

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Фізико-технічний, інженерно-фізичний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Розробка електрошлакової технології
отримання (виготовлення) деталей з відходів
титану ВТ1-0 з проектуванням ділянки

Виконав: студент VI курсу, групи ІФ-314м

Спеціальності 131 Прикладна механіка,

Освітня програма (спеціалізація)

Технологія та устаткування
зварюванням

Білончик Ф. І

(прізвище та ініціали)

Керівник Обзінников О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Клімов О.В.

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Фізико-технічний, інженерно-фізичний
Кафедра Обладнання та технології зварювального виробництва
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 131. Прикладна механіка
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Технологія та устаткування зварюванням
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТЗВ
проф. Овчинников О.В.
« 16 » 11 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Білоника Дмитро Ігоровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка електрошлакової технології отримання (виготовлення) деталей з відходів титану VT1-0 з проектуванням дільниці
керівник проекту (роботи) Овчинников Олександр Володимирович, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 29 » листопада 2019 року № 425

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталей, технічні умови до матеріалу деталей, виробнича програма

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Стан питання, матеріал дослідження, використане обладнання, методики, розробка електрошлакової технології виготовлення деталей з відходів титану VT1-0

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

1. Відходи титану. 2. Витратний електрод. 3. Розподіл температури в електроді. 4. Ковзаючий струмопідвід. 5. Дослідження умов кристалізації. 6. Кристалізатор. 7. Установка А-550. 8. Структура та властивості титану VT1-0. 9. Технологічні властивості титану VT1-0. 10. Деталі з електрошлакових відливок. 11. План дільниці. 12. Показники ефективності.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4	Овчинников О.В. проф.		
5	Круглікова В.В. доц.		
6	Нестеров А.В. доц.		

7. Дата видачі завдання « 01 » жовтня 2019 року.

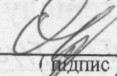
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розділ перший	01.10 - 10.10 2019	
2	Розділ другий	11.10 - 18.10 2019	
3	Розділ третій	21.10 - 31.10 2019	
4	Розділ четвертий	01.11 - 08.11 2019	
5	Розділ п'ятий	12.11 - 22.11 2019	
6	Розділ шостий, сьомий	26.11 - 13.12 2019	
7	Креслення 1-5	07.10 - 31.10 2019	
8	Креслення 6-12	04.11 - 10.12 2019	

Студент(ка)


 (підпис)
БІЛОНИК Д.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


 (підпис)
ОВЧИННИКОВ О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 103 с., 29 табл., 23 рис., 2 дод., 15 джерел.

МАКРО- І МІКРОСТРУКТУРА, ОБРОБЛЮВАНІСТЬ, ВИЛИВОК, ВИТРАТНИЙ ЕЛЕКТРОД, ЗВАРЮВАНІСТЬ, ТИТАНОВИЙ СПЛАВ, ЕЛЕКТРОШЛАКОВА ВИПЛАВКА

Об'єктом дослідження є процес електрошлакової виплавки заготовок деталей діаметром 50 мм з листових відходів сплаву BT1-0, а також якість металу отриманих виливків.

Мета роботи – дослідити принципову можливість і розробити технологію електрошлакової виплавки у відкритому кристалізаторі з використанням стандартного флюсу виливків діаметром від 50 мм до 80 мм з відходів листового титанового сплаву BT1-0. Визначити основні показники якості електрошлакової виплавки титанового сплаву BT1-0: хімічні, механічні, корозійну стійкість і технологічні властивості. Спроектувати ділянку і визначити її основні техніко-економічні показники. Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ABSTRACT

Explanatory note: 103 p., 29 tabl., 23 fig., 2 app., 15 sources.

MACRO- AND MICROSTRUCTURE, MACHINABILITY, CASTING,
CONSUMABLE ELECTRODE, WELDABILITY, TITANIUM ALLOY,
ELECTRO-SLAG SMELTING

A research object is a process of the electro-slag smelting of purveyances of details by a diameter a 50 mm from sheet wastes of alloy of BT1-0, and also quality of metal of the got casting.

Aim of work - to investigate fundamental possibility and work out technology of the electro-slag smelting in open mold with the use of standard gumboil of casting by a diameter a 50 mm - 80 mm from wastes of sheet titanium alloy BT1-0. To define the basic indexes of quality of the electro-slag casting of titanium alloy BT1-0: chemical, mechanical, inoxidizability and technological properties. To project an area and define his basic techno-economic indexes. To work out events on a labour and safety protection in emergencies.

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначок, одиниць і термінів	9
Вступ.....	10
1 Стан питання	11
1.1 Застосування титану в промисловості.....	11
1.2 Аналіз відходів титану BT1-0	13
1.3 Методи переплаву титанових сплавів	16
1.3.1 Вакуумно-дуговий переплав (ВДП)	16
1.3.2 Електрошлаковий переплав (ЕШП).....	18
2 Матеріал дослідження; обладнання, яке використовується; методики	27
2.1 Властивості титану BT1-0.....	27
2.2 Обладнання для виготовлення витратних електродів	28
2.3 Електрошлакове обладнання та допоміжне оснащення. Проведення плавок.....	31
2.4 Методика виміру температури витратного електрода	34
2.5 Методика дослідження умов кристалізації електрошлакових виливків титану BT1-0	35
2.6 Методики дослідження якості електрошлакових виливків	37
2.6.1 Хімічний склад	37
2.6.2 Макро- і мікроструктура	38
2.6.3 Механічні властивості	38
2.6.4 Корозійна стійкість.....	38
2.6.5 Технологічні властивості	39
3 Розробка електрошлакової технології виготовлення деталей з відходів титану BT1-0.....	41
3.1 Технологія виготовлення витратних електродів	41
3.1.1 Критерії зварюваності титанового сплаву BT1-0	41
3.1.2 Технологія зварювання титанових смуг у витратні електроди.....	41

3.2	Вимірювання температури витратного електрода під час плавки	46
3.3	Дослідження умов кристалізації електрошлакових виливків	47
3.4	Виплавка електрошлакових виливків титану BT1-0, визначення раціональних параметрів режиму	49
4	Дослідження якості електрошлакових виливків титану BT1-0	56
4.1	Хімічний склад	56
4.2	Макро- і мікроструктура	57
4.3	Механічні властивості	59
4.4	Корозійні властивості	59
4.5	Технологічні властивості	61
4.5.1	Оброблюваність різанням	61
4.5.2	Зварюваність	62
5	Техніко-економічні показники дільниці	66
5.1	Організація виробництва виробу	66
5.2	Нормування операцій технологічного процесу	66
5.3	Річна виробнича програма	67
5.4	Розрахунок кількості устаткування виробничої площі дільниці	67
5.5	Розрахунок чисельності персоналу	69
5.6	Планування витрат на виробництво	71
5.7	Собівартість виробу	75
5.8	Економічне обґрунтування пропозицій розробки	78
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	83
6.1	Аналіз потенційних небезпеки	83
6.2	Заходи щодо забезпечення техніки безпеки	84
6.3	Заходи щодо забезпечення промислової санітарії та гігієни праці	89
6.4	Заходи по забезпеченню безпеки в умовах надзвичайних ситуацій	90
6.4.1	Заходи з пожежної безпеки	90
6.4.2	Порядок дій персоналу в умовах НС	91
	Висновки	93
	Перелік джерел посилання	94

Додаток А Маршрутна карта	97
Додаток Б Комплект специфікацій.....	101

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

σ_v – тимчасовий опір;

σ_T – межа текучості;

δ – відносне подовження;

KCV – ударна в'язкість;

φ – відносне звуження;

% - процент;

A – ампер;

B – вольт;

BT – ватт;

мм – міліметр;

м – метр;

с – секунда;

$\sim$ – змінний струм;

= – постійний струм;

ЕШП – електрошлаковий переплав;

ВДП – вакуумно-дуговий переплав;

МОР – мастильна охолоджувана рідина.

ВСТУП

Розвиток сучасного машинобудування, кольорової та чорної металургії передбачає широке використання конструкційних матеріалів з титанових сплавів. Виникають все нові сфери застосування титану, в яких він дає суттєвий економічний ефект у порівнянні з іншими матеріалами. У зв'язку з цим, виникає дві проблеми – збільшення випуску титанових сплавів і регенерація відходів титану, що утворюються в результаті металообробки заготовок, особливо при виготовленні конструкцій з листового титану. З огляду на те, що відходи титанових сплавів у вигляді листового обрізу в більшості випадків мають хімічний склад, який повністю відповідає відповідним ДСТУ, а також незначну їх забрудненість, то є досить доцільним розробити технології, що дозволяють повертати відходи титану в основне виробництво у вигляді заготовок деталей. При цьому, зростаючий дефіцит в титанових сплавах може бути істотно скорочений.

В даній магістерській дисертації досліджували можливість застосування електрошлакової технології для отримання виливків діаметром від 50 мм до 80 мм з відходів титану ВТ1-0 у вигляді обрізків листового прокату товщиною від 5 мм до 15 мм.

1 СТАН ПИТАННЯ

1.1 Застосування титану в промисловості

Титанові сплави знайшли широке застосування в різних галузях промисловості. Найбільшими споживачами титанових сплавів, як конструкційного матеріалу, і зокрема титану BT1-0, є підприємства кольорової і чорної металургії, хімічної і целюлозно-паперової промисловості, медицини [1] – [2].

Титан в кольоровій металургії – це перш за все підвищення продуктивності праці, підвищення якості продукції, поліпшення умов праці. Він знаходить промислове застосування у вигляді прокату, з якого виготовляють досить великі за габаритними розмірами і відповідальне за призначенням обладнання. Високоєфективне застосування титану у вигляді литих виробів. Наприклад, промислова експлуатація титанових насосів в заміні чавунних або виконаних з кислотостійких сталей на перекачуванні розчинів хлоридних солей калію, натрію і магнію зі слабкою соляною кислотою дозволила збільшити термін служби в 15-20 разів. Найбільшого поширення титанове обладнання знайшло на підприємствах нікель-кобальтової, титано-магнієвої промисловості, у виробництві рідкісних металів, міді, свинцю, цинку, алюмінію, дорогоцінних металів [3].

Нікель-кобальтова промисловість безперервно впроваджує титан в нові об'єкти. Це – футеровка титаном електролізних ванн отримання нікелю, вентиляційні та скрубберні пристрої, електрофільтри, механізовані фільтри для сухого вивантаження спека.

У титано-магнієвій промисловості за повідомленням фірми «Титаниум металлз» (США) титановий агрегат для вилуговування хлористого магнію замінює чотирнадцять старих апаратів і дає економію 370 тис. доларів США на рік. Висока корозійна стійкість в царській горілці і опір підвищеним температурам при застосуванні титану дозволили розробити схему

безперервного вилуговування. Новий процес займає на 75 % менше виробничого простору, а також дозволив знизити експлуатаційні витрати на 40 %, що забезпечило економічний ефект в розмірі 800 тис. доларів США.

У виробництві рідкісних металів цирконію і його сполук технологічні середовища відрізняються досить високою агресивністю. Від впливу цих середовищ обладнання захищали кислотостійкими емаллями, органічним склом, фторопластом, поліхлорвінілом, гумуванням. Застосування титану замість зазначених матеріалів забезпечило підвищення довговічності від 10 до 25 разів і істотний економічний ефект.

При виробництві міді, дана галузь стала основним споживачем титанового обладнання. Це визначається високою корозійною стійкістю титанових сплавів в більшості середовищ електролізного і сірчано-кислого виробництва міді. Стійкість титанових насосів, які працюють в даних умовах, в 30–60 разів вище стійкості насосів з чавуну. У блоці електрофільтрів типу ШМК-168 чотири тони титану замінили шістнадцять тон свинцю, що свідчить про високу економічну доцільність застосування титану в даному виробництві.

В чорній металургії на металургійних, коксохімічних, феросплавних, сталеплавильних та інших заводах титан знаходиться поза конкуренцією з нержавіючими сталями. Застосування титанового обладнання дозволяє збільшити термін служби, інтенсифікувати існуючі та створити нові технологічні процеси. На більшості цих підприємств є травильні установки для видалення окалини з поверхні металу, які в основному виготовлялася з вуглецевих сталей з подальшою футеровкою кислототривкою цеглою, що не забезпечувало надійність і довговічність травильних ванн. Застосування титану вирішувало дану проблему [3].

У хімічній промисловості найбільше застосування знайшов сплав ВТ1-0. З серійних сплавів він в більшості випадків має кращу корозійну стійкість в умовах роботи підвищених температур.

У хімічній промисловості титан знайшов широке застосування у виробництві хлору і його похідних, у виробництві солей і добрив, а також

продуктів органічного синтезу [4].

Слід відзначити високу ефективність застосування титану в целюлозно-паперовій промисловості, в гальванотехніці, а також в харчовій промисловості і медицині [5, 6].

Таким чином, наведені дані свідчать про значну потребу в титановій продукції (коло, квадрат, лист, труби і ін.) для виготовлення обладнання. Однак, при цьому неминуче утворюються відходи, які іноді складають до 40 % від вихідного матеріалу [3]. Тому, розробка технологій, які дозволяють залучати відходи титану в виробництво кондиційних деталей машин і устаткування є важливим і актуальним завданням.

1.2 Аналіз відходів титану BT1-0

З метою впорядкування збору і сортування відходів, які утворюються на заводах, що споживають титанові сплави, розроблена класифікація відходів титанових сплавів.

З невеликими змінами принципи класифікації використані в ГОСТі 1639-71 «Лом и отходы цветных металлов и сплавов». Класифікація побудована з урахуванням фізичних ознак і якості відходів, а, отже, і шляхів їх використання в промисловості. Всі відходи розділені умовно на 4 класи:

А – лом і кускові відходи;

Б – стружка;

В – листова обріз;

Г – інші відходи.

Кожен клас паралельно поділено на групи: I – титан чистий (нелегований); II – сплави титанові, леговані компонентами, крім олова; III – сплави титану, леговані оловом.

Відповідно, кожна група поділяється на сорти 1, 2 і 3.

Клас визначає не тільки фізичні ознаки відходів, але перш за все їх якість при використанні в шихті. Сорт залежить від ступеня кондиційності відходів. Перші два сорти в кожному класі (і групі) є кондиційним і використовуються в шихті при плавці титанових сплавів. Перший сорт об'єднує неокислені відходи певного розміру, які не потрібно спеціально обробляти (за винятком знежирення). До другого сорту відносяться всі відходи, які після відповідної підготовки подрібненням (галтовка або піскообдудання, іноді травлення), можуть бути використані в шихту для плавки. У третій сорт входять всі відходи, непридатні для переплавки. Використання їх в шихті для плавки може викликати різке погіршення властивостей титанових сплавів.

Переплутані по маркам дрібні кускові відходи сплавів, обрізи та стружка є несортною. Відходи третього сорту і несортні вважаються некондиційними для використання в шихті.

Відходи першої групи можна використовувати при виплавці будь-якого титанового сплаву, відходи другої і третьої груп – як правило, для тих сплавів, від яких відповідно утворені відходи.

Ряд підприємств спеціалізуються з випуску газоочисного устаткування з листового титану ВТ1-0. Це газовідводи, скрубери, фільтри і ін. При виготовленні, в основному, застосовується стандартний листовий титан ВТ1-0 товщиною від 4 мм до 10 мм і круглий прокат діаметром від 50 мм до 100 мм.

Щорічно на підприємствах утворюється близько 18–25 т листового обрізу титану ВТ1-0 (рис. 1.1) і 5–8 т стружки (рис. 1.2). При цьому, слід зазначити, що більша частина обрізу утворюється в результаті рубки листів титану на гільйотині. В даному випадку листова обріз відноситься до кондиційних відходів і їх, згідно з прийнятою класифікацією (ГОСТ 1639-81), можна віднести до класу В першої групи і використовувати практично для виплавки будь-якого титанового сплаву.



Рисунок 1.1 – Відходи листового обрізу титану BT1-0



Рисунок 1.2 – Відходи стружки титану BT1-0

Листова обріз титану BT1-0 отримана в результаті термічного різання відрізняється наявністю альфірованого шару, який характеризується підвищеним вмістом кисню. Даний вид відходів також можна використовувати для переплавки і отримання деталей, до матеріалу яких не пред'являються

високі вимоги по вмісту кисню та азоту.

Утворені відходи стружки (див. рис. 1.2) за хімічним складом повністю відповідають вимогам ГОСТ 19807-91. Однак, стружка забруднена мастильною охолоджуючою рідиною (МОР).

Очистити стружку від МОР практично не представляється можливим. Тому, стружку доцільно використовувати в алюмотермічних процесах. Наприклад, для отримання феротитану.

1.3 Методи переплаву титанових сплавів

1.3.1 Вакуумно-дуговий переплав (ВДП)

Відомо, що висока реакційна здатність титану не дозволяє здійснювати процес плавлення його в атмосфері повітря, так як в розплавленому стані він активно взаємодіє з киснем і азотом. Спочатку, плавку титану вели в атмосфері аргону і гелію, пізніше з'явилися вакуумні печі, які є в даний час основним типом плавильного обладнання.

Розплавлений титан реагує практично з усіма відомими вогнетривими на базі оксидів кремнію, магнезії, алюмінію, берилію та інших металів. Титан при відновленні оксидів окислюється. Непридатними для індукційної плавки титану виявилися вогнетриви на базі карбідів і чистий графіт всіх марок, хоча останній застосовують в якості футеровки (або тиглів) гарнісажних печей для плавки титану.

Внаслідок цих особливостей титану, електропечі опору і індукційні тигельні печі для плавки титану не придатні. Для виробництва титанових сплавів використовують тільки вакуумні печі з високою концентрацією енергії: дугові, електронопроміневі, плазмові з мідними водоохолоджуваними кристалізаторами або графітовими тиглями (при гарнісажній плавці), а також електрошлакові установки.

Розробці технологій вакуумно-дугової плавки титану і дослідження якості литих титанових сплавів присвячено значну кількість досліджень. Дослідженнями встановлено, що для виробництва титанових злитків з титанової губки необхідно застосовувати подвійний вакуумно-дуговий переплав. При першому переплаві в якості витратного електрода використовують пресовану титанову губку. Для виробництва сплавів губка перед пресуванням змішується з легуючими добавками. Другим переплавом, як правило, злиток укрупнюється внаслідок одночасної плавки декількох злитків першого переплаву. При цьому підвищується рівномірність розподілу легуючих елементів по перетину злитка.

