою:

$$q_0 = (q_{\text{в.п.}} + q_{\text{в.р.}}) K_1 K_2, \text{ ккал/(год} \cdot \text{м}^2) \quad (6.2)$$

де $q_{\text{в.п.}}$, $q_{\text{в.р.}}$ – кількість теплоти прямої та розсіяної сонячної радіації, ккал/(год·м²), (табл. 6.1);

K_1 – коефіцієнт, який враховує затінення оскелення світлових прорізів перепахотами та забруднення атмосфери (табл. 6.3);

K_2 – коефіцієнт, який враховує забруднення скла (табл. 6.2).

Для світлового прорізу, який знаходиться в тіні або при затіненні світлового прорізу зовнішніми сонцезахисними конструкціями (відкосами пройому) кількість теплоти розраховується за формулою:

$$q_1 = q_{в.р.} K_1 K_2, \text{ ккал/}(\text{год} \cdot \text{м}^2) \quad (6.3)$$

Таблиця 6.1 – Максимальні значення кількості теплоти прямої $q_{в.п}$ та розсіяної $q_{в.р}$ сонячної радіації, що надходить до приміщення, розташованого в м. Запоріжжі (47°49' півн. ш.) за СНиП 23–01–99 «Строительная климатология»

Показник	Кількість теплоти при заповненні світлових прорізів в залежності від часу доби та орієнтування світлових прорізів, ккал/(год·м ²)							
	до полудня							
	Півн	ПівнСх	Сх	ПівдСх	Півд	ПівдЗ	З	ПівнЗ
	після полудня							
	Півн	ПівнЗ	З	ПівдЗ	Півд	ПівдСх	Сх	ПівнСх
$q_{в.п}$	80	426	423	344	257	96	–	–
$q_{в.р}$	64	93	112	95	75	66	56	54

Примітка: у випадку відсутності значень надходжень теплоти за рахунок прямої сонячної радіації $q_{в.п}$, розраховуються надходження теплоти за рахунок розсіяної сонячної радіації $q_{в.р}$.

Таблиця 6.2 – Коефіцієнт K_2 , який враховує забруднення скла

Забруднення скла	Значення коефіцієнту
Значне	0,85
Помірне	0,9
Незначне	0,95
Чисте скло	1

Таблиця 6.3 – Коефіцієнт K_1 , який враховує затінення скління світлових прорізів перепахотами та забруднення атмосфери

Скління (без перепахотів)	Значення коефіцієнту для світлових прорізів K_1 , за атмосфери		
	Незабрудненої (незалежно від опромінення)	Забрудненої в промислових районах, які в розрахункову годину	
		опромінюються сонцем	перепахотують в тіні
Одинарне	1	0,75	1,75
Подвійне	0,9	0,68	1,58

2) виділення тепла від штучного освітлення;

Загально прийнято, що частина енергії, яка витрачається на освітлення, переходить в теплоту, що нагріває повітря приміщення. Виділення теплоти від освітлення, ккал/год:

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot n \cdot N_{\text{осв}}, \text{ ккал/год} \quad (6.4)$$

де n – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову; для люмінісцентних ламп $n = 0,5$;

$N_{\text{осв}}$ – сумарна потужність джерел освітлення, кВт.

При розрахунках слід пам'ятати правила переведення енергетичних одиниць: 1 кВт=860 ккал/год; 1 ккал/год=1,163 Вт; 1 Вт=Дж/с.

3) виділення теплоти людьми;

Виділення теплоти та вологи людьми залежить від кількості енергії, яку вони витрачають при роботі, та температури повітря в приміщенні. В табл. 6.4 наведено середні дані для чоловіків. Жінки виділяють в середньому 85 %, а діти – 75 % від тепла, яке виділяють чоловіки.

Таблиця 6.4 – Кількість теплоти, яка виділяється дорослими людьми (чоловіками)

Кількість теплоти, ккал/год, яка виділяється однією людиною при температурі повітря в приміщенні, °С						
°С	10	15	20	25	30	35
ккал/год	130	105	85	55	35	5

4) розрахунок загальної кількості теплоти в приміщенні;

Загальна кількість теплоти в розрахункову годину, яку необхідно відвести за допомогою кондиціонування, визначається сумою теплоти джерел. Тепло надходження і визначається за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{с.пр.}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}}, \text{ ккал/год} \quad (6.5)$$

5) вибір кондиціонера та розрахунок часу охолодження приміщення шляхом кондиціонування

Вибір кондиціонера здійснюється в першу чергу за його розрахунковою потужністю та розмірами приміщення. Рекомендований діапазон потужності кондиціонера має максимально наближатися до розрахованого значення загальних теплонадходжень в приміщення (за можливості прагнуть до виконання співвідношення $Q_{\text{конд}} = (-5...+15) \% Q_{\text{заг}}$). Якщо приміщення має великі розміри, а загальна кількість теплоти перевищує можливості існуючих кондиціонерів, то встановлюють декілька кондиціонерів.

