

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Фізико-технічний, інженерно-фізичний
(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Дослідження формування поверхні
злитка при ЕСПП з низьким коефіцієнтом
заповнення кристалізацією з проектування
діяльності.

Виконав: студент VI курсу, групи МР-313м
спеціальності (напряму підготовки)

131 Прикладна механіка,

технології та устаткування
зварювання

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Бабич В.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник Бережний С.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
20 14 рік

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

Інститут, факультет Фізико-технічний інженерно-фізичний
 Кафедра Обладнання та технологій зварювального виробництва
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
 Спеціальність 13.1 Прикладна механіка об'єкти, програма
"технології та експлуатація зварювання"
 Напрямок підготовки _____
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

" ____ " _____ 20 ____ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Бодик Володимир Павлович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження формування поверхні злитка
при ЕШП з низьким коефіцієнтом запобігання
кристалізатора з проектуванням різьби
 керівник проекту (роботи) Березанський Станіслав Петрович
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

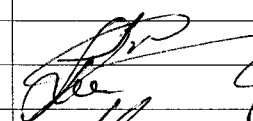
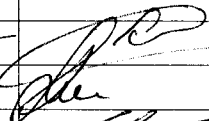
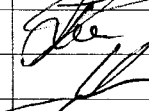
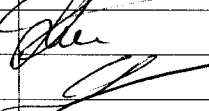
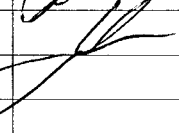
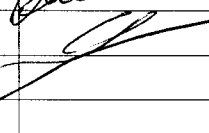
затверджені наказом вищого навчального закладу від "12" грудня 2018 року № 389

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____
 3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення виробу і програма
виробництва 4800

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Характеристика виробу та зварювання
технології отримання 2. Методика проведення
досліджень 3. Аналіз проведених досліджень 4. Техніка
економічних розрахунків 5. Охорона праці та
безпека при надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Схематичне креслення; Вихідні матеріали; Умовлення
А-550; Конструкція зварювального електроду;
Схема зварювання електродом; Формула обчислення
злитка ЕШП. Характер покриття іскрового електроду;
Розуміння механізму аналізу; Формула;
Техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	Березиний С.П.		
4	Крутікова В.В. доц. каф. ПТ та БД		
5	Костеров О.В. зов. каф. ОПіНС		

7. Дата видачі завдання

11.09.18

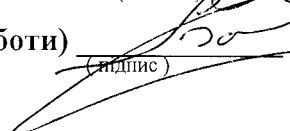
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	12.10.18-20.10.18	виконав
2	Аналіз літературних джерел та технології встановлення	21.10.18-27.10.18	виконав
3	Формування зображення досліджень	28.10.18-03.11.18	виконав
4	Робота проведення досліджень	04.11.18-09.11.18	виконав
5	Аналіз результатів досліджень	10.11.18-13.11.18	виконав
6	Технічна економічність об'єкту встановлення	15.11.18-19.11.18	виконав
7	Робота захарів з охорони праці	20.11.18-25.11.18	виконав
8	Формування проекту встановлення	26.11.18-30.11.18	виконав
	затвердження проекту		

Студент

 К.В. Радіцький
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

 С.П. Березиний
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 80 с., 23 рис., 28 табл., 19 джерела.

Об'єкт дослідження – електрошлаковий процес отримання зливоків сталі 08ГДНФ при малому коефіцієнті заповнення кристалізатора.

Мета роботи – розробити технологічний процес отримання зливоків заданого перерізу на існуючому обладнанні малої потужності.

Метод дослідження – аналіз технологічного процесу, аналіз хімічного складу зливоків.

Розроблено конструкцію витратного електрода, яка дозволяє отримувати зливки з гарною поверхнею і однорідним хімічним складом при легуванні через витратний електрод при малому коефіцієнті заповнення кристалізатора.

Відображено питання охорони праці, цивільної оборони, виконано проект ділянки та розрахунок економічного ефекту.

ЗЛИВОК, ВИТРАТНИЙ ЕЛЕКТРОД, ЛЕГУВАННЯ, ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ЕЛЕКТРОШЛАКОВИЙ ПЕРЕПЛАВ.

ABSTRACT

EN: 80 p., 23 pic., 28 table., 19 source

Object of research – to research and to develop technology processes of production by electroslag melt method steel 08GDNF.

Target of work – the development of technological processes from the set of tasks to re-use on the most enjoyable little.

Method of research – analysis of chemical proposition casting metal of the production by ESS process.

The method of distribution is an analogue of technological process, an analysis of a warehouse of chemical products. It is designed by the construction of a consumable electrode, which is permitted by removing the rear of the head and i with a single chemical warehouse at the same time through a small electrode at a small capacity of the crystallizer.

It was presented the civil defense, development the project of the area of making of casts is projected. Economical calculations was made.

ANVIL, CONSUMABLE ELECTRODE CHEMICAL PROPOSITION
ELECTROSLAG MELTING

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБУ	9
1.1 Характеристика виробу, умови експлуатації.....	9
1.2 Існуючі технології виготовлення зливків сталі 08ГДНФ.....	11
1.3 Обґрунтування вибору технології отримання зливків сталі 08ГДНФ.....	12
1.4 Аналіз складу флюсу для електрошлакового лиття.....	14
1.5 Формування завдання дослідження.....	17
2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	19
2.1 Методика дослідження введення легуючих компонентів у вигляді гранульованої присадки	19
2.2 Методика розкислення феросиліцієм.....	19
2.3 Методика легування марганцем та ванадієм	21
2.4 Методика легування через метал витратного електрода	23
2.5 Методика дослідження однорідності зливка.....	23
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
3.1 Легування зливка через метал витратного електрода	25
3.1.1 Плавлення основної частини рознесеного електрода.....	25
3.1.2 Легування міддю та нікелем.....	27
3.2 Дослідження плавлення та краплеутворення рознесеного комбінованого електрода.....	28
3.3 Хімічний аналіз сталевих злитків 08гднф отриманих ЕШП	33
3.4 Дослідження формування злитка при ЕШП з низьким коефіцієнтом заповнення кристалізатора	36
3.5 Вибір стандартного обладнання.....	44
3.6 Вибір допоміжного обладнання	47

3.7 Висновки по частині 3	48
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	49
4.1 Технічне нормування операцій	49
4.1.1 Розрахунок кількості обладнання, площі ділянки	50
4.1.2 Розрахунок чисельності персоналу ділянки	53
4.2 Планування витрат на виробництво	55
4.2.1 Матеріальні витрати	55
4.2.2 Вартість основних засобів.....	57
4.2.3 Розрахунок фонду оплати праці.....	58
4.2.4 Собівартість виробу.....	61
4.2.5 Непрямі витрати.....	62
4.3 Економічне обґрунтування запропонованих розробок	65
4.3.1 Розрахунок економічного ефекту	66
4.3.2 Ефективність та результативність	66
4.4 Висновки по розділу техніко–економічні розрахунки	67
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	68
5.1 Аналіз потенційної небезпеки на проєктованій ділянці.....	68
5.2 Заходи щодо забезпечення безпеки	69
5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці	71
5.4 Заходи з пожежної безпеки.....	74
5.6 Заходи забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях	76
ВИСНОВКИ.....	78
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	79

ВСТУП

Виробничі потреби вимагають отримання масивних злитків великого перерізу з використанням наявного обладнання малої потужності. Обмеження обладнання по силі струму вимагає ведення процесу при низьких коефіцієнтах заповнення кристалізатора (КЗК), це призводить до проблем формування злитка, таких як: глибокі гофри на поверхні злитків, незадовільне формування нижньої частини, що вимагає великої кількості металу, який відрізається. При цьому низькі КЗК вимагають використання витратних електродів великої довжини. Довжина електрода також обмежена технологічними можливостями обладнання.

На сьогоднішній день в науковій літературі та довідниках відсутні практичні рекомендації щодо ЕШП з низьким коефіцієнтом заповнення кристалізатора. Тому це питання потребує додаткового вивчення.

Виробничі процеси досить часто вимагають невеликої кількості металу високої якості заданого хімічного складу. Існуючи на підприємствах технології індукційного та дугового переплаву не завжди забезпечують якість отриманих зливків малих розмірів. В цьому випадку, доброю альтернативою є електрошлакова технологія отримання зливків з легуванням у процесі переплаву витратного електрода, але явище хімічної ліквідації є стримуючим фактором такого виробництва.

Метою роботи є розробка технологічних прийомів для забезпечення формування якісної поверхні злитків отриманих електрошлаковим переплавом при низькому коефіцієнті заповнення кристалізатора.

Задача досліджень – розробити технологічний процес отримання злитків ЕШП вагою 45 кг сталі 08ГДНФ (яка не випускається металургійними підприємствами України) з існуючих матеріалів: сталі 08кп та необхідних легуючих: міді, нікелю та феросплавів.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБУ

1.1 Характеристика виробу, умови експлуатації

Сталь 08ГДНФ застосовують для виготовлення обладнання, що працює у важких кліматичних умовах та при вібраційному навантаженні. Тому заготовки проходять жорсткий контроль. Механічні властивості, забезпечуються структурним станом та хімічним складом, наведеним у табл.

1.1. Для виготовлення необхідних деталей необхідно отримання злитка перерізом 140×170×240 мм, вагою 45. Головна та донна обріз видаляється, тому треба отримати злиток вагою 50 кг.

Сталь 08ГДНФ застосовують для виготовлення ливарно-зварних конструкцій, відповідальних деталей, до яких висуваються вимоги високої в'язкості, міцності. що працюють при температурах від – 60 до 350 °С.

Злитки використовуються як конструкційна деталь – стійка, до якої приварюються кронштейни для підтримки зварювальних генераторів великої потужності. Кронштейни застосовуються у обладнанні, яке використовується у різних кліматичних умовах від тропічного вологого, пустельного жаркого клімату до умов крайньої півночі з низькими температурами. Стійка кронштейну є відповідальною деталлю, оскільки при її руйнуванні відбувається руйнація коштовних електричних генераторів.

Зварювання виконується без попереднього підігріву.

Після операції зварювання вся конструкція підлягає термічній обробці – нормалізації.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 08ГДНФ, ГОСТ 977-88 [1]

Хімічний склад, мас. %								
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	Cu
≥0,1	0,15...0,4	0,6...1,0	1,15...1,55	≥ 0,035	≥0,035	≥0,3	0,06...0,15	0,8...1,2

Твердість матеріалу 08ГДНФЛ $HV 10^{-1} = 126 - 178$ МПа.

Механічні властивості матеріалу 08ГДНФЛ наведено у табл.1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості при $T=20^{\circ}\text{C}$ матеріалу 08ГДНФЛ [1]

Сортамент	Розмір мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, кДж / м ²	Термічна обробка
Зливки	до 100	450	350	18	30	500	Нормалізація 930 – 970 °С, Відпуск 590 – 650 °С,

Технологічні властивості матеріалу 08ГДНФЛ наведено у табл.1.3.