Дослідженнями показано [7], що вакуумно-дуговим переплавом можна отримати циліндричні злизи діаметром до 900 мм з низьким вмістом кисню, азоту та водню. Умови кристалізації при вакуумно-дуговій плавці забезпечують формування однорідної литої макроструктури. Причому, в злитках діаметром до 200 мм явище ліквідації досить незначне. Однак, зі збільшенням діаметра виливки більше 250–300 мм структура і властивості литого металу погіршуються від периферії до центру (табл. 1.1) [8].

Таблиця 1.1 – Механічні властивості злитків діаметром 600 мм

Зона злитка	ВТІ		ОТ4		ВТЗ-1	
	σ_B , МПа	α_H , МДж/м ²	σ_B , МПа	α_H , МДж/м ²	σ_B , МПа	α_H , МДж/м ²
Периферія	496	12,9	615	10,1	875	4,5
Половина радіуса	474	10,2	578	7,2	877	4,2
Центр виливки	460	10,0	540	7,0	870	4,0

До недоліків технології вакуумно-дугового переплаву сталей і, в тому числі, титанових сплавів, слід віднести необхідність в обдиранні поверхневого шару зливків. Залежно від якості поверхні, обдирання проводиться на глибину до 20–25 мм на сторону і призводить до зменшення маси чистової виливки на

15–20 %. Час, що витрачається на обдирання злитків, коливається в широких межах залежно від типу сплавів. Наприклад, злиток діаметром 750 мм масою 4 т сплаву ВТ9 або ВТЗ-1 обточується за 9–12 год, сплаву ВТ1-0 – за 4–5 год. Отже, механічне обточування злитка, викликане незадовільною якістю периферійних зон злитка – операція малопродуктивна, погано регульована, пов'язана з великими втратами металу.

Також вельми обмежені можливості процесу вакуумно-дугового переплаву в плані формоутворення виливки. Як відомо, даним методом можуть бути отримані виливки тільки круглого, квадратного або прямокутного перерізу з відношенням сторін не більше ніж 3 : 1 [9].

Висока вартість установок вакуумно-дугової переплавки, складність в обслуговуванні, великі витрати підготовчо-заключного часу, які пов'язані з герметизацією печі, отриманням високого ступеня розрядження атмосфери в плавильному просторі (залишковий вакуум $5 \cdot 10^{-4}$ мм⁻⁴ тор) істотно збільшує вартість металу вакуумно-дугової переплавки в порівнянні з металом, отриманим за іншими металургійними технологіями.

1.3.2 Електрошлаковий переплав (ЕШП)

Перші дослідження по ЕШП були проведені в ІЕЗ ім. Є.О. Патона [10, 11]. Надалі, аналогічні роботи проводилися за кордоном. Цікавість до ЕШП титану обумовлена наступним. В даний час стандартним промисловим методом виробництва злитків титану і його сплавів є подвійний ВДП. При першому переплаві в якості витратного електрода використовують пресовану титанову губку. Для виробництва сплавів губка перед пресуванням змішується з легуючими добавками.

Другим переплавом, як правило, злиток укрупнюється внаслідок одночасної плавки декількох злитків першого переплаву. При цьому

підвищується рівномірність розподілу легуючих по перетину зливків.

Уже в перших дослідках було встановлено, що поверхня злитків, яка отримується при кристалізації в жужільному гарнісажі, не вимагає будь-якої додаткової обробки. У вітчизняних і зарубіжних роботах по ЕШП титану і його сплавів досліджували можливість отримання якісних злитків титану за один переплав безпосередньо з пресованих електродів.

У таблиці 1.1 за результатами роботи представлені порівняльні характеристики механічних властивостей литого технічного титану, отриманого подвійним ВДП і одноразовим ЕШП. З цих даних випливає, що міцність і пластичні властивості при обох способах переплавки визначаються в першу чергу чистотою вихідної губки [12].

У США також випробували одноразовий ЕШП пресованого електрода. Були виконані великі дослідження для вибору складу шлаку, що забезпечує мінімальне забруднення титану, встановлення впливу якості вихідної шихти, захисної атмосфери, роду і полярності струму на чистоту переплавленого металу [13]. Найкращі результати були отримані при використанні в якості шлаку попередньо сплавленого звичайного і хімічно чистого фтористого кальцію, що підтвердило результати більш ранньої вітчизняної роботи (табл. 1.2 – 1.5).

Таблиця 1.2 – Вплив роду струму і полярності на кількість домішок в електрошлаковому титані, $\% \cdot 10^{-4}$

Струм	Al	Cu	Fe	Mg	Si	Sn	C	N	O	H	F
Постійний, пряма полярність	43	500	243	60	158	278	108	115	955	22	75
Постійний, зворотна полярність	50	50	500	50	125	250	101	96	720	26	120
Змінний	50	50	475	28	100	265	96	53	1036	25	90

Таблиця 1.3 – Залежність механічних властивостей литого титану від способу плавки і сорту губки

Марка титанової губки	Механічні властивості				
	σ_B , МПа	δ , %	φ , %	НВ, МПа	α_H , МДж/м ²
Подвійний ВДП					
ТГ00	612	11,5	25,0	217	9,20
ТГ0	686	9,2	25,9	229	7,10
ТГ0	733	9,5	19,9	269	2,55
Одноразовий ЭШП					
ТГ00	414	24,9	65,2	131,0	17,0
ТГ0	491	23,2	52,3	152,0	13,5
ТГ1	496	19,7	47,8	167,0	10,0
ТГ2	541	24,8	43,8	190,0	9,4

Таблиця 1.4 – Вміст домішок в електрошлаковому титані в залежності від чистоти CaF_2 , ($\% \cdot 10^{-4}$)

Об'єкт аналізу, умови плавки	Al	Cu	Fe	Mg	Si	Sn	C	N	O	H	F
Губка, яка очищена в вакуумі	10	15	10	154	103	154	91	47	685	47	–
Злиток ВДП	50	82	525	19	125	340	64	113	713	17	–
Злиток ЕШП (шлак CaF_2 , хімічно чистий, додавання гелію 1/3 атм, пряма полярність)	43	500	243	60	158	278	108	115	955	22	140
Теж саме CaF_2 , неочищений	63	63	325	48	250	295	89	63	811	20	50

Таблиця 1.5 – Вплив атмосфери печі на кількість домішок в електрошлаковому титані, $\% \cdot 10^{-4}$

Атмосфера	Al	Cu	Fe	Mg	Si	Sn	C	N	O	H	F
Повітря	50	937	300	45	175	210	134	1730	2244	22	105
Застійна атмосфера повітря при тиску 1/3 атм	63	63	325	48	250	295	89	63	811	20	75
Проточна атмосфера гелію	20	650	290	25	240	400	100	123	1506	27	90
Вакуум	25	10	300	300	5	250	150	35	1616	25	95

Чистота фтористого кальцію не має значного впливу, за винятком кремнію, на вміст домішок в зливку. Автори роботи вважають цілком прийнятним використання при ЕШП більш дешевого неочищеного фтористого кальцію [13].

Атмосфера переплавки впливає на зміст домішок наступним чином. Переплав на повітрі призводить до деякого насичення металу киснем і азотом. Мінімальний вміст кисню отримано в застійній атмосфері гелію, мінімальний вміст азоту – в вакуумі.

Полярність струму мало позначається на чистоті металу, за винятком кисню, мінімальний вміст якого досягнуто на струмі зворотної полярності. Мінімальний вміст азоту отримано на змінному струмі. Як і в роботах, американські дослідники приходять до висновку, що основним фактором, який визначає чистоту металу зливка ЕШП, є чистота електрода [13].

З механічних властивостей в роботі наведені лише дані по твердості злитків, яка перебувала в межах $HB = 144 \dots 179$ МПа.

Поверхня злитків ЕШП, виплавлених в оптимальних умовах, була гладенькою. Шлакова скоринка добре відокремлювалася від злитка. Аналіз мікроструктури металу показав, що кількість включень зменшується зі збільшенням чистоти вихідної губки.

Порівняльні дослідження якості деформованого титану ЕШП і подвійного ВДП описані в роботі [14]. Основні результати цих досліджень представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Середні значення механічних характеристик властивостей пластин, листів і кованих прутків з титану ЕШП і ВДП

Об'єкт аналізу	Орієнтація зразка	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	φ , %
Пруток із злитків діаметром 100 мм ВДП	поздовжня	399	261	40	65
Пруток із злитків діаметром 100 мм ЕШП	поздовжня	420	315	34	60
Пластина із злитків діаметром 100 мм ВДП	поперечна	399	288	35	68
	поперечна	402	331	33	63
Пластина із злитків діаметром 100 мм ЕШП	поздовжня	386	284	37	66
	поперечна	382	303	37	67
Лист з невеликих плоских злитків ЕШП з губки після вакуумного очищення	поздовжня	403	316	35	73
	поперечна	387	316	31	72
ЕШП з відновленої магнієм, вилуженої і висушеної губки	поздовжня	568	507	22	50
	поперечна	567	500	21	52

З цих даних випливає, що як в литому, так і в деформованому стані титану ЕШП і ВДП має досить близькі механічні властивості, які залежать в першу чергу від чистоти вихідного металу. За ударною в'язкістю при найкращому способі обробки вихідної губки – вакуумного очищення – метал ЕШП поступається металу ВДП, цей показник при інших рівних умовах у останнього в 2 – 4 рази вище.

В ІЕЗ ім. Е.О. Патона [14] були проведені також дослідження по отриманню титанових сплавів шляхом подвійного ЕШП електрода з губки, легованої порошковими добавками.

Готові злитки першого і другого переплавов мали гладку блискучу поверхню сріблястого кольору. Пор, усадочних раковин, тріщин і інших дефектів не виявлено. Результати цих дослідів, які стосуються корозійностійкого сплаву Ti + 2 % Ni, представлені в таблицях 1.7 і 1.8.

Таблиця 1.7 – Зміна вмісту легуючих елементів і домішок в сплаві Ti + 2 % Ni, який отримано методом подвійного ЕШП

Стан металу	Вміст, %					
	Ni	Fe	C	N	O	H
Злиток (1-й переплав)	1,99	0,35	0,032	0,039	0,093	0,0023
Злиток (2-й переплав)	1,89	0,39	0,020	0,029	0,087	0,0037

За змістом домішок та газів, а також за показниками міцності, сплав Ti + 2 % Ni, який отримано подвійним ЕШП, близький до серійних низьколегованих титанових сплавів, наприклад ОТ4-1. Лист товщиною 6 мм, прокатаний при оптимальних температурах з електрошлакового металу, мав після термообробки досить високі показники міцності і пластичності та достатні для корозійностійкого сплаву значення ударної в'язкості.

Таблиця 1.8 – Механічні властивості сплаву Ti + 2 % Ni, який отримано методом подвійного ЕШП

Стан металу	Напрямок вирізки зразка	Механічні властивості				
		σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	φ , %	α_H , МДж/м ²
Злиток (2-й переплав)	поперек осі	477	566	7,7	11,2	1,1
	уздовж осі	522	577	10,5	7,8	1,3
	уздовж прокату	617	568	16,4	30,8	3,9
Прокат	поперек прокату	615	583	21,1	33,1	2,4
	під кутом 45°	666	581	16,9	38,1	3,4

Всі описані вище вітчизняні та зарубіжні дослідження проводилися в камерних печах у захисній атмосфері або у вакуумі. Такі печі, природно, дорогі, складні по конструкції і в експлуатації.

В ІЕЗ ім. Е. О. Патона [14] були проведені досліди по ЕШП титанового електроду у відкритому кристалізаторі з відносним переміщенням зливка і кристалізатора. В якості шлаку застосовували плавлений фтористий кальцій. Виплавлені злитки мали гладку бічну поверхню, яка потребує механічної обробки перед прокаткою.

Автори роботи встановили, що при ЕШП у відкритому кристалізаторі відбувається незначне збільшення вмісту кисню, азоту та водню в металі зливка [14]. Однак, це не викликає істотного погіршення якості литого титану.

У таблиці 1.9 представлені дані про механічні властивості прокату з вихідного і переплавленого металів. Вони свідчать про те, що якість металу після ЕШП в цілому не погіршується. На цій підставі визнано перспективним продовження досліджень по ЕШП металу у відкритому кристалізаторі.

Таблиця 1.9 – Механічні властивості прокату з металу ВДП (електрод) після ЕШП у відкритому кристалізаторі

Об'єкт аналізу	Напрямок вирізу зразка	σ_B , МПа	σ_T , МПа	α_H , МДж/м ²	δ , %	φ , %	НВ
Електрод (ВТ1-00)	уздовж прокату	357	240	32,2	45,0	75,0	113 – 120
	поперек прокату	242	231	23,0	46,5	78,5	–
Метал ЕШП	уздовж прокату	344	238	28,88	50,4	76,1	111 – 116
	поперек прокату	337	230	25,3	49,0	78,5	–

Із розвитком цих робіт в ІЕЗ ім. Е. О. Патона були проведені досліди по ЕШП плоских злитків титану ВТ-00, ВТ1-0, сплавів ОТ4 і ВТ-99 в безкамерній печі. В якості витратних електродів використовували метал ВДП. Виплавлені в

оптимальних умовах злитки мали гладку блискучу поверхню сріблястого кольору. Твердість титанових злитків після ЕШП була практично така ж ($HV = 150 \dots 160 \text{ МПа}$), як у вихідного металу. У таблицях 1.10 і 1.11 представлені дані по механічним властивості литого і деформованого металів. Ці дані свідчать про те, що методом ЕШП в безкамерній печі можна отримати плоскі злитки титану та його сплавів. Підвищення вмісту кисню, водню і азоту, яке спостерігається, призводить до деякого погіршення властивостей, зокрема пластичності, однак отримані показники не опускаються нижче існуючих технічних вимог [14].

Таблиця 1.10 – Дані механічних випробувань титану та його сплавів, отриманих методом ЕШП в безкамерній печі

Сплав	Спосіб виплавки, стан металу	Напрямок вирізки зразків	Механічні властивості				
			σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	φ , %	α_H , МДж/м ²
ВТ-00	ЕЛП (вихідний метал литий)	уздовж осі	407	322	23,2	54,4	20,7
	ЭЛП (вихідний метал катаний)	уздовж прокату	434	350	39,9	67,2	23,9
	ЭШП литий	уздовж осі	459	370	23,4	47,0	13,4
	ЭШП катаний	поперек прокату	512	432	26,2	56,3	14,0
	ВДП (вимоги ТУ до деформованого металу)		300-450	250-380	25-30	≥ 60	—
ВТ1-0	ЕШП, деформований	поперек прокату	530	390	26,6	66,0	9,5
	ВДП (вимоги ТУ до деформованого металу)		350-550	304,2	25,3	≥ 60	—

Таблиця 1.11 – Вміст газів в титані та в його сплавах до і після ЕШП в безкамерній печі, %

Сплав	Спосіб виплавки	O	N	H
1	2	3	4	5
BT-00	ВДП (вихідний)	0,108	0,027	0,0033
	ЕШП	0,114	0,045	0,0048
	ВДП (вимоги ТУ)	$\geq 0,1$	$\geq 0,04$	$\geq 0,008$
OT-4	ВДП (вихідний)	0,06	0,018	0,003
	ЕШП	0,0647-0,0870	0,025	0,0025-0,0049
	ВДП (вимоги ТУ)	$\geq 0,15$	$\geq 0,05$	0,0015
BT-22	ВДП (вихідний)	0,09	0,01	0,0015
	ЕШП	0,10-0,12	0,012-0,018	0,002-0,004
	ВДП (вимоги ТУ)	$\geq 0,20$	$\geq 0,05$	$\geq 0,015$

Таким чином, ЕШП титану має певні переваги перед ВДП в частині технологічності, меншої складності і вартості обладнання і забезпечує в оптимальних умовах отримання практично рівноцінного за якістю металу.

2 МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕННЯ; ОБЛАДНАННЯ, ЯКЕ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ; МЕТОДИКИ

2.1 Властивості титану BT1-0

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

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сплаву BT1-0

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

Механічні властивості наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сплаву BT1-0

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

Фізичні властивості сплаву BT1-0:

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

Технологічні властивості: зварюваність хороша, оброблюваність різанням хороша.

2.2 Обладнання для виготовлення витратних електродів

Технологія виготовлення витратних електродів передбачає вирубку з відходів листів титану BT1-0 смуг відповідних розмірів і їх подальше зварювання.

Для вирубки смуг застосовуємо гільйотинні ножі STD-AM (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Гільйотинні ножі

Дані ножиці мають такі технічні характеристики:

- товщина листів, що розрізають з тимчасовим опором $\sigma_{BP} = 500 \text{ МПа} - 10 \text{ мм}$;
- ширина листів, які розрізають – 2500 мм;
- частота холостих ходів ножа – 60 хв^{-1} ;
- хід ножа – 80 мм;
- число ріжучих крайок ножа – 4;
- кут нахилу рухомого ножа $\alpha = 1^{\circ}30'$;
- зусилля притиску – 25 кН;

- довжина листа відрізаного з упором – 630 мм;
- відстань від верхньої кромки нижнього ножа до рівня підлоги – 800 мм;
- потужність електродвигуна – 11 кВт;
- довжина – 3300 мм;
- ширина – 1900 мм;
- висота – 1940 мм;
- маса – 4600 кг.

Для аргонодугового зварювання титанових смуг у витратні електроди передбачений апарат Tesla Weld TIG / MMA 200 (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Зовнішній вид апарату для аргонодугового зварювання Tesla Weld TIG / MMA 200

Характеристики зварювального апарату Tesla Weld TIG / MMA 200 наступні:

- робоча напруга на дузі – 18 В;
- максимальний зварювальний струм – 200 А;
- мінімальний зварювальний струм – 20 А;
- напруга холостого ходу – 56 В;
- включення (ПВ) – 60 %;
- джерело енергії для зварювання покритим електродом (дуга MMA) –

так;

- джерело енергії для аргонодугового зварювання (дуга TIG) – так;
- час продувки газу наприкінці зварювання – 2 с;
- спосіб збудження дуги – безконтактний (вбудований осцилятор);
- діаметр вольфрамового електрода – від 1,6 мм до 4,0 мм;
- напруга живильної мережі – від 190 В до 240 В;
- частота живильної мережі – 50/60 Гц;
- споживана потужність – 4,5 кВт;
- струм споживання – 20 А.