Розрахунок часу, необхідного для охолодження приміщення до заданої температури, здійснюється за наступною залежністю:

$$\tau = C \cdot \gamma \cdot V \cdot (t_{\text{вид}} - t_{\text{норм}}) / 3600 \cdot 1,163 \cdot Q_{\text{конд}}, \text{ год} \quad (6.6)$$

де C – масова теплоємність припливного повітря (дорівнює 1000 Дж/(кг·°С);

γ – густина припливного повітря (дорівнює 1,2 кг/м³);

V – об'єм приміщення, м³;

$t_{\text{вид}}$ – температура повітря, що видаляється з приміщення, °С;

$t_{\text{норм}}$ – нормована (оптимальна) температура в приміщенні, яку необхідно досягти шляхом кондиціонування (прийняти рівною 22°С).

З урахуванням розрахованих показників обирається найбільш оптимальний тип кондиціонера[51].

з) освітлення поділяється на природне та штучне. Природне освітлення передбачене однобічне чи двобічне, яке повинно забезпечувати нормоване значення коефіцієнта природного освітлення для певного приміщення. Для зручності передбачені віконні блоки з внутрішнім відкриттям стулок, регульовальні пристрої для відчинення, жалюзі, штори, ролети тощо.

Штучне освітлення робочих приміщень доцільно здійснювати люмінесцентними лампами денного світла. Мінімальна освітленість від одного загального освітлення в горизонтальній площині на висоті 0,8 м від підлоги в лабораторному приміщенні повинна бути не нижче 150 лк при застосуванні ламп розжарювання і 300 лк при застосуванні люмінесцентних ламп.

Крім того, на виробництві застосовують загальне та комбіноване (загальне поєднано з місцевим) освітлення.

Вибір системи освітлення залежить від зорових робіт і визначається за Державними будівельними нормами України (ДБН В.2.5–28–2006 «Природне і штучне освітлення»). При цьому враховується вимога, що при виконанні в приміщеннях робіт I–III, IVa, IVб, IVв, Va розрядів слід застосовувати систему комбінованого освітлення. Використання системи загального освітлення передбачено при технічній неможливості або недоцільності влаштування місцевого освітлення при узгодженні з органами державного санітарного нагляду.

При комбінованому освітленні доля загального повинна складати не менше 10 %. Але використання на виробництві тільки місцевого освітлення заборонено.

У лабораторних та адміністративно-громадських приміщеннях, де переважають роботи з документами, система комбінованого освітлення застосовується обов'язково для досягнення норми 300 лк (додатково до загального освітлення встановлюються світильники місцевого освітлення).

Місцеве освітлення кожного робочого місця здійснюється переносними світильниками, що живляться від штепсельних розеток. Світильники повинні бути улаштовані так, щоб працівник міг змінювати напрям світлового потоку. Застосування тільки світильників місцевого освітлення забороняється (їх необхідно вмикати тільки разом із загальним освітленням).

Підтримка запроектованого освітлення у чистому вигляді забезпечується очищенням (миттям) віконних блоків і світильників не менше 2 разів на рік за графіком, який встановлено на підприємстві.

6.4 Заходи з пожежної безпеки

і) для забезпечення пожежної безпеки необхідно дотримуватись правил безпеки та вимог, які зазначенні у ДБН В.1.2-7-2008 «Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека» та ДБН В.1.1.7–2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»

Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Для адміністративних приміщень рекомендується використовувати сповіщувачі пожежі, в залежності від факторів, що супроводжують пожежу – теплові, димові, світлові. Крім того використовуються дещо інші види первинних засобів пожежогасіння, ніж у випадку виробничих приміщень. Найшвидшим та найнадійнішим засобом сповіщення про виникнення пожежі вважаються установки електричної пожежної сигналізації (ЕПС).