Таблиця 1.3 – Технологічні властивості матеріалу 08ГДНФЛ [1]

Зварюваність:	без обмежень
Флокеночутливість:	не чутлива
Здатність до відпускнуї крихкості:	не хнильна.
Ливарно-технологічні властивості, лінійна усадка, %	2.1

Фізичні властивості матеріалу 08ГДНФЛ наведено у табл.1.4

Таблиця 1.4-Фізичні властивості матеріалу 08ГДНФЛ

T	$E \cdot 10^{-5}$	$\alpha \cdot 10^6$	λ	ρ	C	$R \cdot 10^9$
Град	МПа	1/Град	Вт(м·град)	кг/м ³	Дж (кг·град)	Ом·м
20	2.12		39	7850	482,5	223
100	2.06	10.3	39		483	275
200	2.01	11.3	39		500	367
300	1.89	12	39		517	487

σ_B – межа міцності, [МПа];

σ_T – межа текучості, [МПа] ;

δ_5 – відносне подовження при розриві, [%];

ψ - відносне звуження, [%] ;

KCU - Ударна в'язкість, [кДж / м²] .

Фізичні властивості:

T - Температура, при якій отримано результати, [Град]

E - Модуль пружності першого роду, [МПа]

α - Коефіцієнт температурного (лінійного) розширення (діапазон 20° - T),
[1/Град]

λ - Коефіцієнт теплопровідності (теплоємність матеріалу), [Вт/(м·град)]

ρ - щільність матеріалу , [кг/м³]

C - питома теплоємність матеріалу (діапазон 20° - T), [Дж/(кг·град)]

R - питомий електроопір, [Ом·м].

До матеріалу виробу – стійка застосовується жорсткий контроль по механічним властивостям, хімічному складу та структурним станом.

1.2 Існуючі технології виготовлення зливків сталі 08ГДНФ

Отримання сталевих злитків великих розмірів заданого хімічного складу в нинішній час не викликає проблем. На підприємствах України досить потужностей та відпрацьовані технології. Отримані злитки вагою 5 та 10 тон потребують значного переділу для формування структури та необхідних розмірів. Але, виробничі процеси досить часто вимагають невеликої кількості металу високої якості заданого хімічного складу. Тому замовлення великої кількості металу призводить до значної кількості залишків та робить виробництво нерентабельним. Існуючи на підприємствах технології індукційного та дугового переплаву не завжди забезпечують якість отриманих зливків малих розмірів матеріалу 08ГДНФЛ. Наявність міді у складі сталі

викликає утворення значної кількості пор.

Також можливо отримувати зливки сталі 08ГДНФ у вакуумних дугових печах гарнісажної плавки з витратним, або невитратним електродом, а також в електронно-променевих і плазмово-дугових печах. В якості шихти можливе використання відходів сталі із додаванням феросплавів феромарганцю і феросиліцію, ферованадію та металів – міді та нікелю. Але, введення марганцю в сплав при даній технології важко. Оскільки температура кипіння марганцю у вакуумі при 50 мкм рт. ст. не перевищує 673°K [2], в процесі переплаву відбувається з випаруванням та втратами до 10-15 % Mn [3].

У разі використання вакуумних дугових печей переплаву важко досягти рівномірності розподілу необхідних елементів у донній і головній (короні) частинах злитку [2]. Крім того вакуумно-дугові печі повинні бути оснащені дозаторами для подачі феросплавів в зону плавлення, що створює істотні ускладнення. Ці технології досить дорогі. Тому всі перераховані вище способи мало придатні для отримання зливок сталі 08ГДНФ.

В цьому випадку, доброю альтернативою є електрошлакова технологія отримання зливок з легуванням у процесі переплаву витратного електрода, але явище хімічної ліквідації є стримуючим фактором такого виробництва. Тому необхідно розробити технологічний процес отримання зливок ЕШП вагою 45 кг сталі 08ГДНФ (яка не випускається металургійними підприємствами України) з існуючих матеріалів: сталі 08кп та необхідних легуючих.

1.3 Обґрунтування вибору технології отримання зливок сталі 08ГДНФ

Експлуатаційна надійність зварних конструкцій і стабільність фізико-механічних властивостей зварних з'єднань залежать від якості і однорідності складу вхідної сировини, що використовується для її виготовлення.

Відомо, що домішки кольорових металів, сірки, фосфору і неметалеві

включення істотно знижують механічні властивості металу зварного шва, і особливо ударну в'язкість [4]. З'єднання сірки і кольорових металів, в результаті утворення різних евтектики, підвищують так само схильність наплавленого металу до утворення гарячих тріщин. Тому обираючи метод отримання зливок сталі 08ГДНФ необхідно обирати той, що забезпечує однорідний склад матеріалу, мінімальну кількість вмісту газів, шкідливих домішок і неметалевих включень.

Для отримання зливок сталі 08ГДНФ найбільш підходящою виявляється електрошлакова технологія. Відповідно [5, 6, 7], при електрошлаковому переплаві можливе отримання металу відносно високої чистоти. Шлак при ЕШП захищає метал від взаємодії газів атмосфери. Це дозволяє проводити переплав без використання вакуумних систем, що значно полегшує введення і дозування феросплавів у вигляді кускової присадки на шлакову ванну.

Застосування активних флюсів і розвинені поверхні реагування при ЕШП, забезпечує найбільш повне рафінування металу від домішок [6].

Спосіб ЕШП витратного електроду з додаванням кускової присадки є найбільш ефективним для отримання зливок сталі 08ГДНФ при використанні відходів дешевої сталі 08кп і додаванні феросплавів. При цьому можливе використання існуючого обладнання ЕШП. Відсутність необхідності в вакуумних системах дозволяє використовувати для внесення кускових присадок феросплавів вагові дозатори простого конструктивного оформлення, що полегшує автоматизацію введення присадок і поєднання контролю як за цим процесом так і переплавом в цілому.

Тому, для отримання зливок сталі 08ГДНФ з високою фізико-хімічною однорідністю, низьким вмістом домішок кольорових металів і газів найбільш доцільним є спосіб електрошлакового виплавки з використанням в якості витратних електродів відходи сталі 08кп у вигляді листової обрізи із додаванням феросплавів феросиліцію, феромарганцю, ферованадію та металів-міді та нікелю.

1.4 Аналіз складу флюсу для електрошлакового лиття

Флюс при ЕШП є одним з основних матеріалів, необхідних для здійснення процесу ЕШП, з якого в ході переплавки утворюється рідкий шлак.

Шлак захищає розплавлений метал від безпосереднього контакту з окислювальною атмосферою повітря, створює резервуар тепла вище розплавленого металу, який запобігає утворенню усадочної раковини і внутрішньої усадки.

Шлаковий шар служить головним джерелом тепла і основним засобом регулювання хімічного складу металу. Шлаки рафінують метал по включенням, сірці і інших елементів.

Виходячи з викладеного, вимоги, що пред'являються до флюсу для ЕШП, можна розділити на дві групи: технологічні та металургійні [5, 8].

До технологічних вимог належать такі:

- а) легкий старт і висока стабільність процесу ЕШП;
- в) мінімальна питома витрата електроенергії;
- г) гарне формування поверхні злитка і легке відділення від неї шлакової корки;
- ж) мінімальна вартість.

До основних металургійних вимог належать:

- а) мінімальна окислювальна здатність;
- б) висока десульфуруюча здатність;
- в) висока здатність видалення з металу неметалічних включень і газів;
- г) хороший захист розплавленого металу від впливу атмосфери повітря.

До перерахованих вимог слід додати, що шлаки для ЕШП не повинні містити дорогих і дефіцитних компонентів.

Оптимальним співвідношенням між температурою плавлення і кипіння шлаку і температурою металу, що переплавляється є наступне: температура плавлення шлаку трохи нижче, а температура кипіння - вище температури плавлення металу [4].

Для забезпечення мінімальної витрати електроенергії шлак, повинен володіти високим електричним опором.

Для забезпечення високого ступеня десульфатції необхідно застосовувати високоосновні шлаки і в першу чергу з великим вмістом оксиду кальцію (CaO).

В даний час в промисловості найбільш широко застосовують флюси склад яких наведено в табл. 1.5.

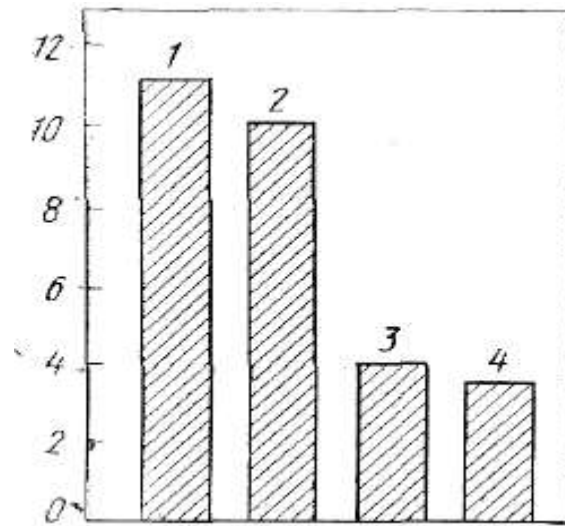
Таблиця 1.5 - Флюси для ЕШП [4]

Марка флюсу	Масова частка компонента, %					Температура плавлення, °C
	CaF ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	
АНФ-1	100	-	-	-	-	1380-1410
АНФ-6	70	30	-	-	-	1250-1280
АНФ-7	80	-	20	-	-	1350-1360
АНФ-8	60	20	20	-	-	1240-1260
АНФ-25	55	16	12	12	5	1240-1250
АН-295	14	53	28	5	-	1300-1380

ЕШП на флюсі АНФ-1 супроводжується великою витратою електроенергії і характеризується низькою продуктивністю. Фторидний флюс АНФ-6 є по суті основним видом робочого флюсу.

Основними характеристиками, що визначають технологічні властивості застосовуваних при ЕШП флюсів, є: електрична провідність, в'язкість, щільність і поверхневі властивості.

Електрична провідність флюсу в розплавленому стані залежить як від його складу, так і від температури. Дані про електричну провідність ряду флюсів для ЕШП при температурі 2000 °С наведено на рис. 1.1. [6].



1 - АНФ-1; 2 - АНФ-7; 3 - АНФ-6; 4 - АН-295

Рисунок 1.1 - Електрична провідність флюсів для ЕШП при 2000 °С [6].

Електрична провідність флюсу впливає на температуру процесу ЕШП. Так, зменшення електричної провідності фториду кальцію, що досягається введенням оксиду алюмінію при незмінному електричному режимі, супроводжується підвищенням температури.

Підвищення температури процесу сприяє збільшенню продуктивності і зниженню питомої витрати електроенергії.

Вплив складу флюсу на показники ЕШП сталі приведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 - Характеристики флюсів [6]

Марка флюсу	АНФ-1	АНФ-6	АН-295
Електрична провідність флюсу при 1600-1900 °С, Ом ⁻¹ ·см ⁻¹	5-6	1,2-3,2	0,4-1,5
Продуктивність, кг / год	102	132	182
Витрата електроенергії, кВт·год / т	1546	1055	950

З урахуванням викладеної інформації, для технології електрошлакового переплаву витратного електрода доцільно обрати флюс АНФ-6. Це поширений флюс з хорошими технологічними показниками.