Для плазмового різання листового обрізу, товщина якого більше 10 мм на смуги відповідних розмірів передбачений апарат плазмового різання DWT CUT-40 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Зовнішній вид апарату плазмового різання DWT CUT-40

Технічні характеристики апарату DWT CUT-40 такі:

- напруга холостого ходу MMA – 230 В;
- максимальний струм – 40 А;
- мінімальний струм – 10 А;
- робочий тиск повітря (стисненого) – 0,4 МПа;
- товщина різки максимальна – 12 мм;

- напруга живильної мережі – 220 В;
- споживана потужність – 6,6 кВт;
- система охолодження – примусове повітряне;
- тип електричного струму – постійний.

2.3 Електрошлакове обладнання та допоміжне оснащення. Проведення плавок

Виплавку дослідних виливків здійснювали на установці А-550 з трансформатором ТШС-3000-1. Основні технічні характеристики установки наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні технічні характеристики установки А-550

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

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

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

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

Для виплавки дослідних виливків діаметром 0,50 мм був спроектований і виготовлений водоохолоджуваній мідний кристалізатор (рис. 2.4). Висота

кристалізатора 350 мм, конусність гільзи прийнята 1:70. У конструкції кристалізатора передбачений спрямований проток води. Кристалізатор розрахований для умов тепловиділення на шлаку не більше 110 кВт. Випробування на герметичність проводилися газовою пробою і нагнітанням води при підвищеному тиску 70 Па (робочий тиск охолоджувальної води в кристалізаторі близько 25 Па).



Рисунок 2.4 – Водоохолоджуваний мідний кристалізатор

Для переплаву витратних електродів великого перерізу і забезпечення можливості виготовлення зразків для дослідження якісних характеристик виплавленого металу, додатково використовувався кристалізатор діаметром 85 мм і висотою 400 мм, розрахований на тепловиділення на шлаку до 200 кВт.

Кристалізатори встановлювали на мідному водоохолоджуваному піддоні.

З огляду на те, що титанові сплави мають більш високий електричний опір в порівнянні зі сталлю, була проведена модернізація вузла струмопідвіду

Перед установкою в тримач печі, поверхню електродів зачищали наждачним папером. Всі плавки проводили на флюсі АНФ-1 однієї партії. Плавки починали твердим стартом.

Методика проведення плавок полягала в наступному. На початку була виконана серія настановних плавок для визначення оптимальних електричних режимів, які дозволяють отримувати достатньо якісну поверхню виливків і забезпечують стабільність процесу.

Наступні плавки виконували на оптимальних режимах з різними технологічними умовами для кожної серії.

Були випробувані наступні варіанти проведення плавок:

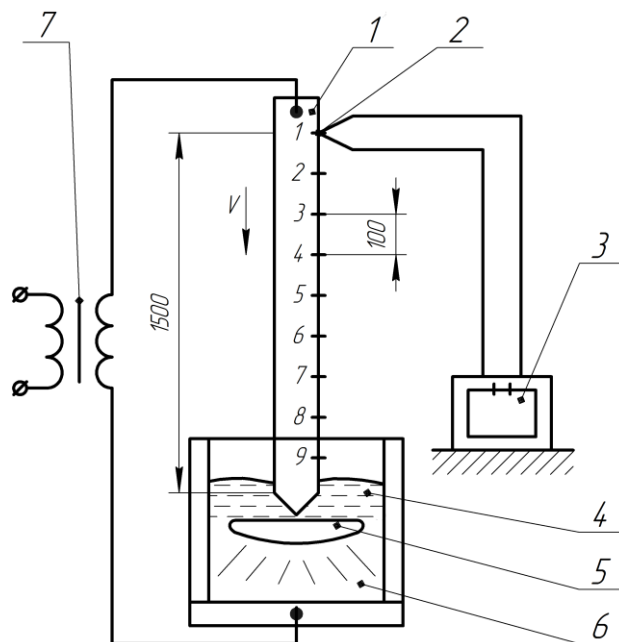
- а) варіанти №1 – без захисту шлакової ванни аргоном і з струмопідведенням в верхній частині електрода;
- б) варіант №2 – без захисту шлакової ванни аргоном і зі змінним струмопідведенням в нижній частині електрода;
- в) варіант №3 – з захистом шлакової ванни аргоном і зі змінним струмопідведенням в нижній частині електрода.

2.4 Методика виміру температури витратного електрода

Протягом плавки температура витратного електрода змінюється від температури розігріву електрода струмом до температури плавлення в шлаковій ванні. Тому, для реєстрації температури була обрана термопара ВР-5/20, що дозволяє виробляти короткочасний вимір температури до 1700° С. Гарячий спай термопари зачеканівають на ½ ширини витратного електрода на висоті 1500 мм від нижнього торця електрода. Сигнал від термопари реєстрували приладом КСМ-2 (прилад, що показує та реєструє). Вимір температури проводили при сплавленні кожних 100 мм витратного електрода. Для виключення наводок, під час виміру температури (2-3 секунди) відключали

струм плавки.

Схема виміру температури, зачеканки термопари та точки виміру представлені на рисунку 2.6.



Точки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 – місця виміру температури

1 – витратний електрод; 2 – термопара; 3 – фіксуючий прилад КСМ-2;

4 – шлакова ванна; 5 – металева ванна; 6 – виливка; 7 – джерело живлення

Рисунок 2.6 – Схема виміру температури витратного електрода

2.5 Методика дослідження умов кристалізації електрошлакових виливків титану ВТ1-0

Умови кристалізації електрошлакових виливків досліджували за формою металевої ванни, яку фіксували під час плавки засипанням вольфрамового порошку. Потім злиток розрізали в площині, яка проходить через вісь. Поверхня темплету фрезерували, потім шліфували і труїли. На отриманих темплетях чітко видна форма металевої ванни (рис. 2.7).

Умови кристалізації оцінювали за коефіцієнтами K_{KP} і $K_{ФВ}$, які відповідно

до рисунку 2.8, розраховували в такий спосіб:

$$K_{кр} = \frac{D}{2L}, \quad (2.1)$$

де D – діаметр злитка, мм;

L – довжина утвореної частини злитка, мм.

$$K_{фв} = \frac{h_{ц}}{h_{ц} + h_{к}}, \quad (2.2)$$

де $h_{ц}$ – висота циліндричної частини злитка, мм;

$h_{к}$ – висота конічної частини злитка, мм.

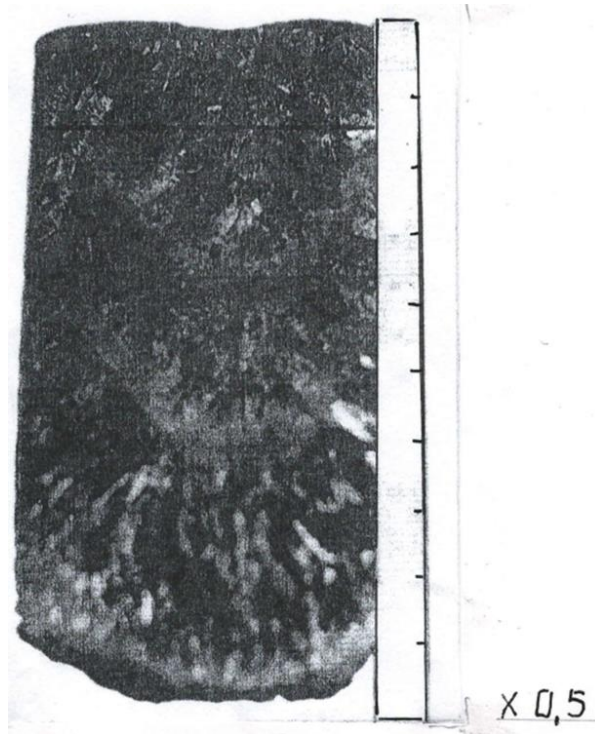
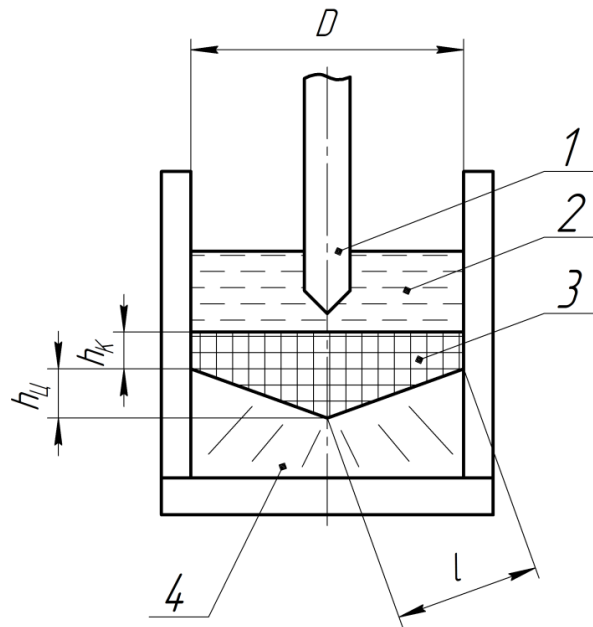


Рисунок 2.7 – Темплет із зафіксованою формою металеві ванни



1 – витратний електрод; 2 – шлакова ванна; 3 – металева ванна; 4 – злиток

L – довжина утвореної конічної частини злитка; D – діаметр виливки;

$h_{\text{ц}}$ – висота циліндричної частини ванни; $h_{\text{к}}$ – висота конічної частини ванни

Рисунок 2.8 – Схема для визначення коефіцієнтів $K_{\text{кр}}$ і $K_{\text{фв}}$

Умова кристалізації вважаються оптимальними, якщо $K_{\text{кр}} = 0,5 \dots 0,55$, а $K_{\text{фв}} = 0,25 \dots 0,30$.

2.6 Методики дослідження якості електрошлакових виливків

2.6.1 Хімічний склад

Хімічний склад титану ВТ1-0 визначали згідно ГОСТ 23902-79 «Сплавы титановые. Методы спектрального анализа». Тип спектрографа ИСП-30.

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

Зміст газів у виливках титану визначали по ГОСТ 28052-97 «Титан и титановые сплавы. Методы определения кислорода».

Визначення вмісту водню проводили хроматографічним методом.

2.6.2 Макро- і мікроструктура

Макроструктуру виливків вивчали на поздовжніх темплетях, вирізаних в площині, що проходить через центр виливки. Поверхню темплетов шліфували, а потім труїли в 50 % суміші плавикової кислоти та гліцерину 18 %. Оцінки макроструктури провели по ГОСТ 10243-75.

Мікроструктурний аналіз литого титану BT1-0 проводили з використанням металографічних мікроскопів MIM-8 і NEOFOT-2 при збільшеннях 100-500 крат.

2.6.3 Механічні властивості

Випробування литого титану BT1-0 на розтягнення проводили по ГОСТ 1497-78 на циліндричних зразках з початковим діаметром 5 мм і початковою довжиною 50 мм. Визначали межу плинності, межу міцності, відносне подовження і відносне звуження.

Ударну в'язкість визначали по ГОСТ 9454-78 на зразках розмірами 55 мм × 10 мм × 10 мм і U-образних концентраторах на маятниковому копрі МК-30.

2.6.4 Корозійна стійкість

При загальній корозії вся поверхня зразка або його частина хімічно взаємодіє з агресивним середовищем. З плином часу поверхня роз'їдається і товщина (і маса зразка) відповідно зменшуються.

Випробування на корозійну стійкість титану BT1-0 електрошлакової виплавки проти загальної корозії проводили ваговим методом. Цей метод полягав у зважуванні зразків до і після випробувань і визначення втрат у вазі (г/м^2) за певний час. Зважування проводиться з точністю до 0,01 г, також заміряють їх загальну поверхню по всім шести гранях. Потім зразки кип'ятять декількома циклами по 24–28 годин в азотній або сірчаній кислоті відповідної концентрації в залежності від умов експлуатації. Віднімаючи вагу зразка після випробувань з початкової ваги, і віднісши різницю до загальної поверхні зразка (в м^2) і одній годині випробування, отримують показник корозії по втраті ваги в $\text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$.

Швидкість проникнення корозії Π в мм/рік визначають за формулою:

$$\Pi = (K/\delta) \cdot 10^{-3}, \quad (2.3)$$

де K – втрата ваги, $\text{г/м}^2 \cdot \text{год}$;

δ – щільність металу, г/см^3 .

Отримані дані порівнюють з даними ГОСТ 13819-68 (за десятибальною шкалою).

2.6.5 Технологічні властивості

Оцінку технологічних властивостей металу дослідних виливків проводили методом технологічних проб. Були проведені наступні технологічні випробування:

- проба на оброблюваність. З металу виливків були виготовлені технологічні зразки із застосуванням основних видів металообробки – різання, свердління і фрезерування на режимах, прийнятих відповідно до рекомендації;

- проба на зварюваність. Зразки, вирізані з металу виливків, зварювали електродом, що не плавиться, в середовищі аргону і випробовували на розтягнення на розривній машині. Отримані результати порівнювалися з результатами випробувань аналогічних зразків виготовлених з серійного сплаву BT1-0. Також проведена якісна оцінка стану металу шва і околшовної зони;

- проби на зварюваність проводили для металу виливків, виплавлених в різних технологічних умовах.

З технологічних властивостей литого титану BT1-0 електрошлакової виплавки досліджували зварюваність і оброблюваність різанням.

При дослідженні зварюваності проводили зварювання зразків розмірами 60 мм × 60 мм × 5 мм, які вирізані з виливків титану BT1-0 електрошлакової виплавки з таких же за розмірами зразків, вирізаних з стандартного аркуша титану BT1-0. Зразки зварювали встик ручним аргонодуговим зварюванням на постійному струмі прямої полярності. Сила струму від 130 А до 160 А; діаметр присадочного дроту – 3 мм; діаметр вольфрамового електрода – 4 мм; діаметр сопла – 14 мм; витрата газу – від 9 л/хв до 9,5 л/хв. Після зварювання визначали властивості міцності зварних з'єднань, а також досліджували макроструктуру. Отримані результати порівнювали між собою.

3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОШЛАКОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ВІДХОДІВ ТИТАНУ VT1-0

3.1 Технологія виготовлення витратних електродів

Для отримання титанових смуг, з яких зварюванням виготовляють витратні електроди, листову обрізь титану VT1-0 товщиною 4–10 мм рубають на гільйотині на смуги шириною 20–25 мм. Якщо товщина листової обрізі більш 10 мм то для її розкрою використовують плазмотрон.

3.1.1 Критерії зварюваності титанового сплаву VT1-0

Основна проблема зварюваності титанових сплавів – отримання зварних з'єднань з хорошою пластичністю, що залежить від якості захисту і чутливості металу до термічного циклу зварювання. Помітне насичення металу шва киснем, воднем і азотом в процесі зварювання відбувається при температурах більше 350° С. Цим різко знижується пластичність і тривала міцність зварних конструкцій. Тому зона зварювання, обмежена ізотермою більше 350° С, повинна бути ретельно захищена від взаємодії з повітрям, в середовищах інертних захисних газів (гелію або аргону) високої чистоти, під спеціальними флюсами або в вакуумі.

3.1.2 Технологія зварювання титанових смуг у витратні електроди

Технологія включає наступні пункти.

Механічна підготовка поверхні крайок для зварювання. Зварювані

відходи рублять механічним шляхом на гільйотині. У якості попереднього методу розрізання з наступною механічною обробкою кромки може бути використана також газова і плазмова різка. Газове різання титану проводиться на підвищеній (у порівнянні зі сталлю) швидкості при одночасному зниженні потужності підігрівачого полум'я через більш інтенсивне виділення теплоти в зоні різки. Зварні з'єднання, виконані безпосередньо після газового зварювання мають низьку пластичність і схильні до розтріскування в умовах напруженого стану. Видалення поверхневого шару після газового різання механічним шляхом на глибину більше 1 мм дозволяє отримати високоякісне зварне з'єднання.

Оброблення кромки при зварюванні титанових смуг у витратні електроди не відрізняється від обробки, застосованої для сталей. В залежності від товщини зварюваних смуг титану зварювання проводиться без оброблення, з рюмкообразними, V-, U-, X- обробкою, а також застосовуються замкові з'єднання.

Хімічна підготовка зварних з'єднань. Видалення альфованого шару із застосуванням травлення передбачає:

- попереднє розпушування альфованого шару дробе- або піскоструминною обробкою;
- травлення в розчині, який містить: 40 % HF, 40 % HNO₃, 20 % H₂O або 50 % HF і 50 % H₂NO₃;
- збільшення часу травлення вище оптимального призводить до розпушування поверхневих шарів металу, підвищеної сорбції і збільшення пороутворення при зварюванні;
- подальшу зачистку крайок на ділянці шириною 10 мм–15 мм з кожної сторони металевими щітками для видалення тонкого шару металу, насиченого воднем при травленні.

Вибір параметрів режиму зварювання. Основний критерій, за яким вибирається технологія зварювання титану, виходячи з оптимальних механічних властивостей – оптимальний інтервал швидкостей охолодження

$\Delta(\omega_{\text{охл}})$, в якому ступінь зниження рівня пластичних властивостей ОШЗ виявляється найменшою. Тому зварювання α -сплавів доцільно проводити при мінімальних погонних енергіях.

Вибір захисних газів та засобів захисту. Основні труднощі зварювання титану – це необхідність надійного захисту металу, що нагрівається вище температури 400° С, від повітря.

Дугове зварювання ведуть в середовищі аргону і в його сумішах з гелієм. Зварювання з місцевим захистом виробляють, подаючи газ через сопло пальника, іноді з насадками, що збільшує зону захисту.

Послідовність операцій при зварюванні титанових смуг у витратні електроди:

1) провести механічну очистку. В глибину не менше 1 мм, в ширину 20 мм;

2) в місцях майбутніх швів зняти фаску згідно ГОСТ 14771-76.