Залежно від схеми з'єднання розрізняють променеві (радіальні) та кільцеві установки ЕПС. В установках ЕПС можуть обладнуватися адресовані та неадресовані пожежні сповіщувачі.

Неадресованим вважається автоматичний сповіщувач, який реагує на

фактори, що супроводжують пожежу в місці його встановлення, та формує сигнал про виникнення пожежі в приміщенні, що захищається без зазначення свого номера (адреси).

Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпеки у приміщенні, що захищається та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси).

Розрізняють сповіщувачі ручної та автоматичної дії. Ручні пожежні сповіщувачі приводяться в дію натисканням на кнопку. Вони, як правило, використовуються для подачі сигналу про пожежу з території підприємства. У середині будівлі вони можуть застосуватися як додатковий технічний засіб автоматичної пожежної сигналізації. У технічно обґрунтованих випадках допускається встановлювати їх як основний засіб, що сигналізує про пожежу. Ручні пожежні сповіщувачі обладнують на стінах і конструкціях на висоті 1,5 м від підлоги (землі) у легкодоступних місцях.

Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я. Вони підрозділяються на:

- теплові автоматичні пожежні сповіщувачі ДТЛ, ІТМ, ПОСТ–1;2, МДП–028, ІП 105–2/1;
- димові автоматичні пожежні сповіщувачі ІДФ–М, ДП–1, ІДП–2;
- світлові автоматичні пожежні сповіщувачі СІ–1, ДПД, АП.

Все ширшого застосування набувають комбіновані сповіщувачі (КІ), які контролюють відразу кілька показників, наприклад, температуру та дим, а також ультразвукові сповіщувачі (ДУЗ–4), які реагують на зміну характеристик ультразвукового поля в приміщенні, що захищається. Завдяки високій чутливості ультразвукові сповіщувачі (датчики) можуть поєднувати пожежні та охоронні функції.

Вид автоматичного пожежного сповіщувача вибирають з урахуванням призначення приміщень, що захищаються, пожежної характеристики матеріалів, які в них розташовуються, первинних ознак пожежі та умов експлуатації.

Для ліквідації загорянь адміністративні, побутові і громадські приміщення

та споруди на кожному поверсі повинні мати не менше двох переносних (порошкових, водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше. Крім того, слід передбачати по одному вуглекислотному вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше:

- на 20 м² площі підлоги в таких приміщеннях: офісні приміщення з ПЕОМ, комори, електрощитові, вентиляційні камери та інші технічні приміщення;
- на 50 м² площі підлоги приміщень архівів, машзалів, бібліотек, музеїв.

У місцях зосередження коштовної апаратури й устаткування за висновками інспекції з пожежної охорони кількість засобів пожежогасіння може бути збільшена.

Крім зазначених первинних засобів пожежогасіння в адміністративних приміщеннях можуть застосовуватися спринклерні та дренчерні установки, модульні установки, у яких використовуються вогнегасні порошки (САМ 3 та інші), а також стаціонарні блоки вуглекислотного пожежогасіння (ПО–73) [52].

6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

і) порядок проведення рятувальних та інших невідкладних робіт при аваріях на АЕС.

Незважаючи на велику кількість заходів, які здійснюються для забезпечення надійного функціонування промислових об'єктів, неможливо повністю виключити ризик виникнення аварійних ситуацій техногенного характеру. У статті 8 Закону України «Про Цивільну оборону України» наголошено, що «Керівництво підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального і колективного захисту, організовує здійснення евакуаційних заходів, створює сили для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та забезпечує їх готовність до практичних дій, виконує інші заходи з ЦО і несе пов'язані з цим матеріальні та

фінансові витрати».

Сутність рятувальних та інших невідкладних робіт (РІНР)— це усунення безпосередньої загрози життю та здоров'ю людей, відновлення життєзабезпечення населення, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Рятувальні та інші невідкладні роботи включають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт. РІНР поділяють на рятувальні роботи і невідкладні роботи.