1.5 Формування завдання дослідження

Задача досліджень – розробити технологічний процес отримання злитків ЕШП вагою 45 кг сталі 08ГДНФ (яка не випускається металургійними підприємствами України) з існуючих матеріалів: сталі 08кп та необхідних легуючих: міді, нікелю та феросплавів.

Метою роботи є розробка технологічних прийомів для забезпечення формування якісної поверхні злитків отриманих електрошлаковим переплавом при низькому коефіцієнті заповнення кристалізатора, що дозволить використовувати існуюче обладнання малої потужності та розширити його технологічні властивості..

Якість виплавленого металу визначається за багатьма критеріями, одним з найважливіших є хімічна відповідність складу та рівномірність розподілення.. Відповідність хімічного складу забезпечує механічні властивості матеріалів та деталей в цілому, тому цей показник потребує прискіпливого контролю та перевірки.

Невідповідність кількісного вмісту елементів у металі – наслідок використання невідповідних вихідних матеріалів, використання неякісних матеріалів, недотримання технології отримання.

Отримання виплавленого металу заданого хімічного складу при отриманні великих злитків не викликає проблем. На підприємствах України досить потужностей та відпрацьовані технології. Отримані злитки вагою 5 та 10 тон потребують значного перековування для формування структури та необхідних розмірів. Але виробничі процеси досить часто вимагають невеликої

кількості металу високої якості заданого хімічного складу. Існуючи на підприємствах технології індукційного та дугового переплаву не завжди забезпечують якість отриманих зливків малих розмірів. В цьому випадку, доброю альтернативою є електрошлакова технологія отримання зливків з легуванням у процесі переплаву витратного електрода, але явище хімічної ліквідації є стримуючим фактором такого виробництва.

Додатковою проблемою для легування стає складна конструкція витратного електрода. Зважаючи на ряд переваг використання саме такого електроду при електрошлакового переплаву (ЕШП) з низьким коефіцієнтом заповнення (КЗК) [1], постає задача провести дослідження можливих варіантів легування та розробка технології введення легуючих компонентів при використанні витратного електрода з рознесеними основною та стартовою частинами в умовах ЕШП з низьким КЗК.

Задача досліджень – розробити технологічний процес отримання злитків ЕШП вагою 45 кг сталі 08ГДНФ (яка не випускається металургійними підприємствами України) з існуючих матеріалів: сталі 08кп та необхідних легуючих.

2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методика дослідження введення легуючих компонентів у вигляді гранульованої присадки

Виходячи з того, що основою для отримання злитків 08ГДНФ були сталеві шини марки 08кп – першою задачею було розкислення металу. З літератури [2] відомо, що для розкислення використовують: силіцій, титан, марганець. Для кращого їх засвоєння вводять ці елементи у вигляді феросплавів, ці елементи мають більшу спорідненість до кисню ніж залізо. Нами були обрані доступні та відносно дешеві феромарганець та феросиліцій.

Відомо, що до шлакової ванни можна вводити 40...68 % гранульованої присадки [6]. Враховуючи це, обрані нами розкислювачі вводились у вигляді гранул.

2.2 Методика розкислення феросиліцієм

Нами був використаний феросиліцій марки ФС69э, хімічного складу згідно ГОСТ 1415-78, табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад феросиліцію електропічного [9]

Si, %	Хімічний склад, мас. % (не більше)							
	C	S	P	Al	Mn	Cr	Ti	Ca
67...72	0,01	0,02	0,04	0,10	0,30	0,30	0,04	0,10

При виборі розміру фракції ми керувались умовою, що гранула феросплаву повинна повністю розплавитись до моменту входження в

металевої ванни та розчинилася в металі. Згідно діаграми стану Fe–Si [3] визначимо температуру плавлення феросиліцію ФС69э –1210-1315 °С, рис. 2.1.

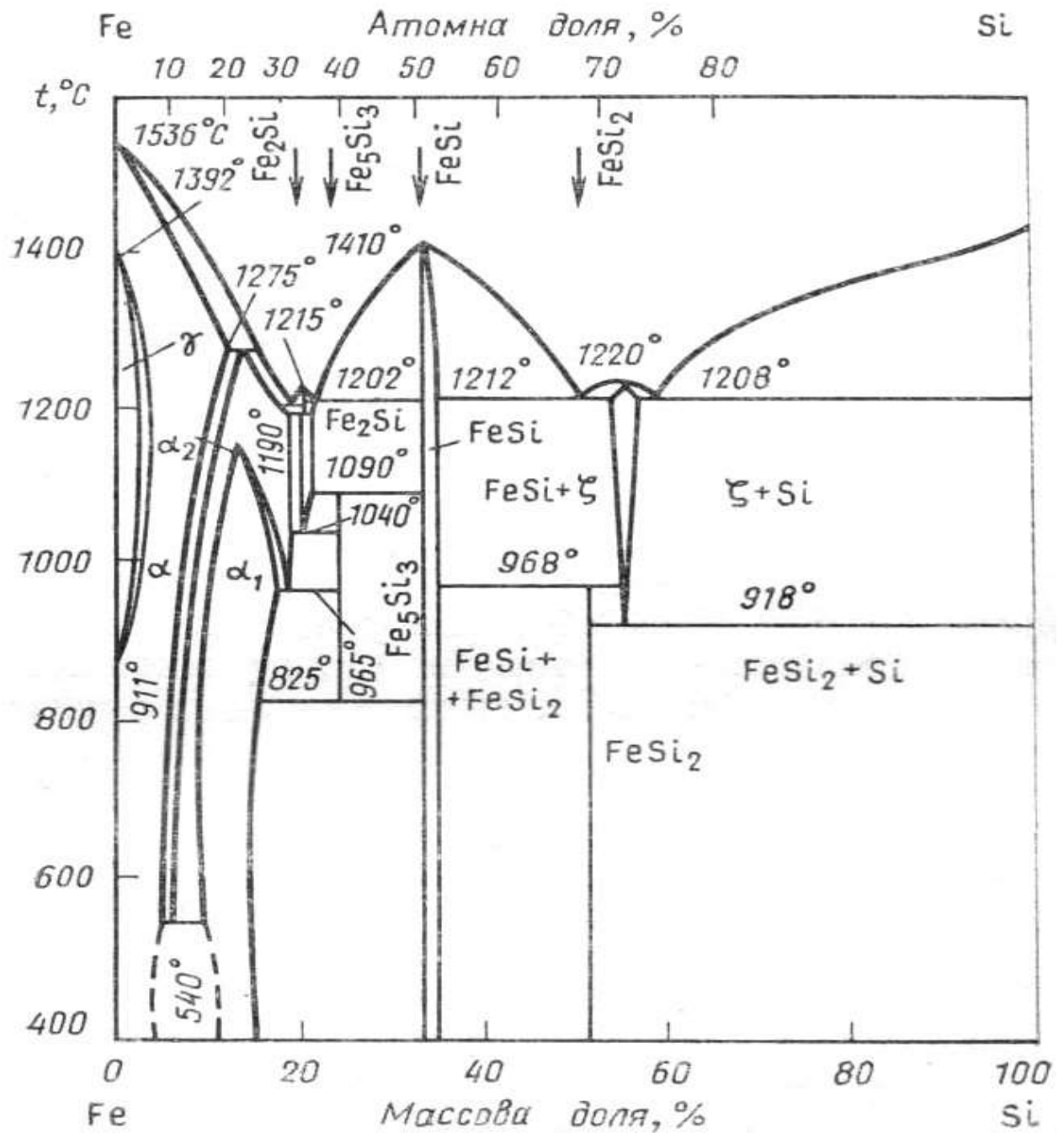


Рисунок 2.1 – Діаграма стану Fe–Si [9]

Визначивши температуру плавлення, користуючись графіками (рис. 2.2) визначимо розмір гранул феросиліцію, що гарантовано розплавляться при проходженні: шлакової та металевої ванн.

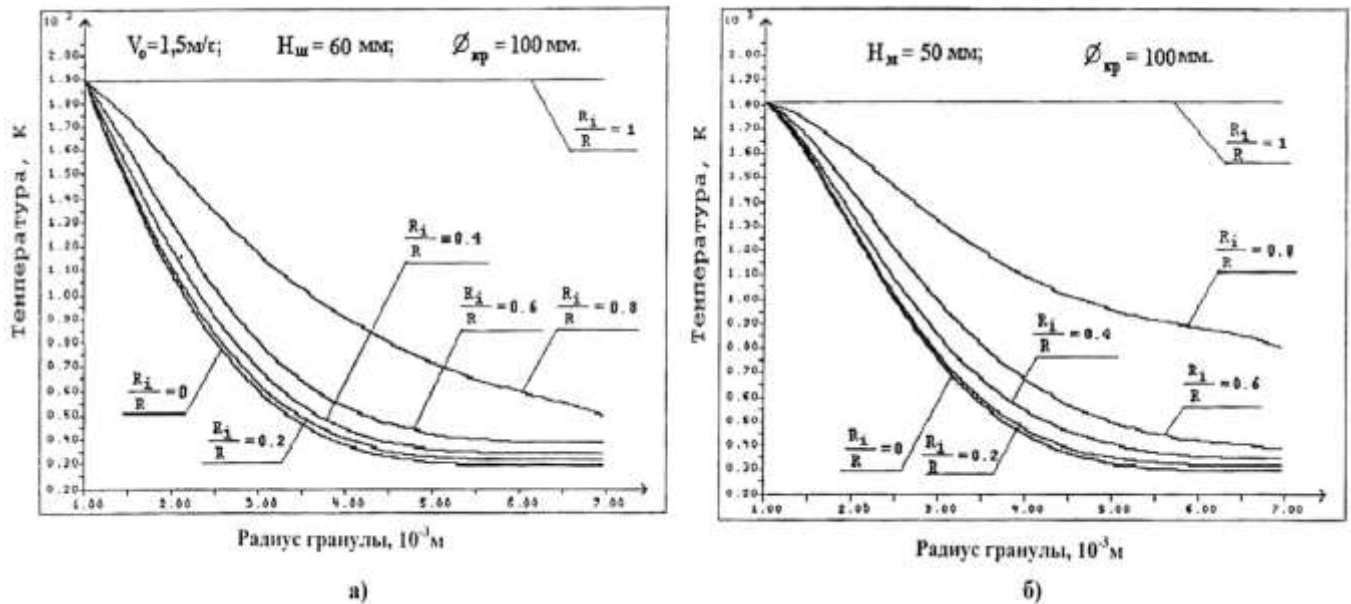


Рисунок 2.2 – Розподіл температури в гранулі при проходженні шлакової (а) та металевої (б) ванни, початкова швидкість $V_0 = 1,5$ м/с, діаметр кристалізатора $\varnothing_{кр} = 100$ мм.

З аналізу графіків можна зробити висновок, що при температурі плавлення феросиліцію ФС69э – $1210...1315$ °С, діаметр гранул може бути у межах від 1,5 мм до 2,0 мм. В такому разі умова повного розплавлення виконується.

Вміст кремнію в сталі 08ГДНФ знаходиться у межах 0,15...0,4 % мас (ГОСТ 977-88).