- перший стиковий шов – С18;

- подальші стикові шви – С17 (в цьому випадку корінь шву захищають попередні пластини);

- напусткові шви – Н1;

3) протравити кромки розчином 40 % азотної кислоти. Температура від 60° С до 65° С, час – 10 хв;

4) зачищення щітками (нержавіючий ворс) або наждачним папером №12;

5) перед зварюванням зачисти поверхню;

6) мати в наявності спеціальне обладнання: спеціальні накладки, пальники з камерами. Додаток А.

7) зварювання вести за наступними параметрами:

- товщина смуг – 6 мм;

- $I_{\text{зв}} = 130 \dots 160 \text{ А}$;

- $U_{\text{д}} = 11 \dots 15 \text{ В}$;

- присадочний пруток – ВТ1-0;

- $D_{\text{ПР}}$ від 2 мм до 2,5 мм;

- захисний газ – суміш аргону з гелієм (Ar 80 %, He 20 %). Аргон марки А (ГОСТ 10157-79), гелій марки Б (ДСТУ ГОСТ 20461:2009);

- витрати газу від 35 л/хв до 50 л/хв для зварювання та від 8 л/хв до 10 л/хв для захисту кореню шва;

- кількість проходів – 2;

- заточка електроду – $40^\circ \dots 45^\circ$, риски паралельні;

8) захист вести до охолодження шву приблизно $300 \dots 350^\circ \text{C}$;

9) при появі кольорів збігності вважати шви бракованими.

Креслення витратних електродів зварених із титанових смуг приведені на рисунку 3.1, конструктивні елементи підготовлених кромek зварних з'єднань на рисунку 3.2, а самі витратні електроди на рисунку 3.3.

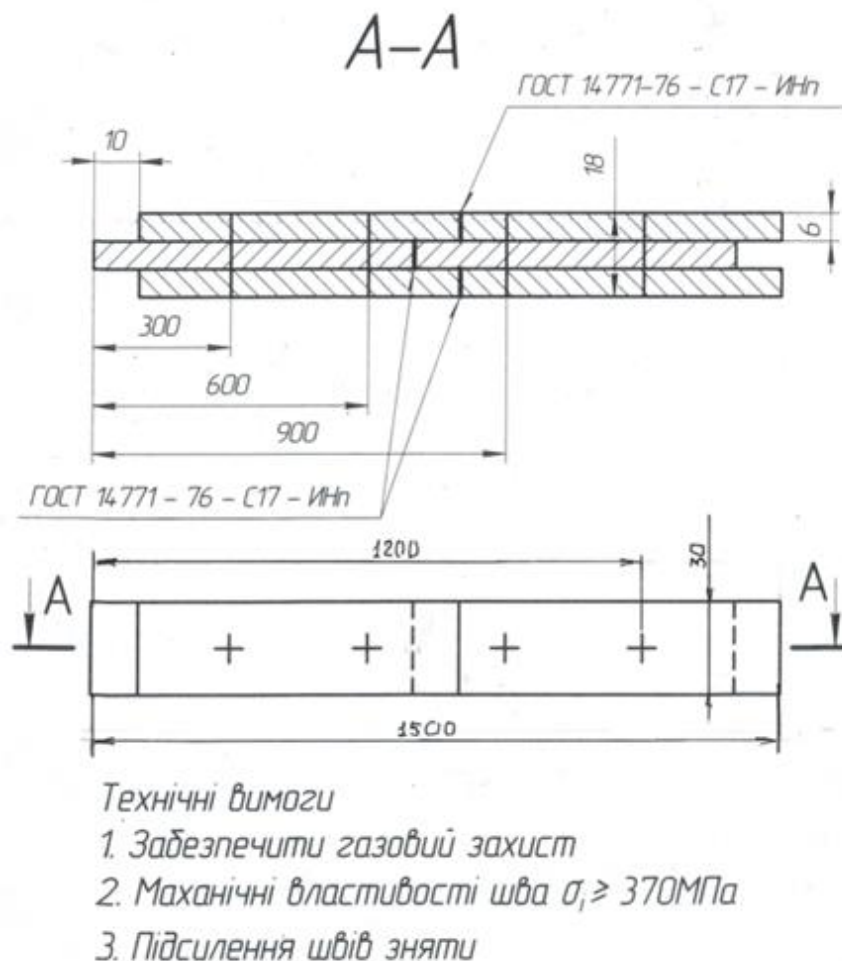


Рисунок 3.1 – Креслення зварного витратного електроду з титанових смуг

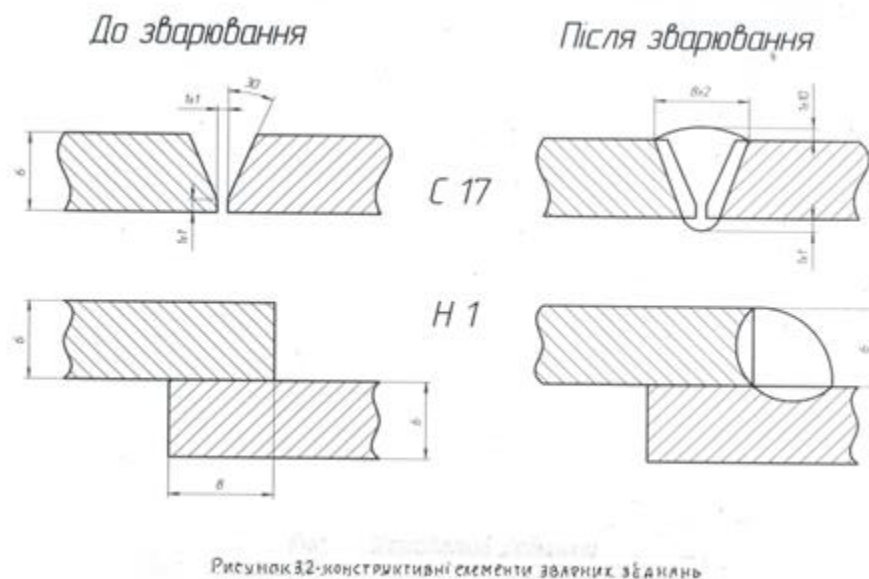


Рисунок 3.2 – Конструктивні елементи зварних з'єднань

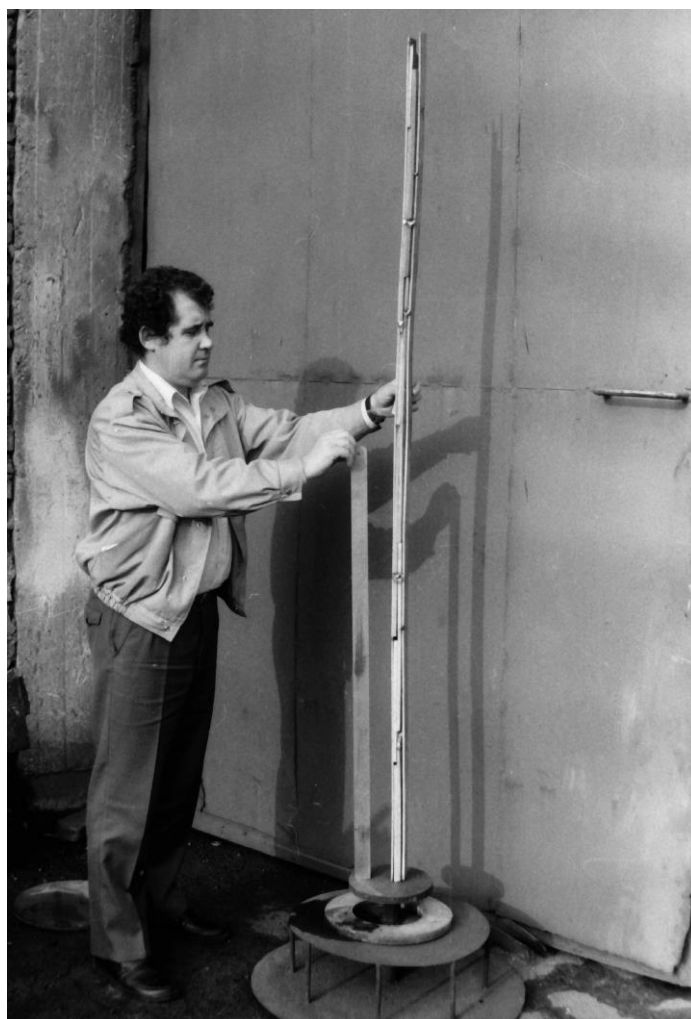


Рисунок 3 .3 – Витратний електрод зварений з листової обрізі титану ВТ1-0

3.2 Вимірювання температури витратного електрода під час плавки

Фізичні властивості титану BT1-0 істотно відрізняються від властивостей вуглецевих і легованих сталей. Зокрема, питомий електричний опір титану BT1-0 становить 0,6 Ом·мм/м, а сталі 20 – 0,1 Ом·мм/м. Тому, при розробці режимів електрошлакової виплавки заготовок деталей з титану BT1-0 цей факт необхідно врахувати. Так як виліт витратного електрода становить спочатку 1500 мм і при орієнтовному струмі плавки від 1,8 кА до 2,2 кА може відбуватися його істотний розігрів і окислення. Це надасть негативно вплив на якість титанового злитка.

Визначення температури витратного електрода з титану BT1-0 перетином 30 мм × 30 мм проводили протягом усього циклу плавки. Схема виміру температури показана на рисунку. Термопару ВР-ВР5120 зачеканівають у верхній точці електрода і вимір температури проводять до моменту входження термопар в шлакову ванну. На рисунку показаний оплавлений торець витратного електрода з зачеканеною термопарою.

Для порівняння визначали температуру витратного електрода зі сталі 20 перетином 30 мм × 30 мм при плавці на таких же режимах, як і титанового електрода.

Розподіл температур представлено на рисунку 3.4. Як видно, витратний електрод з титану розігрівається значно сильніше в порівнянні зі сталевим електродом. Його температура становить близько 680° С, що безумовно буде приводити до окислення поверхні. З метою виключення окислення було запропоновано змінити точку електричного контакту в інвентарній голівці і перенести її до верхнього фланця кристалізатора. Для цієї мети був спроектований ковзаючий струмопідвід і проведені повторні виміри температури. З представлених даних випливає, що зміна струмопідвідного вильоту, як для титанового, так і для сталевих електрода суттєво знижує температуру їх поверхні. При такій схемі струмопідводу (ковзаючий

струмопідвід розташований на верхньому фланці кристалізатора) температура поверхні титанового електроду складає близько 350°C , що знижує його інтенсивне окислення.

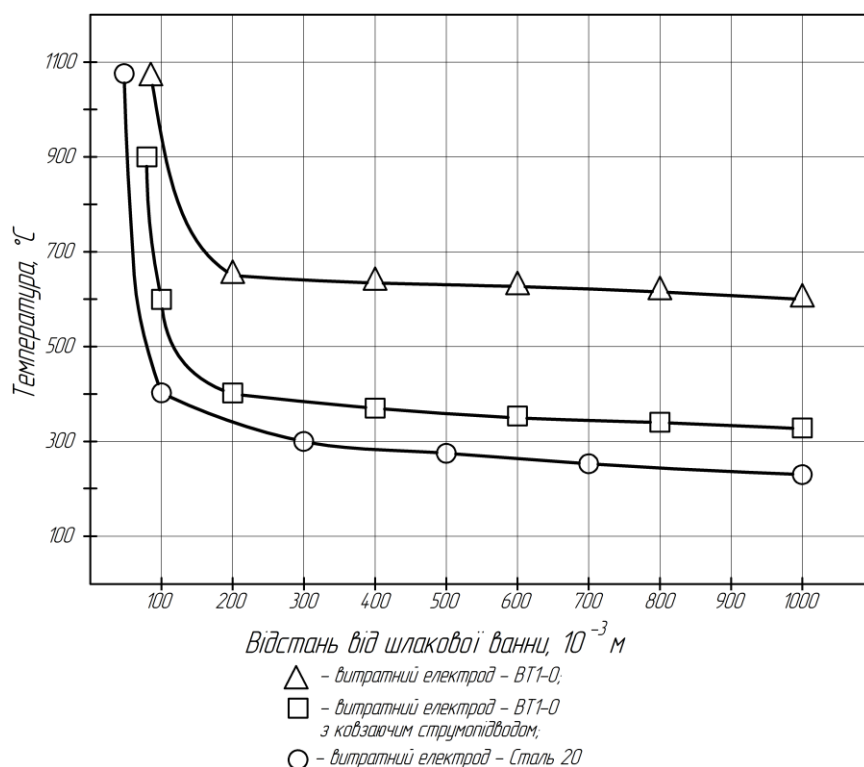


Рисунок 3.4 – Розподіл температури у витратному електроді

3.3 Дослідження умов кристалізації електрошлакових виливків

Дослідження умов кристалізації електрошлакових виливків ВТ1-0 діаметром 100 мм проводили згідно методики (див. розділ 2.5). Для цього були виплавлені чотири виливки з наступною швидкістю плавлення: $0,9 \cdot 10^{-2}$ кг/с; $1,1 \cdot 10^{-2}$ кг/с; $1,5 \cdot 10^{-2}$ кг/с; $1,7 \cdot 10^{-2}$ кг/с. Під час плавок фіксували форму металевої ванни вольфрамовим порошком. Виготовлені макротемплети із зафіксованою формою ванни представлені на рисунках 3.5 – 3.7.

Вплив швидкості плавлення на умову кристалізації представлені на рисунку 3.8.

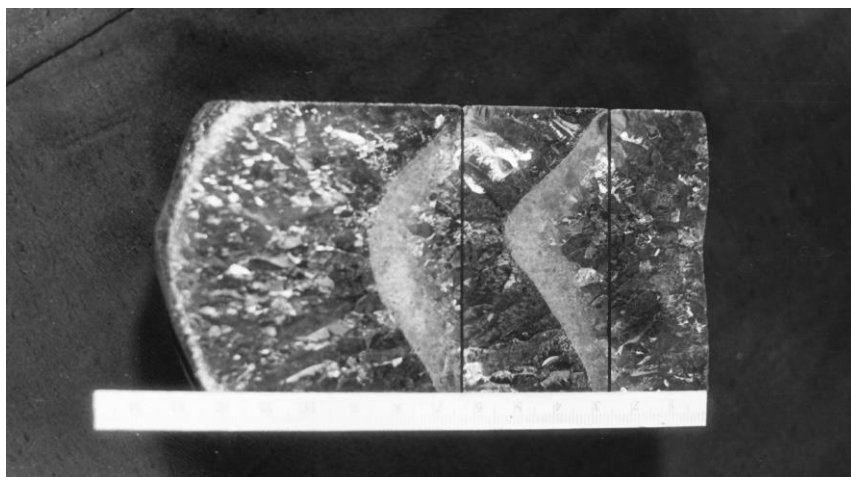


Рисунок 3.5 – Форма металевої ванни при швидкості наплавлення $0,9 \cdot 10^{-2}$ кг/с

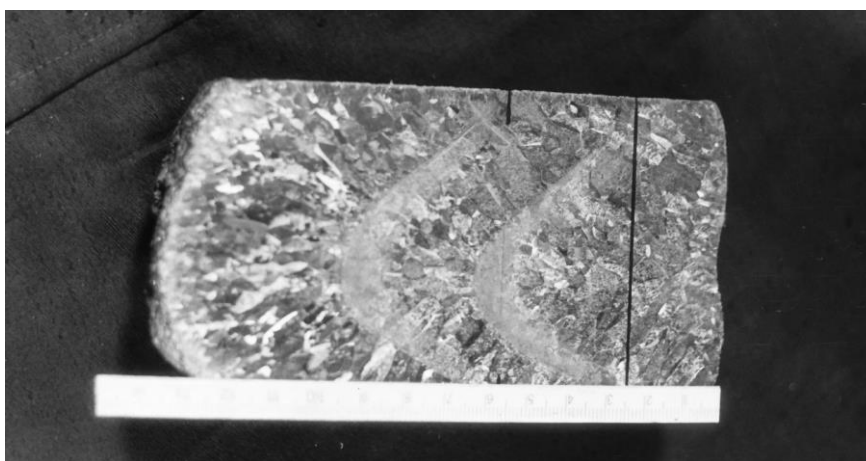


Рисунок 3.6 – Форма металевої ванни при швидкості наплавлення $1,1 \cdot 10^{-2}$ кг/с

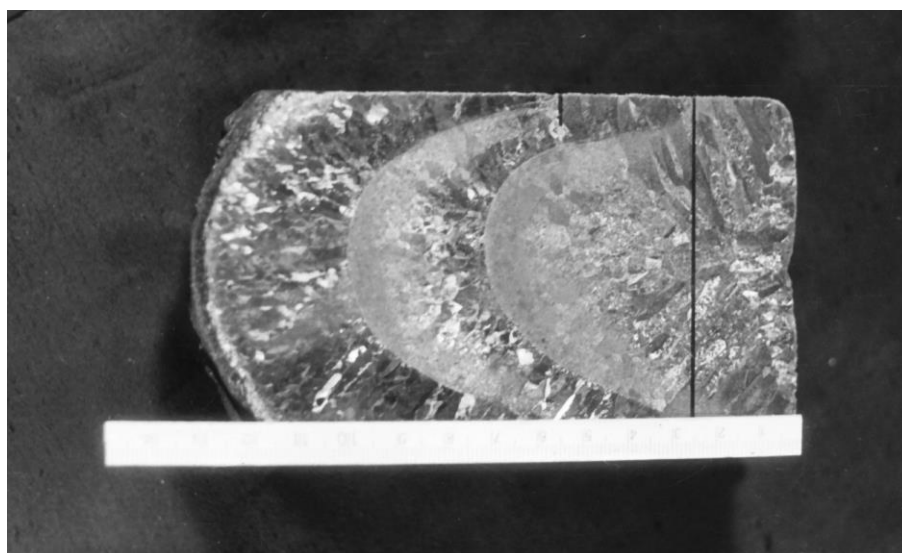


Рисунок 3.7 – Форма металевої ванни при швидкості наплавлення $1,7 \cdot 10^{-2}$ кг/с

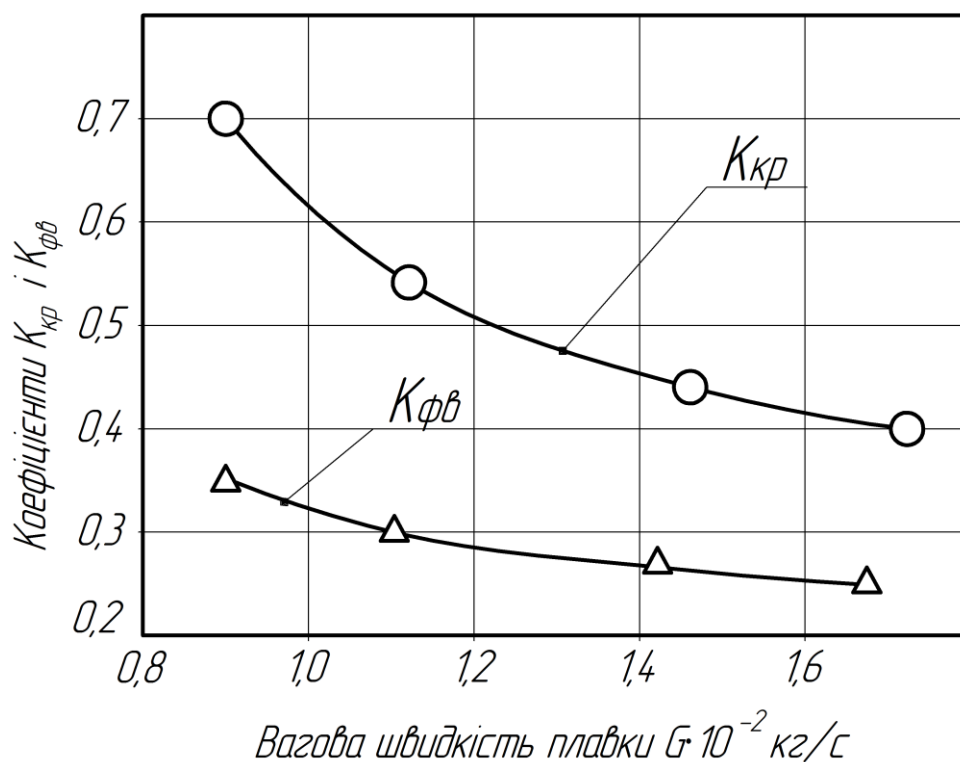


Рисунок 3.8 – Вплив швидкості плавлення на коефіцієнти $K_{кр}$ та $K_{фв}$

З наведених результатів випливає, що при швидкості плавлення $G_{пл} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с}$, забезпечуються оптимальні умови кристалізації, про що свідчать значення коефіцієнтів $K_{кр} = 0,55$ та $K_{фв} = 0,3$.