До рятувальних робіт відносяться:

- розвідка маршруту руху сил, визначення обсягу та ступеня руйнувань, розмірів зон зараження, швидкості і напрямку розповсюдження зараженої хмари чи пожежі;
- локалізація та гасіння пожеж на маршруті руху сил та ділянках робіт;
- визначення об'єктів і населених пунктів, яким безпосередньо загрожує небезпека;
- визначення потрібного угруповання сил і засобів запобігання і локалізації небезпеки;
- пошук уражених та звільнення їх з-під завалів, пошкоджених та палаючих будинків, із загазованих та задимлених приміщень;
- розкриття завалених захисних споруд та рятування з них людей;
- надання потерпілим першої допомоги та евакуація їх (при необхідності) у лікувальні заклади;
- вивіз або вивід населення із небезпечних місць у безпечні райони;
- організація комендантської служби, охорона матеріальних цінностей і громадського порядку;
- відновлення життєздатності населених пунктів і об'єктів;
- пошук, розпізнавання і поховання загиблих;
- санітарна обробка уражених;
- знезараження одягу, взуття, засобів індивідуального захисту, територій, споруд, а також техніки;

– соціально-психологічна реабілітація населення.

До невідкладних робіт відносяться:

- прокладання колонних шляхів та улаштування проїздів (проходів) у завалах та на зараженій території;
- локалізація аварій на водопровідних, енергетичних, газових і технологічних мережах;
- ремонт та тимчасове відновлення роботи комунально-енергетичних систем і мереж зв'язку для забезпечення рятувальних робіт;
- зміцнення або руйнування конструкцій, які загрожують обвалом і безпечному веденню робіт;

Відновлювальні роботи ЦО не виконує, їх здійснюють спеціально створені підрозділи (бригади). Залежно від рівня надзвичайної ситуації (загальнодержавного, регіонального, місцевого чи об'єктового) для проведення РІНР залучаються сили і засоби ЦО центрального, регіонального або об'єктового підпорядкування.

При радіаційних аваріях викинуті із реактора радіонукліди піднімаються в атмосферу і переносяться у вигляді аерозолей на значну відстань. Потім вони випадають разом з пилом і дощем на місцевість, утворюючи обширні зони радіоактивного забруднення, які є небезпечними для людей і навколишнього середовища. Ступінь радіаційної небезпеки для населення визначається кількістю і складом радіонуклідів, викинутих у зовнішнє середовище, відстанню від місця аварії до населеного пункту, метеоумов і пори року в час аварії. Організація і проведення РІНР при аварії на АЕС полягає у виконанні заходів, до яких відносяться:

- оповіщення населення про аварію і постійне його інформування про наявну обстановку та порядок дій в даних умовах;
- використання засобів колективного та індивідуального захисту;
- організація дозиметричного контролю;
- проведення йодної профілактики населення, що опинилося в зоні радіоактивного зараження;

– введення обмеженого перебування населення на відкритій місцевості (режими радіаційного захисту);

– здійснення евакуації населення (за розпорядженням Уряду) та інші заходи.

Після евакуації населення приступають до дезактивації території і техніки [53].

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз літературних джерел показав актуальність дослідження механічних та службових властивостей зварних з'єднань спечених титанових сплавів.

В даній роботі розглянуто зварювання тертям пруткових заготовок із спеченого титанового сплаву. Досліджено розподіл хімічних елементів, виявлена відсутність газонасичення зварного з'єднання. Досліджено мікроструктурні складові зварного шва, зони термомеханічного впливу і основного металу. Механічними випробуваннями на розрив встановлено, що міцність зварного з'єднання спечених порошкових заготовок не поступається міцності литого титану. В результаті фрактографічного аналізу характеру руйнування визначили, що пори не являються ініціаторами зародження тріщин. Їх негативний вплив полягає в ослабленні площі поперечного перерізу зразка. Методами порошкової металургії і зварювання тертям були отримані довгомірні напівфабрикати Ø 40 мм, довжиною 700 мм.

Розрахований економічний ефект від застосування методів порошкової металургії і зварювання при виготовленні шарового крану. Проведено аналіз потенційних небезпек при дослідженні процесу, що відбувається при зварюванні методом тертя. Надані основні заходи з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Капустян А. Е. Влияние режимов прессования и спекания на пористость спеченных титановых изделий [Текст] / А. Е. Капустян, А. В. Овчинников, В. В. Павлов, К. С. Шульга, В. Г. Шевченко // Обработка материалов давлением. – 2015. – № 2(41). – с. 221–225.

2. Раковский, В.С. Спеченные материалы в технике [Текст] / В.С. Раковский. – М.: Металлургия, 1978. –232 с.