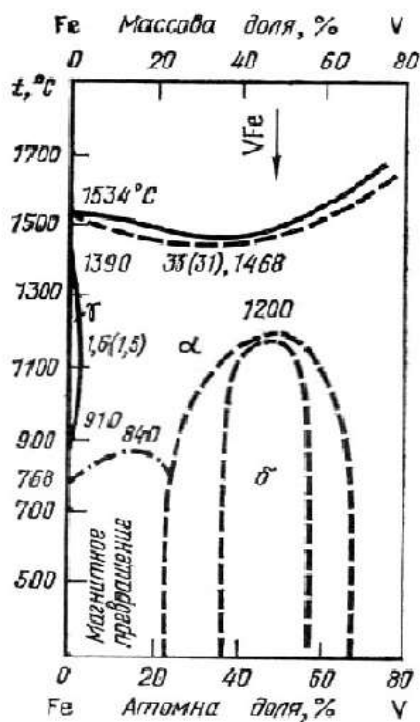
2.3 Методика легування марганцем та ванадієм

У сталі марки 08ГДНФ, згідно ГОСТ 977-88, вміст марганцю – 0,6...1,0 (% мас.), а ванадію – 0,06...0,15 (% мас). Введення марганцю запобігає утворенню гарячих тріщин при зварюванні, ванадій виконує роль модифікатора.

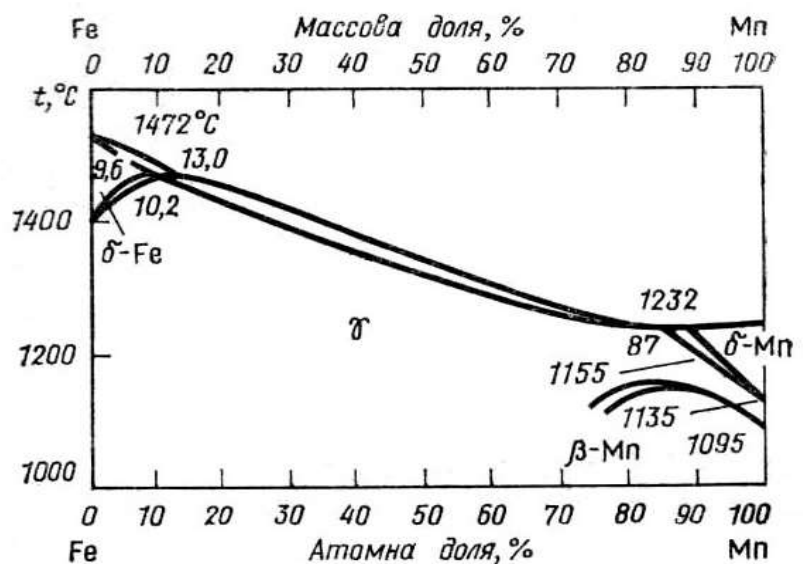
Аналогічно з п. 1.1 для вибору розмірів фракції феромарганцю та ферованадію (хімічний склад у табл. 2.2) визначаємо температури плавлення за діаграмами стану Fe–Mn та Fe–V рис.2.3 [9].

Таблиця 2.2 – Хімічний склад ферованадію, феромарганцю [9]

Марка	V, %	Mn, %	Хімічний склад, мас. % (не більше)					
			C	Si	Cu	Al	P	S
ФВд50А (ГОСТ 4760-78)	≤50	≥0,20	0,30	2,0	0,20	2,50	0,10	0,10
ФМн05 (ГОСТ 4755-80)	—	≤85	0,50	2,0	—	—	0,30	0,03



а



б

Рисунок 2.3 – Діаграмами стану Fe–Mn (а) та Fe–V (б) [9]

З рисунку 2.3 температури плавлення ФМн05 та ФВд50А наступні —: 1420...1470 °С, та 1540...1590 °С відповідно.

Визначаємо розмір фракції феросплавів (рис.2.2):

- феромарганець (ФМн05): $\varnothing_{\text{ГР}}=1,2 \dots 1,5$ мм;
- ферованадій (ФВд50А): $\varnothing_{\text{ГР}}=1,0 \dots 1,3$ мм.

Для зручності, гранули феросплаву вносяться за допомогою дозатору.

2.4 Методика легування через метал витратного електрода

Метали Cu та Ni вводились у вигляді пластинок приварених до пластин сталі 08кп та закладених у проміжки й рівномірно розташованих по всій довжині витратного електрода.

Використання рознесеного електрода ставить перед нами завдання, розробки способу легування міддю та нікелем з мінімальними ліквіаціями цих елементів в злитку отриманого ЕШП.

З метою оптимізації процесу перемішування металів на торці електрода та зменшенню ліквіації в злитку, проведено дослідження процесу плавлення витратного електрода та його геометричних параметрів на процес краплеутворення. Процес формування змішаних крапель досліджувався на торцях витратних електродів, які швидко виймалися із шлакової ванни.

2.5 Методика дослідження однорідності зливка

Методика дослідження однорідності зливка полягала у відборі проб для визначення хімічного складу зливка із різних його частин. Схема відбору зразків на хімічний аналіз отриманих злитків сталі 08ГДНФ ЕШП показано на рис. 2.4.

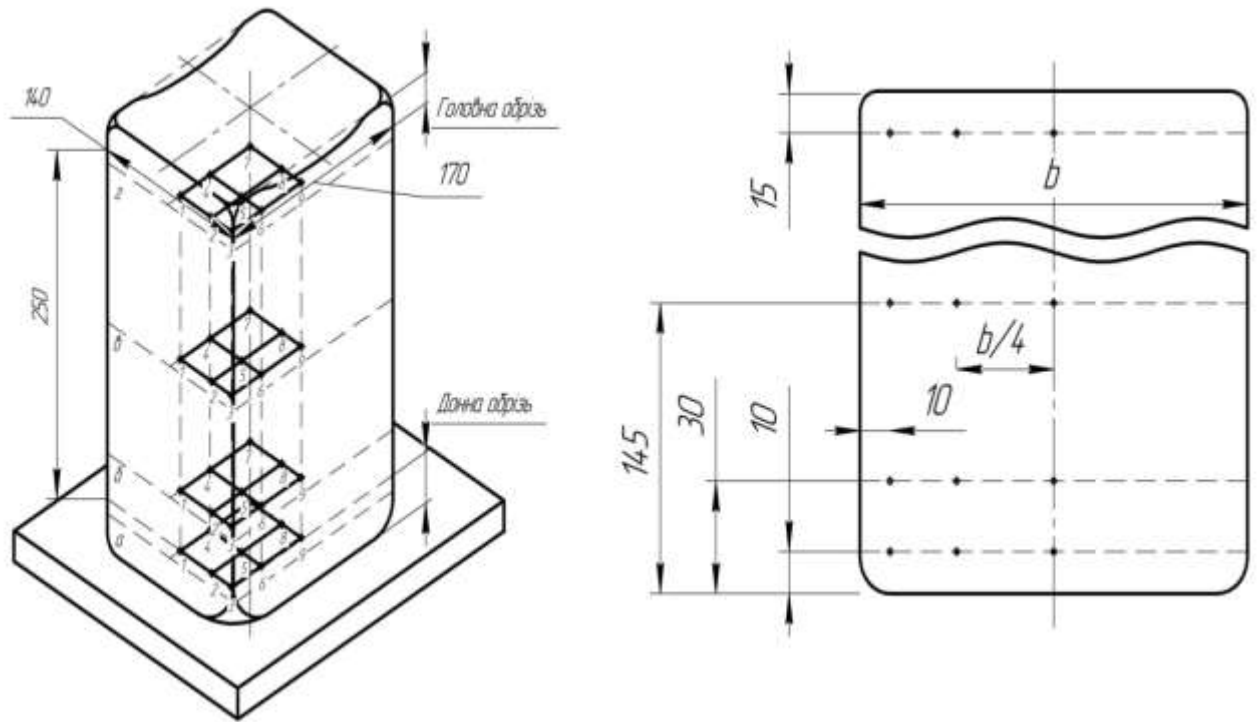


Рисунок 2.4 – Схема відбору проб для хімічного аналізу злитків (08ГДНФ) ЕШП

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Легування зливка через метал витратного електрода

Як відомо, електрошлаковий процес ефективний метода для отримання якісного металу. Адже оплавлений торець електрода, що знаходиться в розплавленому, перегрітому шлаку зазнає рафінування вже на стадії «плівкового стікання» по торцю. Після відриву краплі, відбувається подальше очищення краплі при проходженні шлакової ванни, потрапивши в металеву ванну процес рафінування продовжується на границі розділу метал-шлак. Поверхня рідкого металу не залишається спокійною через конвективні потоки і тому є активною областю протікання металургійних процесів та перемішування. Крім високої здатності до рафінування, ЕШ технологія, дозволяє легувати метал в широких межах, з низькими втратами легуючих компонентів на вигоряння та випаровування.

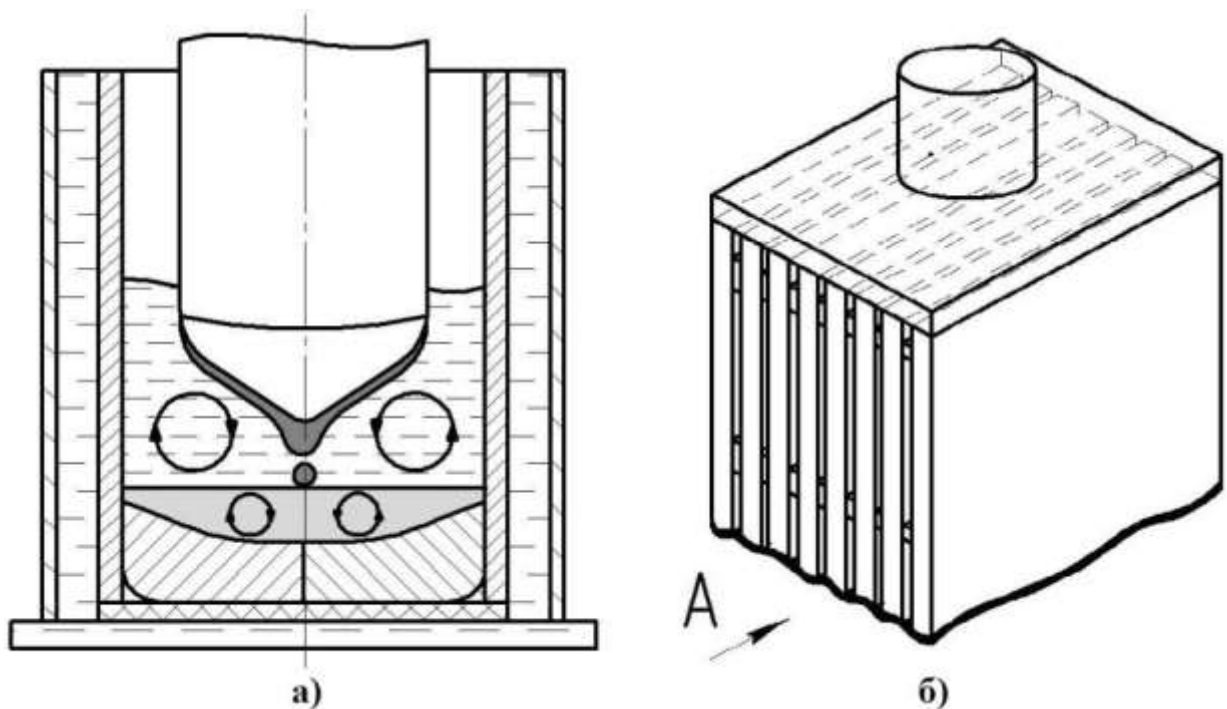
Використання рознесеного електрода ставить перед нами завдання, розробки способу легування міддю та нікелем з мінімальними ліквідаціями цих елементів в злитку отриманого ЕШП.