3.4 Виплавка електрошлакових виливків титану BT1-0, визначення раціональних параметрів режиму

Мета роботи полягала у визначенні режимів плавлення витратного електрода, звареного з відходів листового титану BT1-0, що забезпечують стабільність електрошлакового процесу, а також формування гладкої поверхні титанових виливків.

Дослідні плавки витратного електрода перетином $25 \text{ мм} \times 15 \text{ мм}$ звареного з відходів листового титану, проводили у відкритому кристалізаторі діаметром 55 мм. Використовували стандартний флюс АНФ-1П, кількість

флюсу 0,3 кг. Напруга холостого ходу на трансформаторі 41 В.

Процес розведення відбувався досить швидко, без кидків струму і коротких замикань. Світіння шлаку настало через 2 – 3 хвилини після включення силового контактора. Після закінчення розводки напруга на шлаку становило 41 В, а струм плавки від 2600 А до 2500 А. Однак, процес плавлення протікав досить стабільно, не дивлячись на регулювання в широкому діапазоні швидкості подачі електрода. Нестабільність процесу виражалася в наступному. Спостерігалися відхилення від режиму по струму до 600 – 700 А. Крім того, через 8 – 10 хвилин після початку плавки витратний електрод нагрівся до червоного, що призвело до збільшення його швидкості плавлення. Для коригування режиму плавки збільшили швидкість подачі електрода. Однак, не дивлячись на це, плавлення торця витратного електрода відбувалося над поверхнею шлакової ванни. Тобто, шлаковий режим плавлення витратного електрода перейшов в дуговий. Як відомо, при дуговому режимі плавлення витратного електрода неможливо отримати якісний метал виливки в результаті сильного окислення.

Щоб перевести дуговий режим плавлення витратного електрода в нормальний, тобто шлаковий, була зроблена спроба збільшити кількість флюсу. Перша додаткова порція флюсу складала 70 г, а друга 150 г. Проте, цей захід лише короткочасно стабілізував режим плавлення. Тобто, режим плавлення електрода переходив в шлаковий. Після розплавлення додаткової порції флюсу плавка знову йшла в дуговому режимі.

Отриманий перший виливок характеризувався досить нерівною поверхнею, що обумовлено нестабільним режимом плавки.

На підставі аналізу отриманих результатів по першій плавці було проведено коригування електричного режиму. Зокрема, напруга холостого ходу трансформатора знизили до 36 В, а робочий струм плавки зменшили до 2000 А. Кількість флюсу складало 300 г.

На скоректованому режимі плавлення витратного електрода перетином 25 мм × 15 мм протікало більш стабільно в порівнянні з першим режимом.

Однак, повністю виключити процес дугоутворення на торці електрода не вдалося, хоча відхилень по струму зменшилися до 400 – 600 А. Відливка, отримана за даним режимом мала форму циліндра, але її поверхня не була ще досить гладкою.

Наступну плавку проводили на ще більш низьких енергетичних параметрах, при напрузі холостого ходу трансформатора та струмі від 1600 А до 1800 А. Кількість флюсу було колишнім – 300 г. На даному режимі протікав стабільно. Дугоутворення на торці електрода відсутнє, відхилення струму становило від 100 А до 200 А, що характерно для нормального протікання електрошлакового процесу. Виливок, отриманий на даному режимі, мав гладку, блискучу поверхню. Відділення шлакової кірки було задовільним.

Таким чином, для плавлення витратного електрода перетином 25 мм × 15 мм, звареного з відходів листового титану ВТ1-0, при отриманні виливків діаметром 55 мм був прийнятий наступний режим: напруга на шлаковій ванні – 27 В; струм плавки від 1600 А до 1800 А; кількість флюсу 300 г. Даний режим забезпечував стабільність електрошлакового процесу та формування гладкої поверхні виливки.

Як відомо, температура поверхні витратного електрода може робити істотний вплив на якість металу одержуваної виливки. Якщо температура поверхні електрода більше 500° С – 600° С, то відбувається його інтенсивне окислення і в електрошлаковому виливку збільшується вміст кисню. При проведенні дослідних плавок витратного електрода з відходів титану візуально спостерігали сильний розігрів витратного електрода, що є небажаним явищем. Перш за все розігрів витратного електрода обумовлений фізико-хімічними властивостями титану. Електроопір титанових сплавів в залежності від температури змінюється від $70 \cdot 10^{-6}$ Ом/см до $150 \cdot 10^{-6}$ Ом/см, що в 3,5 – 4 рази вище в порівнянні з електроопором сталі.

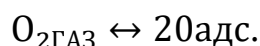
З огляду на те, що первісна довжина і виліт електрода становили близько 150 см, то його електроопір змінювалося в межах від $100 \cdot 10^{-6}$ Ом/см до $225 \cdot 10^{-6}$ Ом/см. Тому, при робочих токах плавки від 1,5 кА до 1,6 кА нагрівання

поверхні електрода може досягати $600^{\circ}\text{C} - 650^{\circ}\text{C}$.

Для того, щоб зменшити опір витратного електрода, а отже і знизити температуру його поверхні був розроблений і застосований ковзаючий струмопідвід, який встановили над верхнім фланцем кристалізатора. Це зменшило початковий виліт електрода до 500 мм. При такому струмопідводі витратний електрод не встигав нагріватися струмом, що проходить. Це істотно знизило надходження кисню в електрошлаковий виливок. В результаті проведених плавок зі змінним струмопідводом була встановлена принципова можливість застосування струмопідводу даної конструкції, а також визначено шляхи конструктивного доопрацювання.

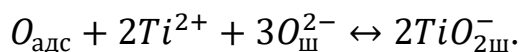
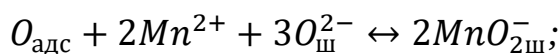
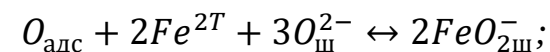
Ще одним можливим джерелом надходження кисню в електрошлаковий виливок є атмосфера повітря над шлакової ванни.

Механізм окислення шлакової ванни і подальшої передачі кисню металу, якщо виходити з іонної теорії будови шлаків полягає в наступному. По поверхні шлакової ванни відбувається адсорбція кисню:



Адсорбція супроводжується іонізацією атомів кисню і окислення присутніх в шлаку катіонів нижчої валентності до катіонів вищої валентності. Такими катіонами зі змінною валентністю є катіони заліза, марганцю, титану та інші.

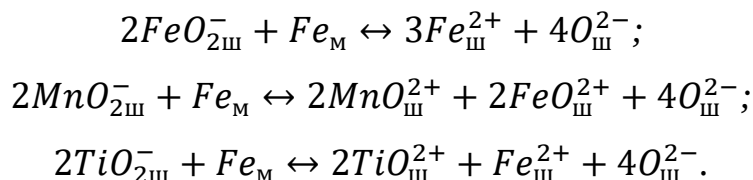
Процеси окислення катіонів цих металів можна записати:



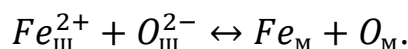
Аніони FeO_2^{-} ; MnO_2^{-} ; TiO_2^{-} дифундують через шлак до металу. Конвективні потоки в шлаковій ванні значно прискорюють підхід аніонів до

металу.

На межі шлак-метал (металеві ванна, краплі, оплавлений кінець електрода) аніони тривалентних металів відновлюються до двовалентних по реакціях:

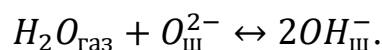


Частина іонів Fe^{2+} и O^{2-} , обмінюються зарядами та переходить в метал:

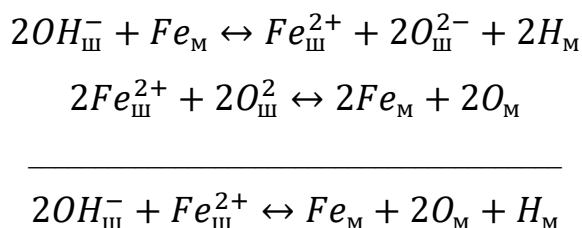


Таким чином, при наявності в шлаку окислів елементів зі змінною валентністю останні виробляють свого роду «перекачування» кисню з атмосфери в метал.

Можливе також транспортування кисню з газової фази в метал за рахунок розчинення в шлаку водяної пари по реакції:



Надалі на межі шлак-метал протікають реакції:



При цьому, в метал надходить не тільки кисень, але і водень. Причому, здатність шлаку розчиняти водяні пари і передавати в метал водень, а разом з

ним і кисень, тим більша, чим вище його основність.

Шлаки з чистого фтористого кальцію (АНФ-ІІІ) володіючи найменшою окисної здатністю по відношенню до титану, забезпечує найменший чад останнього. Однак, будучи найбільш проникним для гідроксиду, він добре передає металу кисень, якщо над шлаковою ванною є водяні пари. Тому, ефективним засобом захисту шлакової ванни від окислення, а також захисту розпеченого ділянки електрода поблизу її поверхні, є подача в кристалізатор захисного газу.

Були проведені дослідні плавки витратного електрода перетином 25 мм × 15 мм з відходів титану ВТ1-0 з подачею аргону в плавильний простір над поверхнею шлакової ванни. Електричні параметри плавки відповідали оптимальному режиму: струм плавки 1500 А – 1600 А; напруга 27 В.

Таким чином, з метою вибору оптимальних технологічних умов електрошлакової виплавки титанових заготовок дослідні плавки проводили за трьома варіантами:

- варіант №1 – без захисту шлакової ванни аргонem і з струмопідведенням у верхній частині електрода;
- варіант №2 – без захисту шлакової ванни аргонem і зі змінним струмопідведенням в нижній частині електрода;
- варіант №3 – із захистом шлакової ванни аргонem і зі змінним струмопідведенням в нижній частині електрода.

У всіх варіантах виплавки електричний режим був однаковим. При проведенні плавок встановили, що подача аргону в плавильний простір, а також застосування ковзаючого струмопідводу не зробило вплив на стабільність електрошлакового процесу і якість поверхні виливки. Остаточний вибір оптимального варіанту виплавки буде визначений виходячи з результатів дослідження якості металу отриманих виливків.

Аналогічним чином визначали оптимальний електричний і шлаковий режим при отриманні виливків діаметром 85 мм. Витратний електрод, зварений з відходів листового титану ВТ1-0 мав розмір в перетині 45 мм × 30 мм. При

відпрацюванні режиму, напругу на шлаковій ванні змінювали в межах від 27 В до 41 В, струм плавки 1500 – 3500 А, кількість флюсу 0,8 – 1,5 кг. Виходячи з умов стабільності процесу, а також отримання гладкої поверхні виливків був визначений оптимальний електричний і шлаковий режим плавки. Зокрема, напруга на шлаку становило 27 В, струм плавки 2800 – 3000 А, кількість флюсу 1 кг.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОШЛАКОВИХ ВИЛИВКІВ ТИТАНУ BT1-0

4.1 Хімічний склад

Якість виливків з титанових сплавів, одержуваних електрошлаковим способом, істотно залежить від технологічних факторів і зокрема від швидкості наплавлення злитка, температури витратного електрода, застосування захисної атмосфери та ін. Ці фактори безпосередньо впливають на хімічний склад виливків титану. Тому, з метою вибору оптимального технологічного варіанту провели порівняльні дослідження хімічного складу титанових виливків, отриманих за трьома технологічним варіантам. В якості еталонного зразка взяли хімічний склад вихідного металу, з якого виготовляли витратний електрод. Результати досліджень наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад електрошлакових виливків титану BT1-0, виплавлених за різними технологічними варіантами

№, пп	Варіант виплавки	Вміст елементів, %						
		C	Fe	Al	Si	O ₂	N ₂	H ₂
1.	Вимоги ГОСТ 19807-74	Не	Не	Не	Не	Не	Не	Не
		более	более	более	более	более	более	более
		0,07	0,30	1,0	1,10	0,20	0,04	0,010
2.	Вихідний метал	0,03	0,15	0,9	0,03	0,05	0,03	0,01
3.	Плавка без захисту шлакової ванни аргоном і з струмопідводом у верхній частині електроду	0,02	0,17	0,8	0,03	0,18	0,03	0,01

Продовження таблиці 4.1

№, пп	Варіант виплавки	Вміст елементів, %						
		C	Fe	Al	Si	O ₂	N ₂	H ₂
4.	Плавка без захисту шлакової ванни аргоном зі змінним струмопідводом в нижній частині електроду	0,03	0,12	0,7	0,02	0,12	0,02	0,01
5.	Плавка із захистом шлакової ванни аргоном з ковзаючим струмопідводом в нижній частині електроду	0,02	0,14	0,8	0,03	0,05	0,02	0,01

4.2 Макро- і мікроструктура

Дослідження структури виливків проводили після їх відпуску. Макроструктуру досліджували на поздовжніх темплетях, вирізаних з виливків діаметром 55 мм і 85 мм. Встановлено, що макроструктура виливків діаметром 55 мм і 85 мм має однотипний характер. На рисунку 4.1 представлена характерна макроструктура виливки діаметром 85 мм. Як видно, отриманий метал щільний і однорідний. Дефекти кристалізаційного і технологічного характеру відсутні. Чітко проявляється зерена лита структура. Величина зерен практично однакова як по висоті, так і по периметру темлета. Це свідчить про те, що умови кристалізації виливка близькі до оптимальних.

Мікроструктура досліджуваних виливків – однофазний α -титановий

сплав. При дослідженні мікроструктури не виявлено впливу технологічного варіанту плавки на мікроструктуру литого металу. На рисунку 4.2 приведена характерна мікроструктура литого електрошлакового титану BT1-0.



Рисунок 4.1 – Макроструктура електрошлакової виливки титана BT1-0

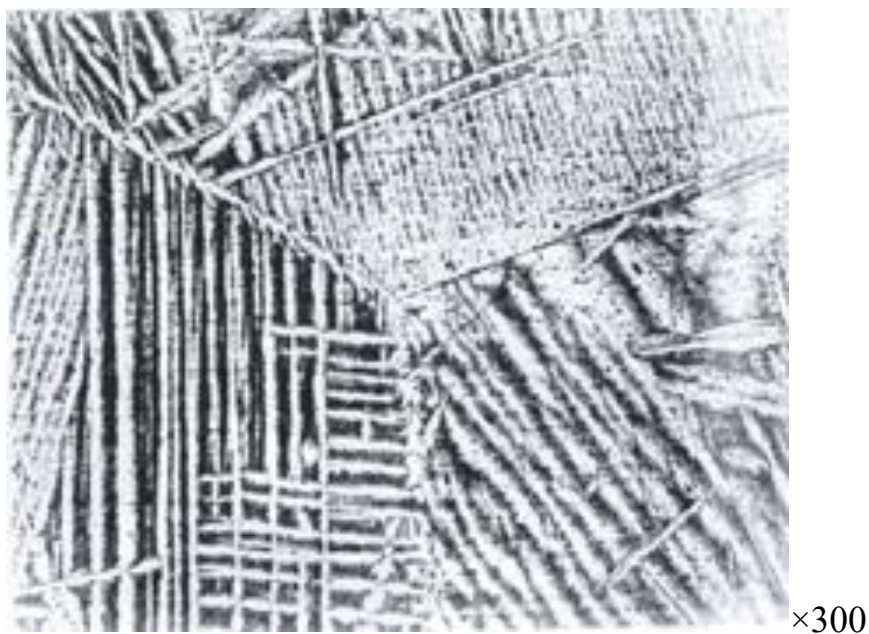


Рисунок 4.2 – Мікроструктура електрошлакової виливки титана BT1-0

4.3 Механічні властивості

Механічні властивості титану електрошлакових виливків наведені в таблиці 4.2 в порівнянні з властивостями серійного прокату ВТ1-0 по ГОСТ 190173-75.