3. Раковский, В.С. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов и тугоплавких металлов [Текст] / В.С. Раковский, А.Ф. Силаев, В.И. Ходкин, О.Х. Фаткуллин. – М.: Металлургия, 1974. – 184 с.

4. Никитина, Е. В. Механизм образования пористости в зоне термического влияния при сварке плавлением гранулированного материала [Текст] / Е. В. Никитина // Сварочное производство. – 2006. – № 1. – с. 12-17.

5. Глазунов, С.Г. Порошковая металлургия титановых сплавов [Текст] / С.Г. Глазунов, К.М. Борзцовская. – М.: Металлургия, 1989. – 135 с.

6. Галецкий, Л. С. Роль минерально-ресурсной базы титана Украины в мире [Текст] / Л. С. Галецкий, Е. А. Ремезова // Ti-2011 в СНГ : сб. тр. Междунар. конф., Львов, 25-28 апр. 2011 г. – К., 2011. – с. 22-27.

7. Галецкий, Л. С. Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы титана Украины [Текст] / Л. С. Галецкий, Е. А. Ремезова, Э. Ш. Когон, Н. Н. Черниенко // Ti-2007 в СНГ: сб. тр. Междунар. конф., Ялта, 15-18 апр. 2007 г. – К, 2007. – с. 34-38.

8. Собко-Нестерук, О. Е. Использование полых слитков из сплава VT1-0, Полученных методом ЭЛП, для изготовления горячепрессованных труб [Текст] / О. Е. Собко-Нестерук, Н. Г. Третьяк, Н. В. Чайка, В. Н. Васюра, Ю. В. Непорожний, В. С. Вахрушева, М. И. Медведев, Т. Н. Буряк // Ti-2011 в СНГ: сб. тр. Междунар. конф., Львов, 25-28 апр. 2011 г. – К., 2011. – с. 57-62.

9. Ивасишин, О. М. Апробация порошков гидрированного титана производства КП «ЗТМК» в технологических процессах порошковой металлургии [Текст] / О. М. Ивасишин, Д. Г. Саввакин, М. В. Матвийчук, В. В. Тэлин, Л. Я. Шварцман, С. И. Давыдов, Ю. Л. Ставицкий // Тi-2007 в СНГ: сб. тр. Междунар. конф., Ялта, 15-18 апр. 2007 г. – К, 2007. – с. 73-77.

10. Анциферов В. Н. Применение некоторых критериев разрушения при разработке технологии диффузионной сварки спеченого титана [Текст] / В. Н. Анциферов, Р. А. Мусин, В. С. Онищак, В. Н. Шубин, Н. Ф. Казаков // Автоматическая сварка. – 1976. – № 12 (285). – с. 29–31.

11. Скворцова, С. В. Деформируемость титановых сплавов при нормальной и повышенных температурах [Текст] / С. В. Скворцова, Д. А. Дзунович, А. В. Шалин, Д. В. Потамошнев, А. Е. Мамонтова // Тi-2011 в СНГ: сб. тр. Междунар. конф., Львов, 25-28 апр. 2011 г. – К., 2011. – с. 361-363.

12. Тэлин, В. В. Разработка новых экономичных процессов и оборудования на КП «ЗТМК» в технологических процессах порошковой металлургии [Текст] / В. В. Тэлин, С. М. Теслевич, Л. Я. Шварцман // Тi-2007 в СНГ: сб. тр. Междунар. конф., Ялта, 15-18 апр. 2007 г. – К, 2007. – с. 60-64.

13. Гуревич, С.М. Сварка высокопрочных титановых сплавов [Текст] / С.М. Гуревич, Ф.Р. Куликов, В.Н. Замков, Ю.Г. Кириллов, Н.А. Кушниренко. – М.: Машиностроение, 1975. – 150 с.

14. Третьяков, Ф.Е. Сварка плавлением титана и его сплавов [Текст] / Ф.Е. Третьяков. – М.: Машиностроение, 1967. – 143 с.

15. Поплавко, М.В. Сварка титана [Текст] / М.В. Поплавко, Н.Н. Мануйлов, Л.А. Груздева. – Москва, 1958. – 38 с.

16. Шеленков, Г.М. Изготовление и эксплуатация оборудования из титана [Текст] / Г.М. Шеленков, В.Е. Блащук, Р.К. Мелехов и др.. – К.: Техніка, 1984. – 120 с.