3.1.1 Плавлення основної частини рознесеного електрода

«Класикою» плавлення витратного електрода ЕШП є формування торця електрода у вигляді конусу. Краплі розплавленого металу відриваються від вершини конуса, проходять шлакову ванну та потрапляють у металеву (рис. 3.1, а). В обох ваннах відбувається перемішування розплаву під дією електромагнітних сил та конвективних потоків.

Але, як встановлено нами при попередніх дослідженнях, при переплаві рознесеного електрода [4, 5] його торець не приймає форми конуса, а

плавиться рівномірно «шар за шаром» (рис. 2.1, б). Також зовнішній вигляд торцю свідчить про те, що крапля в стадії формування та росту блукає перерізом пластини. Краплі можуть утворюватись на різних кінцях пластини одночасно (рис. 3.1, б). Наявність декількох центрів краплеутворення (рис. 3.2) свідчить про утворення металевої ванни меншої глибини та більшої однорідності.



а) – плавлення суцільного електрода та електродинамічні сили перемішування металевої та шлакової ванн; б) – плавлення рознесеного електрода.

Рисунок 3.1 – Схема плавлення електрода

А це, як відомо, наявність декількох центрів крапле утворення та перемішування позитивно впливає на якість електрошлакового металу, подрібнює його структуру та знижує хімічну неоднорідність.

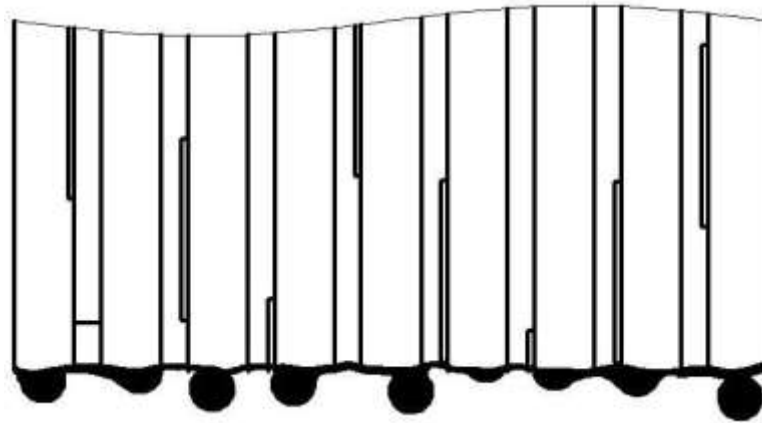


Рисунок 3.2 – Схема утворення крапель при плавленні рознесеного електрода.

3.1.2 Легування міддю та нікелем

Попередніми дослідженнями нами встановлено, що при плавленні рознесених електродів, в період утворення краплі, об'єм металу активно переміщується та блукає по торцю електрода (рис. 3.3), нами було вирішено ввести Cu та Ni у вигляді пластинок приварених до пластин та закладених у проміжки й рівномірно розташованих по всій довжині витратного електрода.

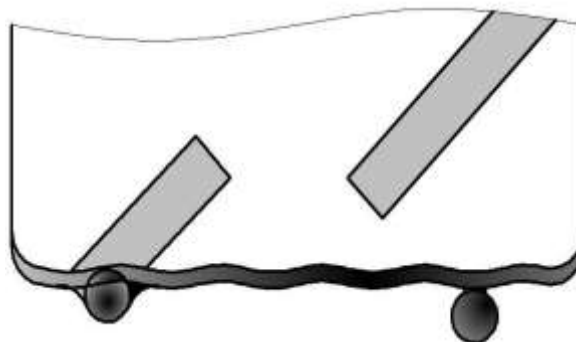


Рисунок 3.3 – Перемішування металу сталевій пластини та пластинок міді, нікелю на стадії утворення краплі

З метою оптимізації процесу перемішування металів на торці електрода та зменшенню ліквідації в злитку, проведено дослідження процесу плавлення витратного електрода та його геометричних параметрів на процес краплеутворення.

3.2 Дослідження плавлення та краплеутворення рознесеного комбінованого електрода

Оскільки до складу електрода входять матеріали з різними теплофізичними властивостям та геометричними розмірами складових електрода, тому дослідження механізму краплеутворення є важливою задачею.

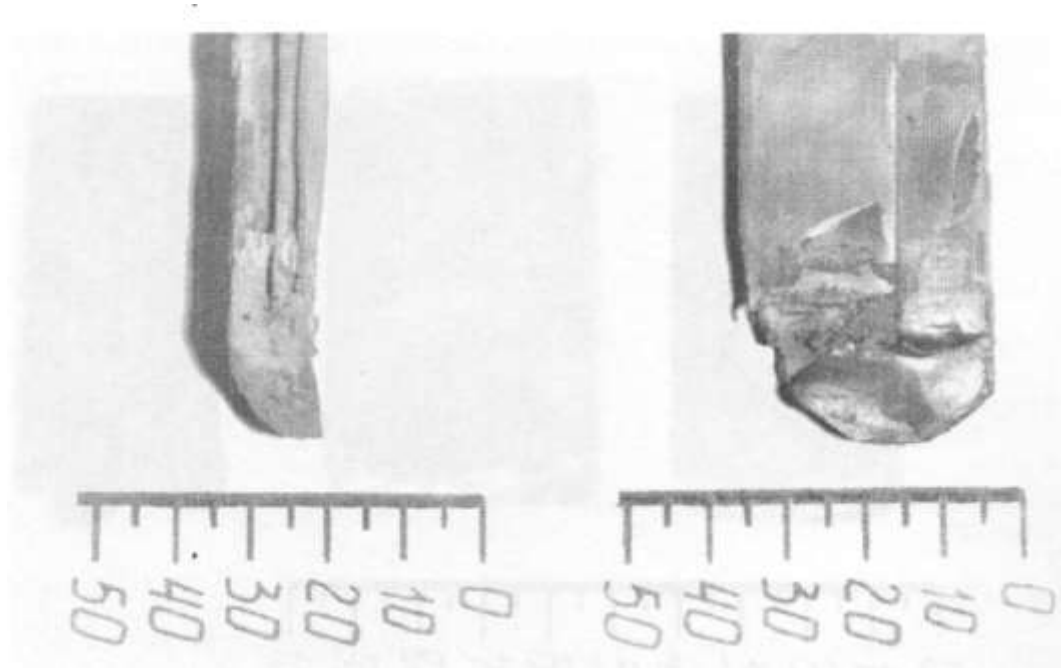
Для визначення характеру утворення крапель та її руху по торцю рознесеного електрода. для цього були проведені опитні плавки.

При плавленні комбінованих електродів Fe–Cu встановлено три варіанта краплеутворення:

- варіант 1: електрод складається з тонких пластин і сумарна їх товщина менше 1,5 діаметра краплі, що утворюється;
- варіант 2: сумарна товщина електрода зібраного з пластин складає 1,5...2,0 діаметра краплі, що утворюється, в той час як товщина окремих пластин менше діаметра краплі;
- варіант 3: товщина кожної пластини, з яких зібраний витратний електрод дорівнює або більше діаметра краплі, що утворюється.

У першому випадку на оплавлення торці електрода утворюється один загальний по всій ширині електрода конус, що змочується металом краплі (рис. 3.4). Отже, сплав необхідного складу формується на стадії краплі, на торці комбінованого електрода та додатково за механізмом розчинності та контактного плавлення.

Другий варіант краплеутворення має місце, коли комбінований електрод зібраний з пластин товщиною менше діаметра краплі, а сумарна товщина електрода дорівнює 1,5...2,0 діаметру краплі, що утворюється. У цьому випадку утворення одного загального конуса на торці електрода не відбувається сплавлення. З'являється кілька зон формування і падіння крапель. При цьому якщо зазори між пластинами не перевищують 3 мм.



а)

б)

а) – вигляд збоку (половина електрода); б) – вигляд по ізлому зони

Рисунок 3.4 – Спільна краплі на торці електрода Fe-Cu, варіант електрода №1.

За таких параметрів електроду змішування металу різних складових електрода, відбувається на його торці також за механізмом контактного плавлення. Це відбувається за рахунок того, що зовнішні сталеві пластини більш інтенсивно обігріваються шлаком на ділянці занурення електрода. В результаті вершина конуса сталеві пластини, на якій формується крапля, зміщується до внутрішньої сторони електрода і крапля з'єднується з мідною краплею, що формується в одну загальну. Новоутворена перемичка за

рахунок сил поверхневого натягу продовжує існувати і після відриву краплі, будучи місцем змішування нових порцій металу, що надходить, і формування нової краплі, рис. 3.5.

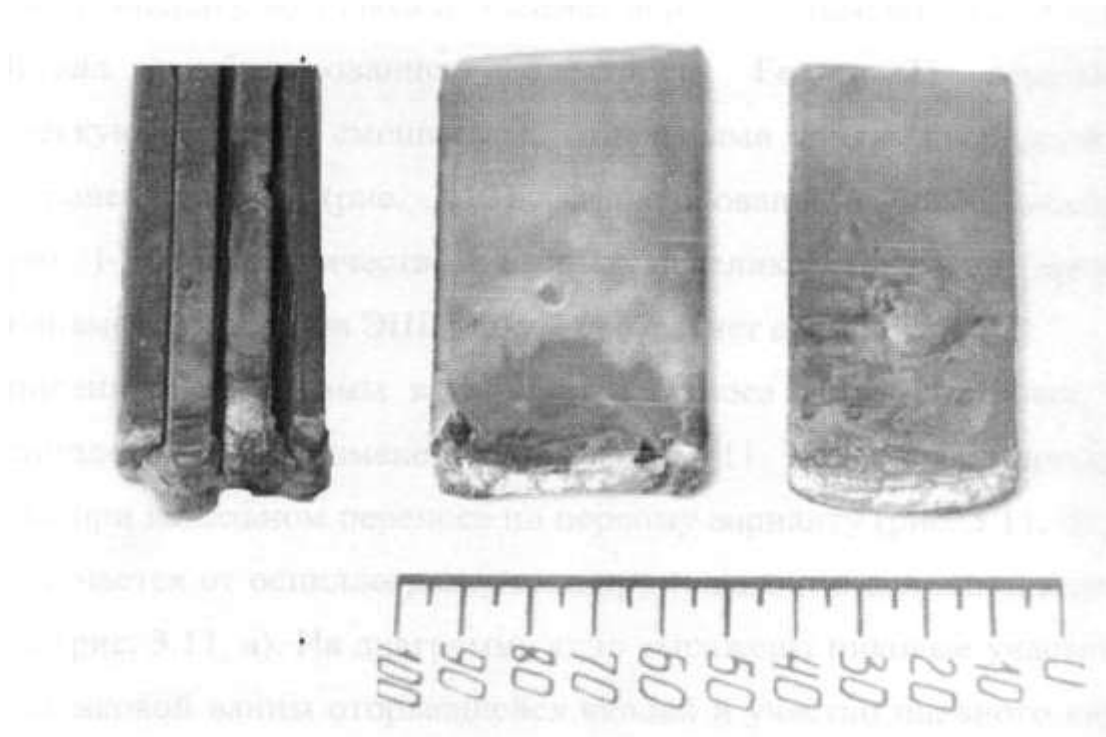


Рисунок 3.5 - Характер оплавлення торців комбінованих електродів Fe-Cu, варіант електрода №2

Процес краплеутворення і форма оплавленої частини електрода зібраного з пластин, товщина яких дорівнює або більше діаметра крапель, що утворюються (варіант електрода № 3) істотно відрізняються від розглянутих раніше. При плавленні такого складеного електрода залізо-мідь, кожна пластина плавиться як окремий плоский електрод. Краплі утворюються на кожній з пластин не змішуються на електродному торці (рис. 3.6), і надходять в металеву ванну ізольовано.