Таблиця 4.2 – Механічні властивості електрошлакового титану ВТ1-0

Матеріал	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	α_H , МДж/м ²
Зовнішня частина електрошлакової виливки	580	3,75	6,7	0,8
Центральна частина електрошлакової виливки	500	2,38	6,1	1,12
Серійний прокат ВТ1-0	400–550	20	50	10

Проведені випробування показали, що отриманий електрошлаковий титан придатний для виготовлення деталей, до матеріалу яких не пред'являються високі вимоги по пластичним властивостям.

4.4 Корозійні властивості

Дослідження корозійної стійкості зразків проводили в киплячій п'ятивідсотковій соляній кислоті протягом сорока годин. Встановлено, що корозійна стійкість дослідного електрошлакового титану ВТ1-0 змінювалася від 4,38 г/м²·ч до 6,12 г/м²·ч в залежності від швидкості плавки (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Корозійна стійкість електрошлакового титану BT1-0 в залежності від швидкості плавки (V_H)

Об'єкт досліджень	Швидкість корозії, $\text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$	Середнє значення швидкості корозії, $\text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$
Вихідний BT1-0 листовий	3,38; 3,34; 3,35; 3,28; 3,31	3,34
Електрошлаковий BT1-0, $V_H=0,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с}$	6,56; 6,75; 5,68; 5,32; 6,28	6,12
Електрошлаковий BT1-0, $V_H=1,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с}$	4,39; 4,64; 5,07; 5,45; 5,84	5,10
Електрошлаковий BT1-0, $V_H=1,7 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с}$	4,07; 4,16; 3,68; 4,11; 5,00	4,38

Таким чином, при швидкості наплавлення титанового злитка $V_H = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с}$, швидкість корозії мінімальна в порівнянні з режимами виплавки на менших швидкостях плавки. Порівнюючи швидкість корозії титану BT1-0 електрошлакової виплавки зі швидкістю корозії стандартного титанового листа BT1-0, слід констатувати перевагу за цим показником титанового стандартного аркуша в 1,18 – 1,2 рази.

Однак, порівнюючи показники корозійної стійкості електрошлакового титану BT1-0 ($4,38 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$) зі стійкістю високолегованих хромонікелевих сталей 08X24H40MG2, 08H60Г2М7Т, ХН60ВТ, 4Х35Н50ВМ був зроблений висновок, що корозійна стійкість даних сталей в 1,8 – 2,5 рази нижче.

Подальші дослідження показали, що корозійна стійкість в 5 % HCl електрошлакових виливків близька до корозійної стійкості сплавів з вмістом понад 20 % хрому і 60 % нікелю, зокрема таких, як 10X20H70Г2М2В, 06X22H72Т і їм подібних.

4.5 Технологічні властивості

Найбільш важливими технологічними властивостями литого електрошлакового титану, як заготовки для деталей, є оброблюваність різанням, шліфуванням, а також зварюваність.

4.5.1 Оброблюваність різанням

Оброблюваність різанням оцінювали при виготовленні технологічних проб з електрошлакових виливків титану ВТ1-0. Технологічні проби представляли собою циліндричні деталі, отримані токарною обробкою і свердлінням. На пробах була передбачена різна чистота токарного оброблення поверхні (чистова, напівчистова і чорнова), а також отримання нарізного профілю (рис. 4.3).

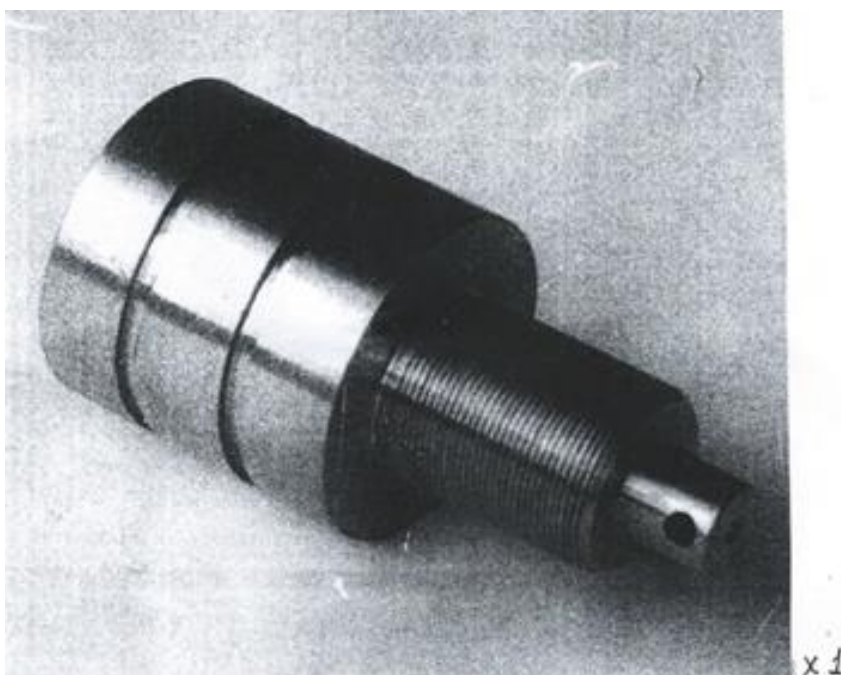


Рисунок 4.3 – Технологічна проба на оброблюваність різанням

Обробку різанням проводили стандартним інструментом (різці, свердла, фрези) зі швидкорізальної сталі Р6М5.

В результаті досліджень встановлено, що метал отриманих виливків досить добре піддається перерахованим вище способом механічної обробки. Про це свідчили як сам характер різання (дрібна кручена стружка), так і отримання необхідної чистоти поверхні і конфігурації заготовки. Причому, на отриманих заготовках добре проглядається зерена структура, а також можна оцінити щільність і однорідність литого металу.

В цілому, різанням литого електрошлакового титану BT1-0 істотно не відрізняється від оброблюваності різанням листового титану BT1-0.

Особливості механічної обробки як листового, так і литого електрошлакового титану практично однакові. Зокрема, при великих глибинах різання і подачі до 0,2 мм оптимальна швидкість різання лежить в межах 30 – 36 м/хв. Чистову обробку слід виконувати з подачею від 0,05 мм до 0,1 мм при такій же глибині різання.

Для свердління слід застосовувати свердла з кутом різання близько 87°. Стругання і фрезерування електрошлакових виливків також не представляло труднощів. Оптимальні режими – швидкість подачі і швидкість різання 14 – 18 м/хв.

4.5.2 Зварюваність

Зразки литого електрошлакового титану розміром 55 мм × 30 мм × 5 мм зварювали встик двостороннім швом аргонодуговим зварюванням неплавким вольфрамовим електродом з титановою присадкою. В результаті зварювання встановлено, що формування шва відбувається нормально, ні в звареному шві, ні в околшовній зоні тріщин не утвориться. Зовнішній вигляд отриманого зварного з'єднання представлений на рисунку 4.4. При дослідженні

макроструктури зварного з'єднання слід зазначити його структурну однорідність. Тобто, всьому з'єднанню притаманна структура литого металу, а величина литого зерна, як основного металу, так і зварного шва практично однакова (рис. 4.5). Отже, при зварюванні литого електрошлакового титану може бути отримано однорідне і рівномірне з'єднання.

Для порівняння була досліджена макроструктура зварного з'єднання таких же зразків з листового титану BT1-0. Зовнішній вигляд зварного з'єднання і його макроструктура наведені на рисунку. Як видно з рисунка структура зварного шва відрізняється від структури основного металу.

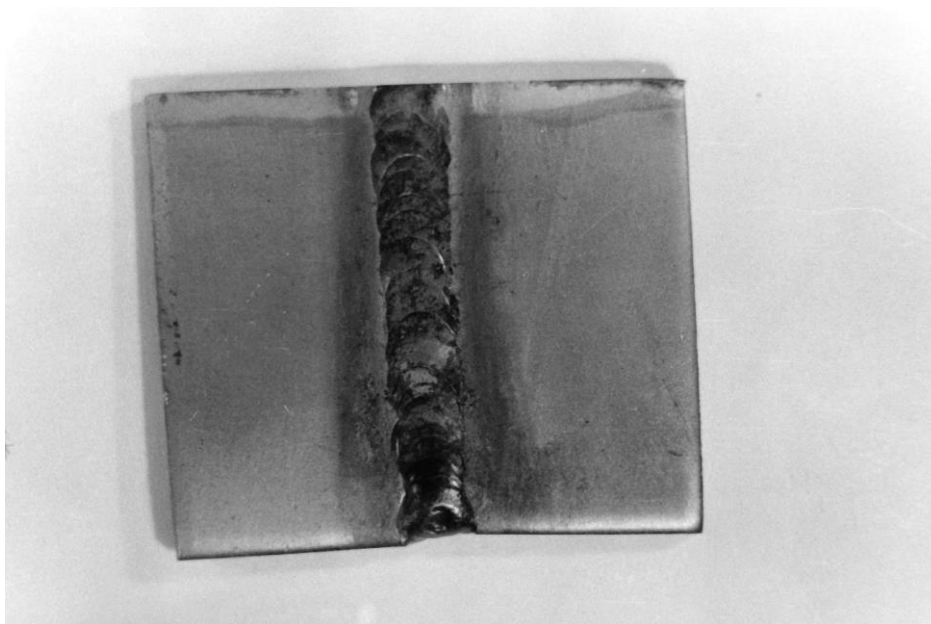


Рисунок 4.4 – Зовнішній вигляд зварного зразка з електрошлакового титану
BT1-0



Рисунок 4.5 – Макроструктура зварного зразка

Зварні з'єднання з литого електрошлакового титану були досліджені і на герметичність методом газової проби. В результаті проведених досліджень встановлено, що отримані зварні з'єднання герметичні. Вплив технологічного варіанту виплавки на герметичність зварних швів не позначається. Отже, литий електрошлаковий титан може бути застосований для виготовлення герметичних конструкцій.

Для оцінки міцності зварного з'єднання зразки розривали на машині. Міцність зварного з'єднання з литого електрошлакового титану BT1-0 порівнювали з міцністю листового титану BT1-0, а також з міцністю зварних швів, зварених з листового титану BT1-0. Результати досліджень наведені в таблиці 4.4. Наведені дані свідчать про те, що міцність зварних з'єднань з литого електрошлакового титану перевищує в 1,2 – 1,5 рази міцність зварного з'єднання зразків з листового титану.

Таблиця 4.4 – Характеристики міцності зварних з'єднань з титану BT1-0

№	Характеристика зразка	Технологія отримання сплаву	Межа міцності, МПа
1	2	3	4
1.	Суцільний переріз	Листовий прокат	459
2.	Зварні зразки	Листовий прокат	400
3.	Зварні зразки	Листовий електрошлаковий метал, отриманий із захистом шлакової ванни аргонном з ковзаючим струмопідводом в нижній частині електрода	432

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
4.	Зварні зразки	Листовий електрошлаковий метал, отриманий без захисту шлакової ванни аргоном з ковзаючим струмопідводом в нижній частині електрода	450
5.	Зварні зразки	Листовий електрошлаковий метал, отриманий без захисту шлакової ванни аргоном з струмопідводом у верхній частині електрода	480

Слід зазначити, що міцність зварного з'єднання істотно залежить від варіанту виплавки, найбільш міцне з'єднання отримано з електрошлакового титану, виплавленого без захисту шлакової ванни аргоном з струмопідведенням у верхній частині електрода. В даному випадку межа міцності зварного з'єднання (560 МПа) перевищує в 1,2 рази межу міцності листового титану суцільного перетину (459 МПа).

Для інших двох технологічних варіантів виплавки зі змінним струмопідведенням і з захистом і без захисту шлакової ванни аргоном межа міцності зварних з'єднань (432 ... 475 МПа) знаходиться на рівні міцності листового прокату суцільного перетину (459 МПа).

В цілому, отримані результати свідчать про те, що литий електрошлаковий титан ВТ1-0 зварюється досить добре. Якість зварювання не поступається якості зварювання листового титану ВТ1-0.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДІЛЬНИЦІ

5.1 Організація виробництва виробу

Для того, щоб спроектувати дільницю для електрошлакової виплавки заготовок пресових пуансонів гарячого деформування, необхідно:

- розробити технологічного процес і пронормувати операції;
- установити річну виробничу програму заготовок;
- розрахувати необхідну кількість устаткування й виробничу площу ділянки;
- розрахувати чисельність персоналу ділянки.

5.2 Нормування операцій технологічного процесу

Точний розрахунок техніко-економічних параметрів ділянки залежить від ретельності нормування виконуваних робіт, обліку всіх операцій і визначення норм часу на кожну операцію.

Таблиця 5.1 – Технологічний процес і норми часу

Найменування операції	Норма штучного часу, н/год
1. Транспортування	0,50
2. Рубка у розмір	0,20
3. Транспортування	0,50
4. Зварювання	1,00
5. Транспортування	0,20
6. Проколювання флюсу	2,00
7. Підготування установки А-550	0,20
8. Плавка відливку $d = 100$ мм та $h = 350$ мм	0,75
9. Контроль якості	0,20
Всього	5,75

5.3 Річна виробнича програма

Таблиця 5.2 – Розрахунок виробничої програми

Найменування виробу	Норма штучного часу на одиницю	Виробнича програма	
		одиниць, шт	нормо-година
Заготовка пуансона	5,75	590	3400

5.4 Розрахунок кількості устаткування виробничої площі дільниці

Розрахунок необхідної кількості устаткування за кожним типом ведеться за формулою:

$$C_p = \sum_{i=1}^m \frac{ti \cdot Ni}{F_{g.o}}, \text{ одиниць,} \quad (5.1)$$

де m – кількість видів робіт;

ti – норма штучного часу, н/год;

Ni – річна виробнича програма 1 того виробу, шт;

$F_{g.o}$ – дійсний річний фонд часу устаткування, год.

Прийнята кількість устаткування встановлюється шляхом округлення до цілої величини C_{np} .

Коефіцієнт завантаження устаткування:

$$K_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (5.2)$$

На виробничім 1 змінний режим роботи устаткування при п'ятиденному робочому тижні – 40 годин.

Номінальний фонд часу роботи устаткування при 2 змінному режимі:

$$F_{\text{ном}} = 4160 \text{ год.}$$

Дійсний річний фонд часу визначається за формулою:

$$F_{\text{г.о}} = F_{\text{ном}}(1 - K_z), \text{ год.} \quad (5.3)$$

Усі розрахунки по устаткуванню наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок устаткування

Найменування встаткування	Модель	Кількість устаткування		Коефіцієнт завантаження
		з розрахунку	прийняте	
1. Термічна піч	СНОЛ 2,5-10	1,62	2	0,82
2. Гільотина		0,89	1	0,84
3. Зварювальний пристрій у CO ₂	Tesla weld	2,9	3	0,97
4 .Електрошлакова установка	A-550	2,4	3	0,80
5. Самописець зв. характеристик	KCM2-029	2,8	3	0,97
Разом		10,61	13	0,88

Виробнича площа ділянки розраховується виходячи з кількості устаткування, робочих місць, площі займаною одиницею устаткування з урахуванням площі на проходи, проїзди й інше (20 %).

Ухвалюємо площу ділянки:

$$S = 2(18) \cdot 12 = 432 \text{ м}^2.$$

5.5 Розрахунок чисельності персоналу

Чисельність основних виробничих робітників на нормованих роботах розраховується по операціях відповідно до розрядів і професіями по формулі:

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^m tiNi}{F_{г.р.} \cdot K_{в.н.}}, \quad (5.4)$$

де m – кількість видів робіт;

ti – норма штучного часу на i -ту операцію, н/ч;

Ni – річна виробнича програма i -того виробу, шт;

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

Дійсний річний фонд часу одного робітника визначається по формулі:

$$F_{г.р.} = F_{ном} (1 - \vartheta), \quad (5.5)$$

де $F_{ном}$ – ухвалюється для однозмінного режиму – 2080 година;

ϑ – планований коефіцієнт невиходів працівників на роботу (0,12 – 0,15);

$$F_{г.р.} = 2080 (1 - 0,15) = 1768 \text{ годин.}$$

Чисельність допоміжних робітників по професіях розраховується по нормах обслуговування устаткування.

Чисельність керівників і фахівців ділянки (майстер, технолог) розраховується за штатним розкладом.

Загальна чисельність персоналу дільниці наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Загальна чисельність персоналу дільниці

Персонал	Чисельність персоналу	У тому числі по розділах						У т.ч. по змінам
		I	II	III	IV	V	VI	I
1. Основні робітники: зварник оператор гільйотини	3				1	2		
Усього	3				1	2		3
2. Допоміжні робітники	1				1	1		2
слюсар-електрик,	2				1			
слюсар наладчик,	1					1		
ремонтник								
контролер,								2
транспортний робітник								
Усього	4				2	2		4
3. Керівник - майстер	1							1
Усього керівників і фахівців	1							1
Разом	8							8

5.6 Планування витрат на виробництво

У даному розділі необхідно запланувати матеріальні витрати, витрати на основні виробничі фонди, розраховувати фонд оплати праці працюючих, скласти калькуляцію собівартості продукції.

Матеріальні витрати. Вартість основних і допоміжних матеріалів розраховується на основі норм використання цін. Крім того враховуються транспортно-заготівельні витрати в розмірі 5 ... 7 % від вартості матеріалів.

До допоміжних матеріалів ставляться ті матеріали, які використовуються для здійснення технологічного процесу по електрошлаковій виплавці заготовок штампів столових приладів.

Таблиця 5.5 – Розрахунок вартості допоміжних матеріалів

Найменування матеріалу, марка	Норма витрат		Ціна за 1 т. л. матеріалу, грн.	Вартість на програму	
	на виріб, кг, л	на програму		за прейскурантом, тис. грн.	з урахуванням транс, заг. витрат, тис. грн
1. Зварювальний електрод Binzel WR2	1	1000			0,96
2. Вуглекислий газ CO ₂	10	10000	40 000	400	428
3. Флюс АН-1П	0.8	800	30 400	38	40,66
Усього					469,62

Вартість основних виробничих фондів.