17. Савич В.В. Пористые материалы из порошков титана: прошлое, настоящее и будущее [Текст] / В.В. Савич // Порошковая металлургия. – 2013. – №11/12. – с. 27–41.

18. Гуревич, С.М. Металлургия и технология сварки титана и его сплавов [Текст] / С.М. Гуревич, В.Н. Замков, Я.Ю. Компан, Н.А. Кушниренко, Г.К. Харченко, В.П. Прилуцкий. – К.: Наук. думка, 1979. – 300 с.

19. Бородулин, Г.М. Нержавеющая сталь [Текст] / Г.М. Бородулин, Е.И. Мошкевич. – М.: Металлургия, 1973. – 319 с.

20. Туфанов, Д.Г. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей, сплавов и чистых металлов: Справочник [Текст] / Д.Г. Туфанов. – М.: Металлургия, 1982. – 352 с.

21. Глазунов, С.Г. Порошковая металлургия титановых сплавов [Текст] / С.Г. Глазунов, К.М. Борзцовская. – М.: Металлургия, 1989. – 135 с.

22. Либерсон, Г.А. Производство порошковых изделий: Учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Г.А. Либерсон. – М.: Металлургия, 1990. – 210 с.

23. Мажарова, Г.Е. Производство изделий из порошков цветных металлов [Текст] / Г.Е. Мажарова, Г.А. Баглюк, А.В. Довыденко. – К.: Тэхника, 1989. – 120 с.

24. Горячева, З.В. Спеченные материалы, их свойства и применение [Текст] / З.В. Горячева. – М.: Металлургия, 1979. – 72 с.

25. Дорофеев, Ю.Г. Конструкционные порошковые материалы и изделия [Текст] / Ю.Г. Дорофеев, Л.Г. Мариненко, В.И. Устименко. – М.: Металлургия, 1986. – 144 с.

26. Айзенкольб, Ф. Успехи порошковой металлургии [Текст] / Ф. Айзенкольб. – М.: Металлургия, 1969. – 539 с.

27. Анциферов, В.Н. Спеченные сплавы на основе титана [Текст] / В.Н. Анциферов, В.С. Устинов, Ю.Г. Олесов. – М.: Металлургия, 1984. – 168 с

28. Гессингер, Г.Х. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов [Текст] / Г.Х. Гессингер. – Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение, 1988. – 250 с.

29. Гуревич, С.М. Справочник по сварке цветных металлов [Текст] / С.М. Гуревич: Отв. ред. Замков В.Н. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев.: Наук. думка, 1990. – 512 с.

30. Овчинников, В.В. Технологические особенности сварки фильтрующих элементов патронного типа из пористых металлических материалов [Текст] / В.В. Овчинников, А.А. Антонов, М.А. Гуреева, В.С. Магнитов // Сварочное производство. – 2002. – №5. – с. 42-45.

31. Моисеев, В.Н. Сварные соединения титановых сплавов [Текст] / В.Н. Моисеев, Ф.Р. Куликов, Ю.Г. Кириллов, Л.В. Шолохова, Ю.В. Васькин. – М.: Металлургия, 1979. – 248 с.

32. Псарас, Г.Г. Сварщику цветных металлов: Справ. пособие [Текст] / Г.Г. Псарас, А.И. Ежель. – Донецк: Донбасс, 1985. – 174 с.

33. Сливинский, В.А. Электроннолучевая сварка элементов ребристых панелей из титанового сплава ВТ20 [Текст] / В.А. Сливинский, А.Д. Шевелев, В.Н. Замков, В.В. Редчиц // Автоматическая сварка. – 1988. – №5. – с. 55–57.

34. Блащук, В.Е. Плазменная сварка титановых сплавов [Текст] / В.Е. Блащук, Л.М. Оноприенко, Г.М. Шеленков, В.Э. Трояновский, Д.О. Пивоваров // Автоматическая сварка. – 1993. – №3 (480). – с. 31–33.

35. Шоршоров, М.Х. Сварка титана и его сплавов [Текст] / М.Х. Шоршоров, Г.В. Назаров. – М.: Машгиз, 1959. – 133 с.

36. Назимов, О.П. Диффузионная сварка промышленных титановых сплавов [Текст] / О.П. Назимов, Ю.В. Горшков, Н.Г. Белых, А.А. Ильин // Автоматическая сварка. – 1979. – №9 (318). – с.47–51.