Процес змішування крапель Cu і Fe, що розрізняються за фізичними властивостями, відбувається тільки в рідкій металевій ванні розплаву, в результаті електродинамічного перемішування і дифузії.

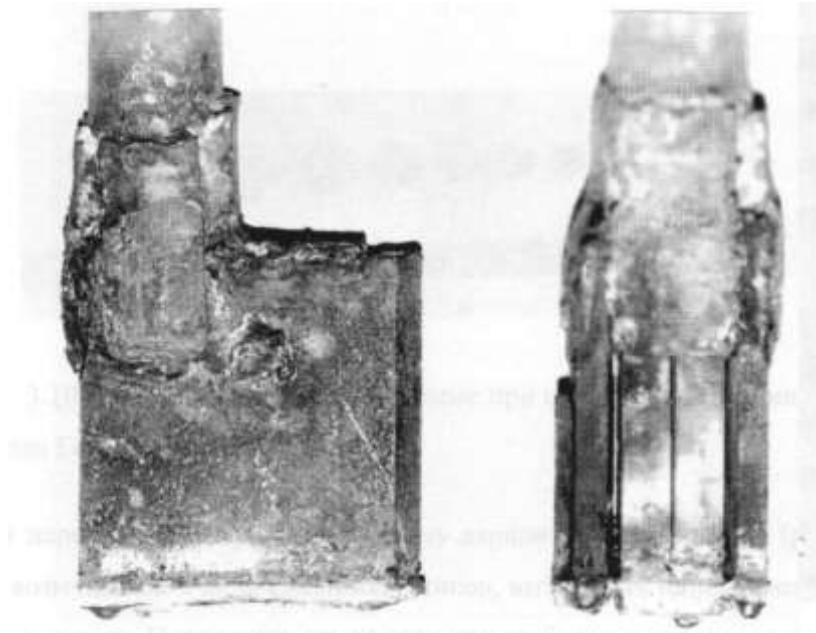


Рисунок 3.6 - Краплеутворення при плавленні комбінованого електрода Fe-Cu перетином 160×100 мм, варіант електрода №3

На рис. 3.7 зафіксований момент, що передує відриву краплі на сталевій пластині, в той час як на мідній пластині дві краплі знаходяться ще в стадії формування.



Рисунок 3.7 - Краплеутворення при плавленні комбінованих електродів Fe-Cu перетином 40×40 мм, варіант електрода №3

Такий характер краплеутворення і перенесення електродного металу зберігається при різних температурах шлаку і режимах переплаву.

Метал комбінованого електрода переноситься в металеву ванну не змішуючись, окремими краплями, середній діаметр яких дорівнює 5...8 мм (рис. 3.8). Зафіксовані і більш дрібні краплі діаметром 1...3 мм, кількість яких невелика.

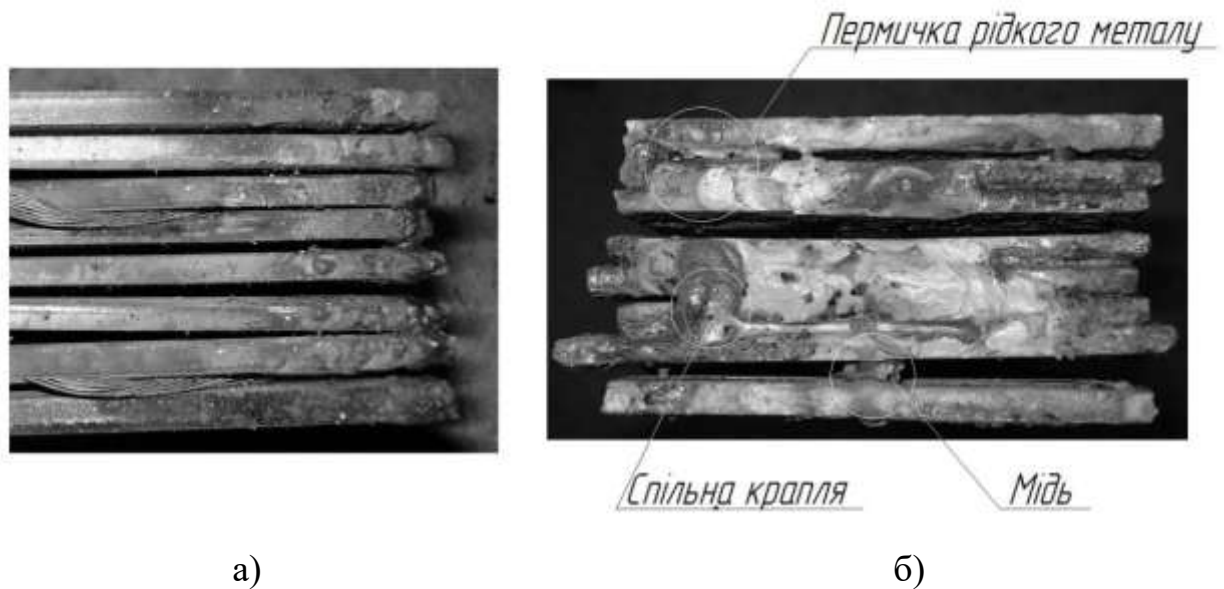


Рисунок 3.8 – Краплі металу, що формуються під час плавлення комбінованого електрода Fe-Cu

Згідно з даними [7] середній діаметр краплі при ЕШП також становить близько 8 мм. Краплі такого розміру, враховуючі фізико-хімічні відмінності сталі та міді в рідкому стані, можуть не повністю розчинитися та перемішатися у металевій ванні із значним градієнтом температур, що становить передумови виникненню суттєвих макроліквацій.

Отже, проведені дослідження та аналіз літератури дозволили розбити конструкцію комбінованого рознесеного витратного електрода, при плавленні якого утворені краплі металу блукають по торцю, змочуючи мідні, нікелеві пластини та перемішуючись на стадії краплі. Між пластинами, за рахунок капілярних сил, утворюється перемичка рідкого металу, що змочує поверхні електродних пластин. У цьому випадку сталеві краплі змішуються з краплями легуючого металу, що виключає можливість переносу металу окремими краплями і сприяє зменшенню ліквації (рис. 3.9). Фактично, легування сталеві складової міддю та нікелем відбувається вже на торці витратного електрода. Остаточне вирівнювання складу металеві ванни

відбувається за рахунок електродинамічного перемішування останньої у процесі переплаву.



а) – торець електрода (вид збоку); б) – оплавлення торця електрода.

Рисунок 3.9 – Електрод для виплавки сталі 08ГДНФ

На основі розробленої конструкції рознесеного комбінованого витратного електрода, досліджень краплеутворення та плавлення, був проведений аналіз хімічної однорідності злитків отриманих ЕШП з використанням витратних електродів різної конструкції.

3.3 Хімічний аналіз сталевих злитків 08гднф отриманих ЕШП

Дослідні злитки зі сталі 08ГДНФ застосовують для виготовлення опор дорогого обладнання, що працює у важких кліматичних умовах та при вібраційному навантаженні. Тому заготовки проходять жорсткий контроль. Механічні властивості, забезпечуються структурним станом та хімічним складом, наведеним у табл. 3.1.

При переплаві електродів по варіанту № 3 виявлена суттєва ліквіація у межах 20 % у донній частині та по перерізу злитка. Міддю збагачена центральна частина по всій висоті злитка.

При переплаві електродів по варіанту № 1 та 2 виявлена ліквіація міді у межах 10...15 % у донній частині. По перерізу злитка по всій висоті мідь та нікель перерозподілені рівномірно. Суттєва ліквіація в донній частині обумовлена характером розподілу температури при плавленні основної частини електрода у початковому періоді та малим об'ємом металевої ванни. Малий об'єм металевої ванни та обмежений час її існування унеможлиблює повне перемішування за рахунок електродинамічних сил.

Для вирішення цієї проблеми, було прийнято рішення робити стартові частини електрода, що з'єднуються з основною частиною витратного електрода, з головної та донної обрізі попередньо отриманих злитків 08ГДНФ ЕШП (рис. 3.11).

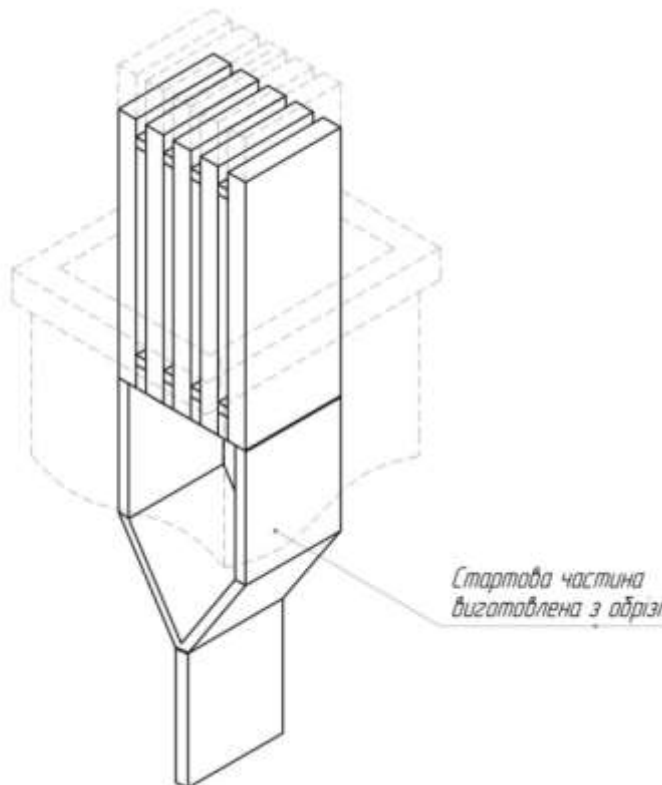


Рисунок 3.11 – Витратний електрод для виплавки сталі 08ГДНФ із стартовою частиною з відходів головної та донної обрізі злитків ЕШП сталі 08ГДНФ

Застосування цього прийому позитивно впливає на хімічну однорідність нижньої частини злитка. Ліквідація елементів в межах хімічного складу сталі 08ГДНФ.