Вартість основних виробничих фондів передбачає наступні розрахунки:

- вартість будинків визначається на основі розрахованої загальної площі ділянки й вартості 1м² будинку (700 ... 1500 грн за 1м²);
- вартість споруджень становить 5 ... 7 % вартості будинків;
- вартість устаткування розрахована з обліком транспортно-заготівельних витрат і монтажу (10 ... 15 %) і наведена в таблиці;
- вартість коштовних інструментів пристосувань і інвентарю (становить 5 ... 7 % балансової вартості устаткування);
- вартість транспортних засобів (3 ... 5 % балансової вартості устаткування).

Таблиця 5.6 – Розрахунок вартості устаткування

Найменування устаткування	Ціна за одиницю, грн.	Кількість устаткування, шт.	Балансова вартість, тис. грн.
1. Термічна піч	17100	2	37 620,0
2. Гільйотина	9231	2	19 755,0
3. Tesla Weld	23000	1	23 000,0
5. Електрошлакова установка	25000	2	500 000,0
6. Самописець	13873	2	29 688,2
Усього		9	612 000,0

Розрахунок вартості основних виробничих фондів, амортизаційних відрахувань, структури проведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок вартості основних фондів

Найменування основних фондів	Балансова вартість, тис. грн	Структура, %	Норма амортиз. відрах, %	Амортиз. відрахування тис. грн.
1. Виробничі будівлі	259,2	18,5	5,0	12,96
2. Спорудження	18,15	1,3	6,6	1,20
3. Устаткування	1005,07	71,6	20,0	201,00
4. Транспортні Засоби	50,25	3,6	20,0	10,05
5. Коштовний інструмент	70,35	5,0	25,0	17,60
Усього	1403,02	100		242,80

Фонд оплати праці персоналу ділянки

Сума заробітної плати, яка виплачується працівникам підприємства, утворює фонд оплати праці.

Фонд оплати праці розраховується згідно із прийнятими формами й системам оплати праці.

На проектованій ділянці по електрошлаковій виплавці заготовок штампів оплата праці основних і допоміжних виробничих робітників буде здійснюватися за почасово-преміальною формою оплати праці; керівників і фахівців за штатно-окладної.

Плановані доплати й премії ухвалюються в розділі 50 – 60 % від тарифної (основної) зарплати. Премії із прибутку становлять 15 % до основної зарплати для основних і допоміжних робітників, для керівників і фахівців – 50 %.

Тарифний річний фонд оплати праці основних і допоміжних робітників розраховується за формулою:

$$З_{\text{тар}} = C_1 \cdot K_{\text{тар.ср}} \cdot F_{\text{г.р.}} \cdot R_{\text{раб}}, \quad (5.6)$$

де C_1 – годинна тарифна ставка робочого І-того розряду, грн;

$F_{\text{г.р.}}$ – дійсний річний фонд часу роботи робітників, год;

$R_{\text{раб}}$ – чисельність робітників;

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

$$K_{\text{тар.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i \cdot R_i}{R}, \quad (5.7)$$

де m – кількість розрядів робітників;

K_i – тарифний коефіцієнт i -того розряду.

$$K_{\text{тар.ср}}^{\text{осн.раб}} = 1,35;$$

$$K_{\text{тар.ср}}^{\text{всп.раб}} = 1,31.$$

Річний тарифний фонд основних і допоміжних робітників:

$$З_{\text{тар}}^{\text{осн.раб.}} = 60 \cdot 5,75 \cdot 590 = 556\,104 \text{ грн};$$

$$З_{\text{тар}}^{\text{всп.раб.}} = 50 \cdot 5,75 \cdot 590 = 459\,425 \text{ грн.}$$

Фонд оплати праці працюючих дільниці наведено в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Фонд оплати праці працюючих

Категорія персоналу	Чисельність	Фонд заробітної плати, тис. грн			Премії з прибутку, грн	Фонд оплати праці, тис. грн	Середня зарплата, грн.
		тарифний	додатковий	усього			
1. Основні виробничі робітники	3	556 104	278 052	834 156	125 123	959 279	26 646
2. Допоміжні робітники	4	459 425	229 712	689 138	103 370	792508	16 510
3. Керівники, фахівці	1	108000	—	108000	72000	180000	15000
Усього	8	1 123	507 764	1 631 294	300 493	1 931	56

5.7 Собівартість виробу

Собівартість виробу визначається всіма витратами ділянки по наступних статтях прямих і непрямих витрат.

Прямі витрати.

Основні й допоміжні матеріали – 469,62 тис. грн.

Тарифна (основна) заробітна плата основних виробничих робітників – 556 104 грн.

Додаткова заробітна плата основних робітників, премії – 278 052 грн.

Відрахування на соціальне страхування від фонду оплати праці основних виробничих робітників – 22 % – 211 042 тис. грн.

Паливо й енергія на технологічні цілі – 74 550 984 тис. грн.

$$З_{\text{енерг}}^{\text{мехн.}} = 80 \text{ кг} \cdot 3400 \cdot 1350^{\text{кВтч/т}} \cdot 2,68 = 74\,550\,984 \text{ тис. грн.}$$

У цю статтю включений розрахунок вартості енергії на здійсненні технологічного процесу, виходячи з норм витрат на одиницю виробу.

Непрямі витрати.

Стаття «Витрати на утримання і експлуатацію устаткування» є комплексною й охоплює такі витрати:

Утримання робочих місць і устаткування:

- вартість силової електроенергії;
- витрати на стиснене повітря, технічну воду, допоміжні матеріали.
- заробітна плата допоміжних робітників з відрахуваннями на соціальне страхування;
- поточний ремонт устаткування й дорогих інструментів;
- амортизація устаткування й дорогих інструментів;
- зношування малоцінних і швидкозношуваних предметів;
- інші витрати.

Цю статтю розрахуємо укрупнене. За даними базового підприємства ухвалюємо відсоток ВУЕУ рівним 470 % (від тарифної заробітної плати основних виробничих робітників).

$$PCЭO_{\text{един}} = \frac{556104}{3400} \cdot \frac{470}{100} = 768,74 \text{ грн.}$$

Стаття «Загальновиробничі витрати» (ЗВВ) – це витрати на керування в

межах цеху, ділянки. Стаття є комплексною й охоплює такі витрати:

- 1) утримання цехового персоналу – річний фонд заробітної плати фахівців і керівників з відрахуваннями на соціальне страхування;
- 2) утримання приміщень і інвентарю:
 - вартість освітлювальної електроенергії;
 - вартість води на побутові потреби, пару для опалення, допоміжні матеріали та ін;
- 3) поточний ремонт будинків і інвентарю;
- 4) амортизація будівлі й споруджень;
- 5) витрати на проведення дослідів, досліджень, раціоналізаторство й винахідництво;
- 6) витрати на охорону праці й техніку безпеки;
- 7) інші витрати.

Цю статтю розрахуємо збільшено. За даними базового підприємства ухвалюємо відсоток ЗВВ рівним 185 % від тарифної заробітної плати основних виробничих робітників

$$\text{ЗВВ}_{\text{вдин}} = \frac{556104}{3400} \cdot \frac{185}{100} = 0,30 \text{ грн.}$$

Загальногосподарські (ЗГВ) або адміністративні витрати – це витрати на керування, виробниче й господарське обслуговування на рівні підприємства, ділянки. Сума загальногосподарських витрат визначається прямим розрахунком або укрупнене в % до тарифної заробітної плати основних виробничих робітників (150 %).

Витрати на збут це витрати, пов'язані зі змістом складів готової продукції, витрати на впакування, транспортування продукції виробничої собівартості. Собівартість одиниці продукції розраховується на основі складання калькуляції собівартості продукції (табл. 5.9).

Таблиця 5.9 – Калькуляція собівартості продукції

Статті витрат	Витрати	
	усього витрат, тис. грн.	на одиницю, грн.
1. Основні й допоміжні матеріали	469 620	138,13
2. Тарифна (основна) зарплата основних виробничих робітників	556104	163,56
3. Додаткова зарплата основних виробничих робітників	278 052	81,78
4. Відрахування на соціальне страхування	211 042	62,1
5. Паливо й енергія на технологічні цілі	74 550 984	21 926
6. Витрати на. утримання і експлуатацію устаткування (ВУЕУ)	238 650	70,2
8. Загальновиробничі витрати (ЗВВ)	0,30	8,82
9. Собівартість виробнича	13 302 140	22 546
10. Загальногосподарські (адміністративні) витрати	83415	24,54
11. Витрати на збут	267280	78,7
12. Собівартість повна	76 655 147	129 924

5.8 Економічне обґрунтування пропозицій розробки

У даному розділі розраховуємо річний економічний ефект, який можна одержати при впровадженні технологічного процесу по електрошлаковій виплавці заготовок пресових пуансонів гарячого деформування.

Для цього наведені витрати на виплавку заготовки пуансона зіставимо з витратами на виготовлення нового пуансона.

Крім того необхідно оцінити ефективність і результативності діяльності виробничої ділянки.

Розрахунок економічного ефекту. Порівняльна економічна ефективність полягає у визначенні найбільш економічного варіанта рішення господарського завдання.

Показниками порівняльної економічної ефективності є:

- сума наведених витрат по базовому й новому варіантах;
- економічний ефект за розрахунковий рік.
- показник наведених витрат:

$$Z_i = C_i + E_{\text{нн}} K_i \rightarrow \min, \quad (5.8)$$

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

$E_{\text{нн}}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних витрат ($E_{\text{нн}} = 0,15$);

K_i – капітальні витрати по i -тому варіанту;

- економічний ефект за розрахунковий рік визначиться за формулою:

$$\Xi = Z_1 - Z_2, \text{ грн}; \quad (5.9)$$

$$Z_2 = 22546 + 0,15 \frac{556104}{3400} = 22570 \text{ грн};$$

Собівартість нового становить 22570 грн.

$$\Xi = (22\,570 - 22\,546) \cdot 3400 = 81\,600 \text{ грн.}$$

Ефективність і результативність. Оцінку ефективності й результативності діяльності можна здійснити по показниках:

1) річний випуск виробів:

- у натуральнім вираженні – 3400 шт;
- по трудомісткості, нормо-година – 20880 нормо-годин;
- у грошовому вимірі, грн. – 76 655 147;

- 2) виробнича площа ділянки, м² – 216;
- 3) вартість основних виробничих фондів, тис. грн. – 1403,02;
- 4) облікова чисельність персоналу – 8 чол.; у тому числі:
 - основні робітники – 3;
 - допоміжні – 4;
 - керівники, фахівці – 1;
- 5) фонд оплати праці працюючих ділянки. грн. – 1 931 787;
- 6) середня заробітна плата працюючих ділянки за місяць, грн. – 58156;
- 7) продуктивність праці одного працюючого ділянки в рік, тис.грн./чол:

$$ПТ = \frac{C_n - M - n/\phi}{R}, \frac{\text{тыс. грн}}{\text{чел}}$$

де C_n – повна собівартість виробів на річну програму, грн;

M – вартість допоміжних матеріалів на річну програму, грн;

n/ϕ – вартість напівфабрикатів на річну програму, грн;

$$ПТ = \frac{76655147-469,62}{8} = 9\,523\,190 \text{ грн};$$

8) фондівдача, грн/грн:

$$f = \frac{C_n - M - n/\phi}{\Phi_{\text{осн}}}, \text{ грн/грн};$$

$$f = \frac{76655147-469,62}{1403,02} = 54\,302 \text{ грн/грн};$$

9) фондомісткість, грн/грн:

$$f^I = \frac{\Phi_{\text{осн}}}{C_n - M - n/\phi}, \text{ грн./грн.}$$

$$f^I = \frac{1403,02}{76655147 - 469,02} = 1,81 \text{ грн./грн.}$$

- 10) коефіцієнт завантаження устаткування – 0,97;
- 11) собівартість одиниці продукції, грн. – 22 546 (див. табл. 5.9);
- 12) економічний ефект за розрахунковий рік, грн. – 81600.

Розрахункові показники результативності зведено в таблицю 5.10.

Висновок. В результаті розробки технології електрошлакового наплавлення, організації спеціалізованої ділянки отримані наступні результати:

- підвищення якості виробу;
- збільшення терміну служби;
- зниження витрат;
- отриманий річний економічний ефект 81600 грн.

Таблиця 5.10 – Показники ефективності й результативності

Найменування показників	Значення показника
1. Річний випуск виробів:	
- у натуральному вираженні, одиниць	590
- по трудомісткості, н-год.	3400
- у грошовому вираженні, тис. грн.	76 655 147
2. Виробнича площа ділянки, м ²	216
3. Вартість основних фондів, грн.	1403020
4. Облікова чисельність, чол.:	
- усього	8
- основних робітників	3
- допоміжних робітників	4
- керівники й фахівці	1
5. Фонд оплати праці, грн.	1 931 787
6. Середня заробітна плата на місяць, грн.	58 156
7. Продуктивність праці одного працюючого, грн/чол.	9 523 190
8. Фондовіддача	54302
9. Коефіцієнт завантаження устаткування	0,97
10. Фондомісткість	1,81
11. Собівартість одиниці продукції, грн.	22546
12. Економічний ефект за розрахунковий рік, грн	81600

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У розділі надані основні заходи з охорони праці при зварюванні титанових електродів методом зварювання неплавким вольфрамовим електродом в середовищі захисних газів Ar та ЕШП.

6.1 Аналіз потенційних небезпеки

а) можливість ураження електричним струм. Головними причинами уражень можуть бути не виконання правил з електробезпеки, не використання індивідуальних засобів захисту, відсутність захисного заземлення зварювального обладнання, пробій ізоляції в електричній схемі;

б) електрофтальмія, причиною якої є ультрафіолетове випромінювання зварювальної дуги або плазматрона, що може привести до ураження органів зору (опіків сітківки ока, опіків шкірного покривив особи);

в) раптове руйнування судин для зберігання робочих газів під тиском. Основними небезпеками є:

- використання балонів з терміном придатності, який скінчився;
- недбалість поводження з балонами;
- неправильне їх зберігання;
- порушення правил експлуатації судин під тиском, які можуть стати причиною серйозних руйнувань, важким механічним травмам, летальним наслідкам;

г) втрата герметичності трубопроводів, які подають робочі гази на робоче місце, причиною яких є використання невідповідних типів шлангів, неправильне їх з'єднання. Механічні пошкодження трубопроводів, які можуть привести до витoku газів, як наслідок отруєння цими газами;

д) небезпеки які пов'язані з підготовкою та налаштуванням технологічних пристосувань для проведення зварювання та ЕШП, зокрема: механічні травми, при падінні вихідних частин електродів, порізів гострими крайками які можуть бути через порушення правил охорони праці;

ж) термічні опіки в результаті випадкового дотику до нагрітих поверхонь обладнання, електродів;

е) негативний вплив електромагнітних полів і випромінювань, джерелами яких є зварювальні трансформатори. Негативний вплив електромагнітних полів полягає в зниженні імунітету людини, а відповідно, сприяє розвитку загальних захворювань;

и) незадовільні параметри повітряного середовища в робочій зоні, причинами яких є незадовільна робота систем опалення та повітрообміну, що може привести до зниження комфортності праці та загальних захворювань;

к) незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної забрудненості. Це може привести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а в результаті і до травмування;

л) умови праці в надзвичайних ситуаціях, зокрема: можливість загорянь причинами, яких є порушення правил пожежної безпеки, неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є невідповідність персоналу до дій в умовах НС.

.

6.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

а) основними заходами електробезпеки є:

Електрообладнання зварювальних ділянок, ділянок нанесення наплавлень, повинні відповідати вимогам НПАОН 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», ДСН 3.3.6.096-2002

«Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» і ін. цими чинними нормативними актами з охорони праці.

Експлуатацію і ремонт електроустановок повинні проводити спеціально навчений персонал (вимоги до персоналу повинні відповідати ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»).

Для кожної електроустановки повинні бути зроблені експлуатаційні схеми нормальної та аварійної роботи. В електричних схемах повинні бути передбачені захисні електрозапобіжники від перевантажень і коротких замикань.

Електричне обладнання повинні бути заземлено відповідно до ПУЕ-2015.

Всі неізольовані струмопровідні елементи електрообладнання повинні бути надійно обгороджено суцільними огорожами, зняття або відкриття яких можливо тільки за допомогою спеціальних пристроїв.

При виконанні робіт необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту відповідно до НПАОП 24,9-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Зокрема діелектричні килимки та ін.

Проводка для трансформаторів може бути тимчасовою і постійною, але на всій її протяжності вона повинні бути піднята на висоту, яка забезпечує недосяжність (> 3 м). Спуск проводів виконується по колонах для виключення механічних пошкоджень, застосовують шланговий провід.

Зварювальні дроти повинні бути гнучкими, з легкої і міцної ізоляцією. Довжина проводу від електродотримача не повинна перевищувати 2 ... 3 м. Підвідний провід довше 30 м застосовувати не рекомендується. Підключіть гнучкого приводу електродотримача необхідно проводити з використанням мідних кабельних наконечників, з'єднаних болтами і шайбами.

Головна вимога електробезпеки щодо джерел електричного струму полягає в тому, що при перервах в зварюванні зварювальний ланцюг знаходиться під повним вторинному напрузі відносно землі. Тому робота в мокрій брудному одязі не припустима. Необхідно заземлення джерел

електроенергії.

б) для захисту робітників від випромінювань зварювальної дуги, яке може привести до пошкодження органів зору (опіків сітківки ока, опіків шкірного покриву обличчя).

Як засіб захисту, передбачено застосування наголовних щитків зі світлофільтрами ГОСТ 12.4.035-78 «ССБТ Щитки захисні лицьові для електрозварників. Технічні умови», захисні окуляри типу ГС-3 і ГС-7 ГС-12 або установці світлофільтрів в камері наплавлення.

в) згідно до ГОСТ 12247-80 «Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов на Рр 50 и 112 МПа», основними судинами для зберігання робочих газів в зварювальний й наплавочний виробництві є балони з стиснутим до 50 ... 90 атм. робочими газами, зокрема аргону та вуглекислого газу.

Особливу увагу слід приділяти маркуванні балонів: на верхній сферичній частині горловини маркування номера балона, ємність, завод виробник, дата виготовлення, маса балона, робочий і випробувальний тиск, термін наступного випробування. Експлуатація балонів з простроченим терміном випробування суворо заборонено. Важливе значення має також колір цих балонів. Кольори фарбування балонів: кисень – синій з написом чорною фарбою «кисень», ацетилен – білий з написом «ацетилен», азот – чорний, аргон – сірий.