37. Несмих, В.С. Диффузионная сварка титана с керамикой через алюминиевую прокладку [Текст] / В.С. Несмих, Ю.Б. Малевский,

Т.Н. Кушнарева, В.М. Уродков, В.И. Перегуд // Автоматическая сварка. – 1980. – №1. – с.69–72.

38. Исследование структуры и свойств диффузионных соединений спеченного титана BT3–1 [Текст]: сб. науч. тр. / Пермский политехнический институт. – Пермь, 1979. – 75 с.

39. Гуреева, М.А. Исследование особенностей формирования качественных сварных соединений фильтрующих пористых материалов, выполненных электронно-лучевой сваркой [Текст]: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 23.05.2005 / М.А. Гуреева; [Московский государственный индустриальный университет] – М., 2005. – 22 с.

40. Лебедев, В.К. Сварка трением [Текст]: справочник / В.К. Лебедев, И.А. Черненко, Р. Михальски и др.; под общ. ред. В.К. Лебедева, И.А. Черненко, В.И. Вилля. – Л.: Машиностроение, 1987. – 236 с.

41. Vydehi Arun Joshi. Titanium alloys: an atlas of structures and fracture features / Vydehi Arun Joshi. – London: New York: Taylor & Francis Group, 2006. – 227 p.

42. Большаков, М.В. Структура и свойства титанового сплава OT4, выполненных сваркой трением [Текст] / М.В. Большаков, А.И. Черницын // Сварочное производство. – 1974. – №7 (452). – с. 40-42

43. Сварочное оборудование: каталог-справочник [Текст] / под общ. редакцией А.И. Чвертко. – К.: Наукова думка, 1985. – ч. 7. – 146 с.

44. Сварочное оборудование: каталог-справочник [Текст] / под общ. редакцией А.И. Чвертко. – К.: Наукова думка, 1981. – ч. 6. – 155 с.

45. Гитлевич, А.Д. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах [Текст] / А.Д. Гитлевич, Л.А. Животинский, Д.Ф. Жмакин. – М.: Машгиз, 1962. – 172 с.

46. Методичні вказівки до економічного обґрунтування дипломного проекту для студентів спеціальності 8.092301 «Технологія та устаткування зварювання», 8.092303 «Технологія та устаткування відновлення та підвищення зносостійкості

машин і конструкцій» [Текст] / Укл.: Е.О. Леженко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2005. – 24 с.

47. ГОСТ 12.0.005-84.ССБТ Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения [Текст]. – введ. 1985-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.

48. Інструкція з охорони праці при холодній обробці металів на металообробних верстатах (токарному, фрезерному, свердлильному) [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

http://instruktor.ucoz.net/publ/instrukcija_z_okhoroni_praci_pri_kholodnij_obrobci_metaliv_na_metalooobrobnikhnikh_verstatakh_tokarnomu_frezernomu_sverdliilnomu/1-1-0-362 (01.10.2017)

49. Наказ МНС України № 1192 від 11.09.2012: Про затвердження Правил охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях [Текст]. – зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 вересня 2012 р. за № 1648/21960. – Київ, 2012. – 28 с.

50. Наказ МНС України № 1425 від 14.12.2012: Про затвердження Правил охорони праці під час зварювання металів [Текст]. – зареєстровано в Міністерстві юстиції України 4 січня 2013 р. за № 63/22595. – Київ, 2012. – 48 с.

51. Методичні вказівки до практичної роботи «Визначення повітрообміну у виробничих та адміністративних приміщеннях» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів всіх форм навчання [Текст] / Укл.: О.Л. Скуйбіда – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 18 с.

52. Депутат, О.П. Цивільна оборона [Текст]: навчальний посібник / І.В. Коваленко, І.С. Мужик; за редакцією В.С. Франчука. – Львів: Афіша, 2000 р. – 336 с.

Дубл.	
Взам.	
Подл.	

Разраб.	Акригова	
Провер.	Котус МЯИ	
Н. контр.	Нетребко	
	Листов 3	Лист 1

ГКНЮ 015417.000	
ДП	

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
 ЗАПОРОЖСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

на технологичний процес зварювання тертям корпусу шарового крану

Нормоконтроль доц. В.В. Нетребко

Дата

Внедрен в производство

Акт № _____ Дата _____

Зав. кафедрой ОТСП, проф. О.В. Овчинников

Дата 8.12.17

Комплект документов

соответствует

ТД