3.4 Дослідження формування злитка при ЕШП з низьким коефіцієнтом заповнення кристалізатора

Дослідження формування поверхні злитка та його нижньої частини проводились при переплаві витратного електроду у кристалізатор перерізом 140 x 170 мм. Дослідження проводились на установці електрошлакового переплаву А-550. Висота кристалізатора 500 мм.

Для отримання злитка перерізом 140×170 мм, виконано попередні розрахунки режимів за загально рекомендованими значеннями технологічних параметрів, а саме: $KЗК = 0,4...0,6$. При цьому, площа перерізу електрода становить 14280 мм². Для його переплаву мінімально допустима щільність струму становить 0,3...0,5 А/мм² [6], а необхідний струм переплаву – 4,0...4,5 кА.

Але, трансформатор ТШС-3000-1 може забезпечити струм до 3,0 кА, що унеможливорює ведення процесу переплаву на розрахованих режимах. Виходячи з можливостей наявного обладнання, вираховано максимальний переріз електроду, який можна переплавити на струмах до 3,0 кА.

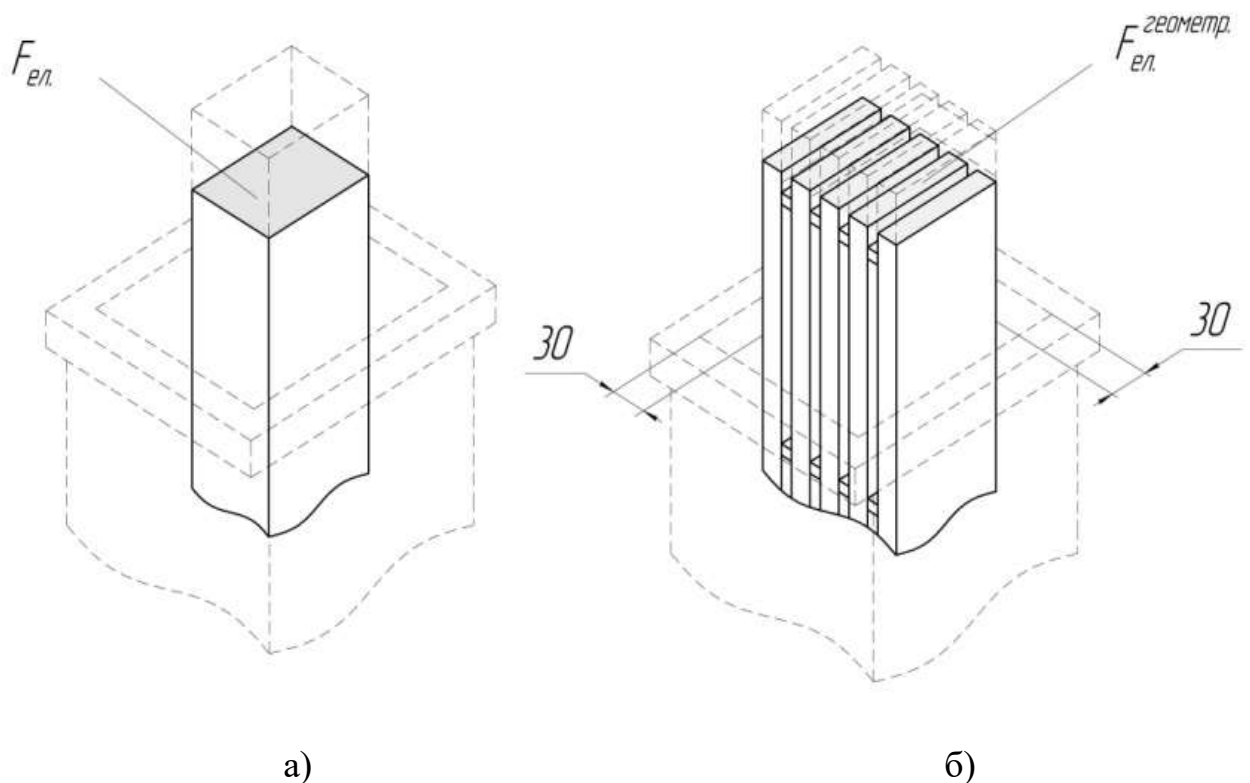
При мінімально допустимій щільності струму 0,51 А/мм², він складає 5245 мм². При цьому, коефіцієнт заповнення становить 0,22, що є набагато менше ніж рекомендований (0,4...0,6).

Як відомо, найбільша кількість теплоти при ЕШП виділяється під електродною зоною [5, 8]. Таким чином, при низькому коефіцієнті заповнення, периферичні ділянки шлакової ванни, у стінок кристалізатора, недостатньо розігріті внаслідок малої кількості тепла. Це призводить до блокування

твердого, нерозплавленого флюсу на початку процесу, та коливанням товщини гарнісажу в ході переплаву. Внаслідок цього утворюються такі дефекти злитків як: глибокі гофри на поверхні та «завалення» донної частини злитка при твердому старті.

Згідно даних [4], причиною утворення гофр є короткочасне зниження потужності, що виділяється в шлаковій ванні, або переплав на свідомо «холодних» режимах. У цих випадках рекомендують корегувати режим переплаву, а саме вести переплав на більших режимах.

Для отримання якісної поверхні було розроблено конструкцію витратного електрода, яка забезпечує рівномірний розподіл тепла по всій площі шлакової ванни. Для цього, електрод був зроблений з пластин, які з'єднані з певними проміжками (рис. 3.12).



а) – цілісний витратний електрод; б) – рознесений витратний електрод.

Рисунок 3.12 – Конструкція основної частини витратного електрода
ЕШП

В цьому випадку є можливість максимальну кількість тепла отримати у поверхневих шарах шлакової ванни, та рівномірно розподілити її по всьому периметру електрода. Крім того, така конструкція дозволяє максимально приблизити електрод до стінок кристалізатора і розігріти шлак периферійних ділянок у панелей кристалізатора.

Розрахунок геометричної площі перерізу електрода ведеться з урахуванням мінімальної відстані між електродом та стінкою кристалізатора 30 мм. Менші значення відстані до стінок обирати недоцільно через збільшення протікання «бокового струму» і як наслідок, зменшується теплова ефективність переплаву. А це додатково потребує збільшення потужності процесу ЕШП [6].

Згідно проведених розрахунків, при фактичній площі цілісного електрода 5245 мм^2 , геометрична площа електрода становить 8800 мм^2 . Отже, геометричний коефіцієнт заповнення тепер дорівнює 0,37.

Таким чином, ми збільшуємо коефіцієнт заповнення кристалізатора, враховуючи максимальний переріз електрода, який можемо переплавити, з 0,22 до 0,37.

Така конструкція електрода дозволила отримати злитки з рівною поверхнею без глибоких гофр, максимальна глибина яких не перевищує 0,5-1,0 мм. (рис. 3.13).

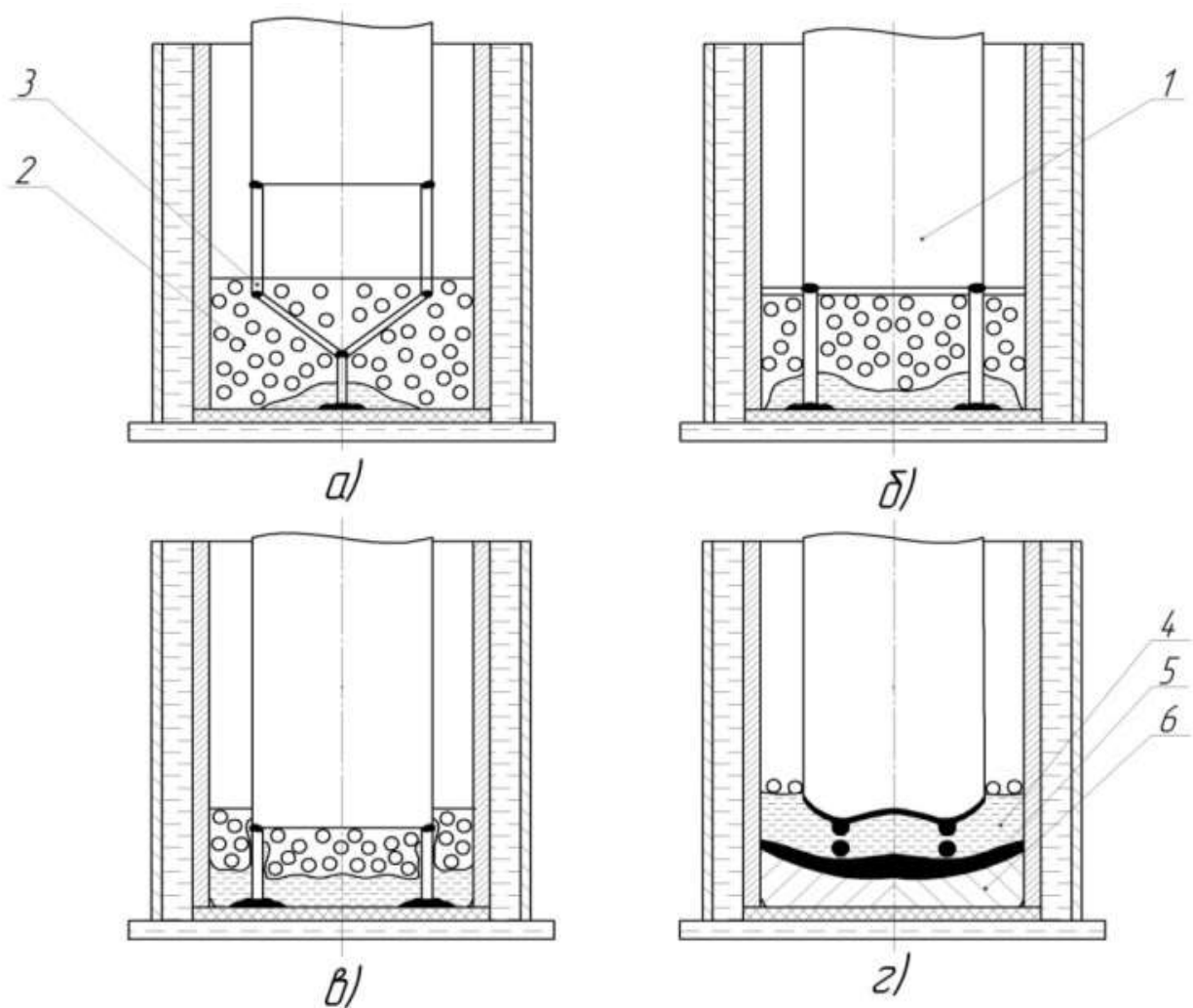
Для підвищення якості формування донної частини, було оптимізовано процес твердого старту ЕШП.