Балони повинні зберігатися в спеціальних приміщеннях, на відкритому повітрі під спеціальним навісом від впливу прямих сонячних променів і опадів. Не допускається зберігання в одному приміщенні балонів кисню і ацетилену. Заповнені балони повинні зберігатися у вертикальному положенні. Вони зміцнюються спеціальними хомутами. У приміщеннях для зберігання балонів підлога повинна бути рівним, не слизькою, виготовлений з матеріалів, які виключають іскроутворення.

Переміщення балонів дозволяється тільки на спеціальних візках, транспортування вручну суворо заборонено, через можливість падіння, механічного пошкодження. Транспортування балонів повинна здійснюватися тільки при наявності запобіжного клапана на горловині балонів. Ці заходи

безпеки посилюються в холодну погоду, коли знижується пластичність матеріалів, з яких виготовлений балон. Експлуатація балонів в зимовий період вимагає їх витримки в теплій кімнаті.

Технологічна схема виробництва передбачає два варіанти подачі робочого газу для технологічного обладнання: подачу газів з балонів по газових магістралей або установкою в безпосередній близькості від місця роботи, поєднуючи їх гнучкими шлангами. Всі операції комутації балонів з установкою виконуються з використанням обміднених гайкових ключів, щоб уникнути іскроутворення.

Відкриття вентиля має бути плавним, а тиск на манометрі редуктора не повинно перевищувати технологічного. Протікання газу на з'єднаннях не допускається. Виробляти повністю кисень і ацетилен забороняється. Необхідно залишити надлишковий тиск від 1 МПа до 2 МПа. Цей захід запобігає попаданню в балон сторонніх газів.

Щоб виключити пошкодження через надмірне збільшення тиску необхідно стежити за температурою поверхні балона. Підвищення температури понад 40° С є неприпустимим.

На горловині балона встановлюють редуктор.

При експлуатації редуктора можуть виникнути такі несправності:

- самоплив – при відкритті регульовальному вентилю газ надходить в робочу камеру. Це може привести до надмірного підвищення тиску в робочій камері і розриву мембрани, що призведе до потужного викиду газу в систему. Причина: попадання під клапан бруду (стружки, окалини, неметалічних частинок).

- замерзання редуктора роботи на відкритому повітрі в холодний період року – призводить до зниження тиску газу. Відігрівати редуктор за допомогою відкритого вогню категорично заборонено, щоб уникнути займання газу і вибуху. Необхідно використовувати гарячу воду.

- зрив редуктора – призводить до миттєвого викиду великих обсягів газу, що призводить до механічних травм, основною причиною є зношеність різьби

на штуцері або накидний гайки. Використання таких редукторів заборонено.

г) заходи безпеки для уникнення втрати герметичності трубопроводів, які подають робочі гази на робочому місці:

- шланги повинні бати армованими;
- з'єднання шлангів гладкими з'єднанням неприпустимо. З'єднання шлангів проводиться за допомогою хомута;
- герметизація проривів ізолентою не допускається – область пошкодження вирізають і з'єднують з'єдначем (йорж) або хомутом.

Використовувати шланги для подачі кисню і ацетилену тільки за призначенням.

д) для виключення механічних травм працівники, зварювальних і наплавочних ділянок повинні забезпечуватися захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами відповідно до ГОСТ 12.4.103-83 «Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг і рук».

Класифікація.

Брезентові захисні костюми ГОСТ 12.4.221-2002 «ССБТ Одяг спеціальний для захисту від підвищених температур теплового випромінювання, конвертинові теплоти. Загальні технічні вимоги».

Щитки захисні ГОСТ 12.4.035 78 «ССБТ щитки захисні лицьові для електрозварників. Технічні умови».

Рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови».

Спеціальне взуття (черевики, напівчоботи) із захисним носком згідно ДСТУ 10998-74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень. Взуття зварника повинна бути з глухим коміром.

ж) для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних засобів захисту, зокрема, рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови».

6.3 Заходи щодо забезпечення промислової санітарії та гігієни праці

Одним із заходів захисту від негативного впливу електромагнітних полів є нормування їх напруженості відповідно ДСН 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів», винос потужного технологічного обладнання за межі робочої зони.

и) для нормалізації параметрів повітряного середовища в проекті передбачено: пристрій технічних систем, які повинні забезпечувати параметри повітряного середовища відповідно до норм, які вказані в таблиці 6.1, згідно з СНиП 23-01-99 «Будівельна кліматологія».

Таблиця 6.1 – Оптимальні фізичні параметри оточуючого середовища цеха

Пори року	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість, м/с
Холодний	18 – 22	40 – 60	0,1 – 0,3
Теплий	20 – 23	40 – 60	0,1 – 0,4

У теплий період року для зниження температури повітря в робочому просторі необхідно використовувати природну вентиляцію або общеобменную припливно-витяжну вентиляцію відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони ». У холодний період року використовуються системи водяного опалення відповідно до СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

и) для забезпечення необхідного рівня виробничого освітлення слід дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-3006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування» з урахуванням розряду зорової роботи: VII-VIII розряд при Ен не менше 200 лк. Вибір джерел освітлення виконується в залежності від

розмірів виробничого приміщення. Можуть використовуватися люмінесцентні лампи і газорозрядні лампи низького і високого тиску.

6.4 Заходи по забезпеченню безпеки в умовах надзвичайних ситуацій

6.4.1 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для виробничого приміщення (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаного ПК з ВДТ розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж» (EN2: 1992, EN2:1992/A1:2014, IDT) у приміщенні (дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класів – А (що супроводжуються горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

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

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

У разі виникнення пожежі у приміщенні (дослідницької лабораторії конструкторського бюро, тощо) обладнане ПК з ВДТ для евакуації персоналу

відповідно до вимог ДБН.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП2.0.9.02-85 «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується.

6.4.2 Порядок дій персоналу в умовах НС

Заходи, які пов'язані з безпекою роботи в умовах надзвичайних ситуацій. Порядок дій сил цивільної оборони (ЦО) при ліквідуванні наслідків стихійних лих.

У більшості випадків стихійні лиха супроводжуються загибеллю матеріальних цінностей, а іноді і людськими втратами. Тому при ліквідації наслідків стихійних лих основним завданням сил ЦО є врятування людей і по можливості матеріальних цінностей. Успіх дій формувань багато в чому залежить від своєчасної організації і проведення розвідки й обліку конкретних умов обстановки. Оскільки стихійні лиха виникають раптово, оповіщення о.с. формувань, їх комплектація і створення угруповань сил ЦО повинні проводитися в найкоротший термін. Виступ формувань з районів збору в райони дій повинен здійснюватися з максимально можливою швидкістю. Командири формувань у районах робіт повинні постійно знати обстановку і, у відповідності з її зміною, уточнювати раніше поставлені чи ставити нові завдання підрозділами. Прогнозувати загрози повеней дозволяє своєчасно здійснити комплекс попереджувальних заходів, які значно знижують можливі збитки, а також створити сприятливі умови для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у зонах затоплення. Зміст цих заходів і їх обсяг визначаються часом попередження повені.

Так, масштаби повеней, які викликаються весняними водами, можна прогнозувати за місяць і навіть більше завдяки постійним спостереженням органами гідрометеослужби, визначенню висоти снігового покриву і встановленню залежності виникнення повені від нього від нього, визначенню запасів вологи в ґрунті, знанню строків скресання річок, температури повітря в період паводку і т.д. Отже, можна заздалегідь провести протипаводкові заходи.

При паводках, які викликаються заторами, час попередження звичайно обчислюється декількома годинами, тобто він значно менший, ніж у розглянутому вище випадку. Але з огляду на те, що місця постійних заторів звичайно відомі, запобіжні заходи можна вжити задовго до льодоходу. Паводки, які викликаються випаданням рясних злив та інтенсивним таненням льдовиків, прогнозуються на основі багаторічних спостережень.

Про майбутню небезпеку повені чи селевого потоку оповіщаються всі організації і населення. Начальники, штаби і служба ЦО приводять у готовність формування, які залучаються до ведення боротьби зі стихійним лихом, ставлять їм завдання, вказують послідовність, способи і терміни їх виконання, уточняють питання взаємодії й організовують управління.

Для виявлення й уточнення обстановки організовуються розвідка. Найбільш оперативною є повітряна, яка д того ж дає можливість одержання інформації про значні території. Більш точний стан поблизу гребель і мостів визначають, використовуючи дані наземної розвідки.

ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження показали принципову можливість застосування технології електрошлакової виплавки для отримання заготовок деталей з відходів листового титану BT1-0.

2. Встановлено, що електрошлакові виливки можна отримувати у відкритому кристалізаторі із використанням стандартного флюсу АИФ-ІІІ. При цьому, щільність і однорідність литого металу визначається енергетичними параметрами плавки і кількістю флюсу. Вміст домішок у електрошлаковій виливки залежить від технологічного варіанту виплавки.

3. При дослідженні технологічних властивостей литого електрошлакового титану BT1-0 встановлена його добре оброблюваність різанням. Також, литий електрошлаковий титан досить надійно зварюється. Це свідчить про те, що електрошлакові виливки з титану можна використовувати як заготовки для деталей.

4. Видається також вельми доцільним провести дослідження з легування в процесі електрошлакової плавки титанових виливків зі сплаву BT1-0, що дозволить істотно розширити марочний склад одержуваних титанових заготовок.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Александрова, Л.Б. Применение титана в черной и цветной металлургии [Текст] / Л.Б. Александрова, Э.Д. Филоненко. – Запорожье : Институт титана, 1971. – 23 с.
2. Конструирование и применение титанового оборудования, работающего в агрессивных средах. М.: Издательство ЦНИИ цветной металлургии, 1972. – 91 с.
3. Применение титана в промышленности [Текст] / М. : Издательство ЦНИИ цветной металлургии, 1970. – Вып. 1. – 136 с.
4. Глазунов, С.Г. Применение титана в народном хозяйстве [Текст] / С.Г. Глазунов, С.Ф. Важенин, Я.Л. Ратнер. – Киев : «Техніка», 1975. – 200 с.
5. Галицкий, С.Г. Титан и его сплавы в химическом машиностроении [Текст] / С.Г. Галицкий, М.М. Абелев, Л.М. Колосова. – М. : Машиностроение, 1983. – 360 с.
6. Сахно, К.К. Применение титана для оборудования целлюлозно-бумажной промышленности [Текст] / К.К. Сахно, В.В. Волинский. – М. : Машиностроение, 1982. – 147 с.
7. Важенин, С.Ф. Титан для оборудования пищевой промышленности [Текст] / С.Ф. Важенин, В.Г. Крючек, В.М. Макименко. – Киев : «Техника». – 1985. – 215 с.
8. Armantront C.E., Ausmus S.U. Properties of electroslog and vacuum – arc weltded titanium-In: The electrolag welting process / P.H. Nafziger et al Albany (Oreg), 1976. – pp. 109-117.
9. Бат, Г.К. Обзор программы ВВС, относящейся к вакуумно-дуговому переплаву титановых сплавов. Рафинирующие переплавы [Текст] / Г.К. Бат., Д. Табайс, Р. Кеннарб. – М. : Металлургия, 1981. – 261 с.
10. Корнилов, И.И. Титан [Текст] / И.И. Корнилов. – М. : Металлургия, 1975. – 215 с.

11. Курдюшов, А.В. Плавка и затвердевание сплавов цветных металлов [Текст] / А.В. Курдюшов, М.В. Ликунов, Р.А. Бахтиаров. – М. : Металлургия. – 215 с.
 12. Еременко, В.Н. Титан и его сплавы [Текст] / В.Н. Еременко. – К. : Издательство АН УССР, 1960. – 500 с.
 13. Сергеев, В.В. Значение особых свойств титана при его производстве и применении [Текст] / В.В. Сергеев, Л.Л. Нерославская. – М. : Цветметинформ., 1966. – 67 с.
 14. Маквиллен, А.Д. Титан [Текст] / А.Д. Маквиллен, М.И. Маквиллен. – М. : Металлургия, 1958. – 458 с.
 15. Электрошлаковый металл [Текст] / под ред. Б.Е. Патона, Б.И. Медовара. – Киев : Наукова думка, 1961. – 660 с.
-

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Блоник Д.	
Провер.	Овчинников	
Н. контр.	Шумикін	
Листов 4		Лист 1

ГКІЮ 02.06.19	
МД	

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

СОГЛАСОВАНО

ПІДПИСАНО

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

Розробка електрошлакової технології
отримання (виготовлення) деталей з відходів
титану ВТ1-0 з проектуванням ділянки.

Нормоконтроль

Дата 16.12.19.

Внедрен в производство

Акт № _____ Дата _____

С.А. Шумикін

Зав. кафедрой ОТЗВ

Дата 16.12.2019.

Комплект документов

соответствует

О.В. Овчинников

ТД

ДОДАТОК А

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											Листов 4	Лист 2		
Разраб.			БІЛОНЧІК Д.											
Пров.			ОВІЦІННИКОВ								ГКІЮ 02.06.19			
Н. контр.			ШУМІКІН											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции					Обозначение документа				
Б	Код. наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала				Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
1 01	Перевезти відходи листової абрізі													
02	титану ВТІ-0 до гілкотини													
03	та перевати їх на поруб-				Транспортна					0,5				
04	ку.													
05														
2 06	Порубити відходи на				Рубка в розмір									
07	смуги перерізом 20 x 5 мм,				на гілкотині					0,2				
08	20 x 6 мм і 20 x 8 мм				Слюсар IV									
09														
3 10	Перевезти титанові смуги				Транспортна					0,5				
11	до зварювального посту.													
12														
4 13	Зварити смуги з витратні				Зварювальна					1,0				
14	електроди				Зварювальник VI									
15	Джерело живлення													
16	Ток - Напруга -													
17	Вольфрамовий електрод ф													
18	Захисний газ - аргон ГОСТ													
19	Расход аргоны													
20	Присадка ВТІ-0 ф3мм													
21														

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
											Листов 4	Лист 3			
Разраб.			БІЛОНЧУК Д.												
Пров.			ОВШИННИКОВ								ГКІЮ 02.06.19				
Н. контр.			ШУМЧИКІН												
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.		Код. наименование операции					Обозначение документа				
Б	Код. наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
5	22	Перевезти витратні електроди до													
	23	електрошлакового устаткування					Транспортна					0,2			
	24														
6	25	Прожарити флюс АНФ-1					Термізна					1,0			
	26	при температурі 800°C					терміст у								
	27														
	28														
7	29	Підготувати обладнання					Підготовка					0,4			
	30	для проведення плавок					слюсарів								
	31	Витратних електродів з титану													
	32	ВТІ-0. Встановити кристалізатор													
	33	Ø55, ковзальний токопідвод,													
	34	витратний електров. засипати													
	35	флюс. Включити воду для													
	36	охолодження кристалізатору.													
	37														
	38														
	39														
	40														
	41														
	42														

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
												Листов 4	Лист 4	
Разраб.			БІЛОНЧУК Д.									ГКІЮ 02.06.19		
Пров.			ОВЗЧНИКОВ											
Н. контр.			ШУМИКІН											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции					Обозначение документа				
Б	Код. наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала				Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
8 43	ВМЧКУТУ трансформатор													
44	ТЩС-3000-1. Провести роз-				Виплавити заготовку									
45	плавлення флюсу. Встановити деталі									0,75				
46	роботий режим I=1650А				Зварювальна									
47	Ц-36В. Вести наплавлення				Зварювальник IV									
48	до повного заповнення криста-													
49	лізатора. Відключити													
50	трансформатор ТЩС-3000-1.													
51	Витримати 15хвчлин відливок													
52	в кристалізаторі													
53														
9 54	Провести контроль розмірів													
55	(штатгенциркуль) та				Контрольна					0,2				
56	стан поверхні відливки				Контролер IV									
57	зовнішнім оглядом													
58										Усього 4,75				
59														
60														
61														
62														
63														

[illegible]

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.	
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
				Документація									
A1				Креслення збиральне									
				Складальні одиниці									
БК		1		Мідний контакт	1								
БК		2		Розходуємий електрод	1								
БК		3		Мідний прижим	1								
БК		5		Кронштейн	1								
БК		7		Пружина	1								
				Стандартні вироби									
БК		4		Болт М10х110 ГОСТ 7805-70	1								
БК		6		Швейлер №10 ГОСТ 8240-92	1								
БК		8		Шайба М10 ГОСТ 11371-70	1								
БК		9		Гайка М10 ГОСТ 5915-70	1								
ГКІЮ 02.06.19													
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Ковзаючий токопідвід			Лит.	Лист	Листов			
Разраб.	Білоник	МВ	12.12.13					МД	1	2			
Проб.	Свечинник	СВ						НЧ 3П" каф. ОТЗВ група 19-318м					
Н.контр.	Цицикин	Ц											
Утв.	Свечинник	СВ											

Копировал

Формат А4

ДОДАТОК Б

Инв№подл	Подп и дата	Взам инв №	Инв№ дубл.	Подп и дата	Предв примен			Примечание
					Кол	Наименование	Обозначение	
								Зона
								Формат
								Поз.
								Документация
								А1
								ГКИЮ 060813.00 ОВ
								Сборочный чертеж
								Детали
								Б4
								1
								Гильза
								Б4
								2
								Фланец
								Б4
								3
								Патрубок
								Стандартные изделия
								Б4
								4
								Болт М10х1,5-6дх40
								ГОСТ 7808-70
								Б4
								5
								Гайка М10х1,5-6Н
								ГОСТ 5915-70
								Б4
								6
								Шайба 6-08кп
								ГОСТ 11371-78
								Материал
								Б4
								7
								Асбестовая набивка
								ГОСТ 12.871-83
								ГКИЮ 02.06.19
								Изм Лист № докум. Подп Дата
								Разраб Білончик 12.12.19
								Пров ОБЧИННИКОВ
								Н контр ШУМИКІН
								Утв ОБЧИННИКОВ
								Кристаллизатор
								Лит. Лист Листов
								М.Д. 1 1
								НУ"ЗЛ" каф. ОТЗВ
								группа 19-318М

Формат А4