За класичною схемою [4], витратний електрод торкається «затравки» у центральній частині кристалізатора, де і розпочинається плавлення флюсу. При подальшій подачі електрода, в кутах кристалізатора відбувається блокування твердого флюсу та «завалення» донної частини злитка. Причиною цього, є недостатність часу та тепла для розігріву флюсу на периферійних ділянках кристалізатора.



Рисунок 3.13 – Стан поверхні злитка при переплаві рознесеного електрода з геометричним коефіцієнтом заповнення 0,37.

З метою зменшення розмірів заваленої нижньої частини, роботі запропоновано використання рознесеної стартової частини електрода для наведення шлакової ванни (рис. 3.14).



- а) – початок твердого старту, згасання дуги;
 б) – плавлення флюсу, розтягнення шлакової ванни по всій площі кристалізатора;
 в) – закінчення процесу розведення шлакової ванни;
 г) – вихід на стаціонарний режим.
- 1 – витратний електрод; 2 – рознесена стартова частина електрода;
 3 – твердий флюс; 4 – шлакова ванна; 5 – металева ванна; 6 – злиток.

Рисунок 3.14 – Схема твердого старту ЕШП з рознесеною стартовою частиною електрода

В цьому випадку забезпечується рівномірне розплавлення флюсу та «розтягнення» шлакової ванни по всій площі кристалізатора (рис. 3.13, а, б). Внаслідок широкої шлакової ванни в донній частині забезпечується рівномірний розігрів шлаку та розплавлення флюсу (рис. 3.13, в).

Приближення стартових електродів до стінок кристалізатора забезпечує розігрів периферійних ділянок шлаку, що в свою чергу позитивно впливає на якість формування нижньої частини злитка ЕШП з низьким КЗК (рис. 3.13, г).

Враховуючи складність розрахунків динамічних процесів твердого старту, експериментальним шляхом визначено необхідну довжину стартової частини електрода, яка забезпечує найкраще формування донної частини.

розглядали вплив конструкції рознесеної стартової частини витратного електрода, а саме її довжини l , мм, на формування злитка.

Для визначення оптимальної довжини стартової частини електрода нами було обрано 3 характерні значення l , мм:

$$l_1 = 120 \text{ мм};$$

$$l_2 = 320 \text{ мм};$$

$$l_3 = 550 \text{ мм},$$

а також розведення на витратному електроді $l_0 = 0$ мм.

При розведенні на витратному електроді та з використанням стартової частини електрода $l < 220$ мм виявлені «завалення» нижньої частини злитка висотою до 70 мм, що є наслідком передчасного входження основної частини витратного електрода і витискання шлакової ванни (рис. 3.14, а).

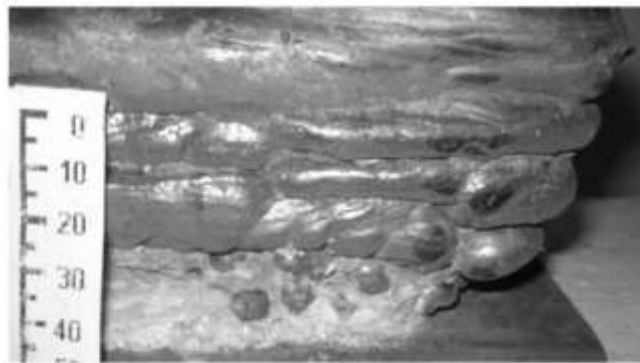
В результаті використання стартової частини електрода $l > 380$ мм, якість поверхні донної частини злитка виявилась незадовільною, були виявлені пережими, наявність гофрованої поверхні та «завалення», що є наслідком замерзання шлаку при недостатній кількості тепла при плавленні стартової частини електрода. (рис. 3.15, в).



а)



б)



в)

а) – висота «завалення» 52 мм при довжині стартової частини, 120 мм;

б) – висота «завалення» 28 мм при довжині рознесеної стартової частини, 320 мм;

в) – висота «завалення» 48 мм при довжині рознесеної стартової частини, 550 мм.

Рисунок 3.15 – Донна частина злитка ЕШП отриманого з низьким коефіцієнтом заповнення кристалізатора при різних варіантах стартової частини

Під час переплаву з довжиною стартової частини рівній 320 мм, була отримана найбільш якісна поверхня донної частини з мінімальними «заваленням» (рис. 3.14, б).

На підставі отриманого результату електрошлакового переплаву, було

експериментально визначено діапазон оптимальних значень довжини рознесеної стартової частини електрода $l_{\text{опт}}$ довжиною 240...350 мм.

Отримані результати занесені до таблиці (табл. 3.4) за даними якої побудовано графік залежності висоти «завалення» (h) та донної обрізі (b) від довжини стартової розведеної частини електрода (l) (рис. 3.16).

Мінімальні завалення, при відсутності гофр, отримані при довжині стартової частини 240...350 мм. Це дозволяє зменшити обрізь донної частини злитка з 90 до 45 мм, що економить близько 16 % металу.

Таблиця 3.4 – Результати досліджень поверхні злитків ЕШП

Довжина стартової частини електрода l , мм	Розмір «завалення» h , мм	Якість стану поверхні донної частини злитка
0	72	незадовільна
120	52	незадовільна
320	28	добра
550	48	незадовільна

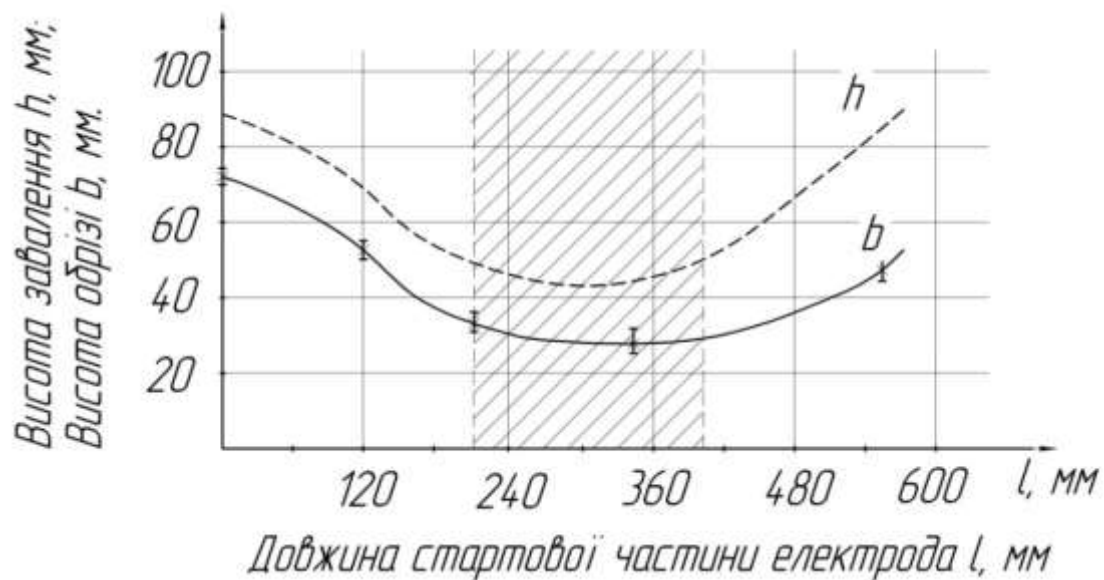
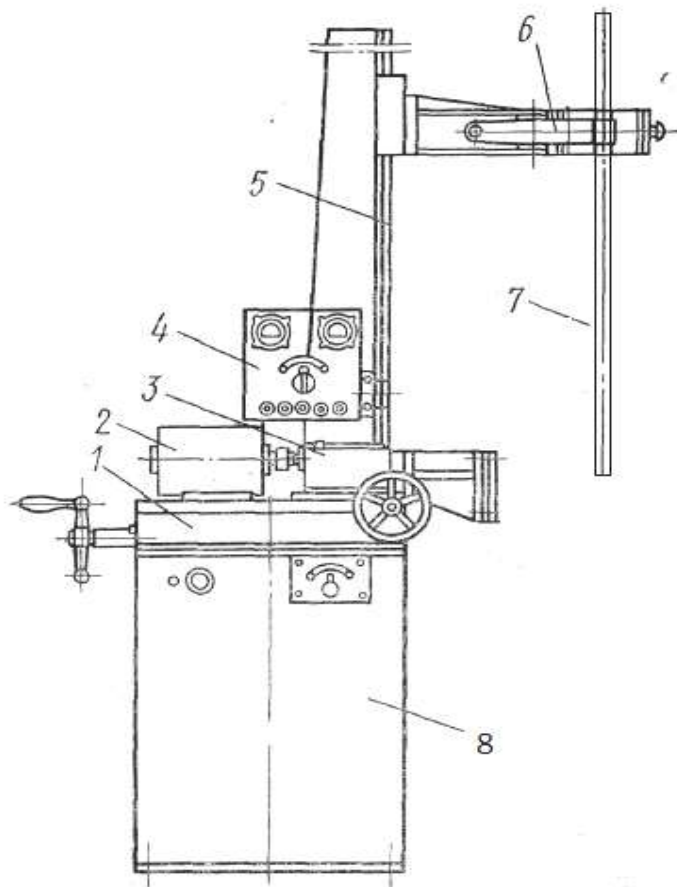


Рисунок 3.16 – Графік залежності висоти «завалення» та обрізі від довжини стартової розведеної частини електрода

3.5 Вибір стандартного обладнання

Електрошлакову виплавку злитків проводили на установці А-550 з висотою колони 2 м, рис 3.16.

Установка А-550 - це апарат для електрошлакового зварювання та переплаву. Швидкості подачі електродної пластини регулюються змінними шестернями і числом обертів електродвигуна [10].



1 - супорт; 2 - електродвигун; 3 - редуктор; 4 - пульт управління; 5 - колона; 6 - тримач електрода; 7 – витратний електрод

Рисунок 3.16 - Електрошлаковий апарат А-550 [10]

Джерела живлення установки - однофазний трансформатор для електрошлакового зварювання типу ТШС-3000-1 призначений для

електрошлакового зварювання струмами до 3000 А має жорстку зовнішню вольт-амперну характеристику [11].

Трансформатор має примусове водяне охолодження. Проточна вода охолоджує витки вторинної обмотки трансформатора [11].

Для електрошлакового переплаву використовується автомат А550. Технічні характеристики з табл. 3.5 [11].

Таблиця 3.5 – Технічні дані установки А550

Параметри	Значення
Переріз електродної пластини, мм	20 x 200
Швидкість подачі електрода, м/год, не більше	0,8 - 10
Швидкість зварювання, м/год, не більше	10
Кількість електродів, шт..	1
Коректування електрода, мм:	
вздовж	± 100
впоперек	± 50
Маса електроду, кг, не більше	100
Номінальний зварювальний струм при ПВ=100%, А, не більше	3000
Номінальна напруга живильної трьохфазної мережі частотою 50Гц, В	380 ± 20
Потужність усіх двигунів, кВт·А	0,6
Габаритні розміри, мм, не більше	
довжина	1650
ширина	675
висота	2600
Маса, кг	380

Вторинна напруга трансформатора змінюється ступінчасто включенням різного числа витків первинної обмотки(рис. 3.17).

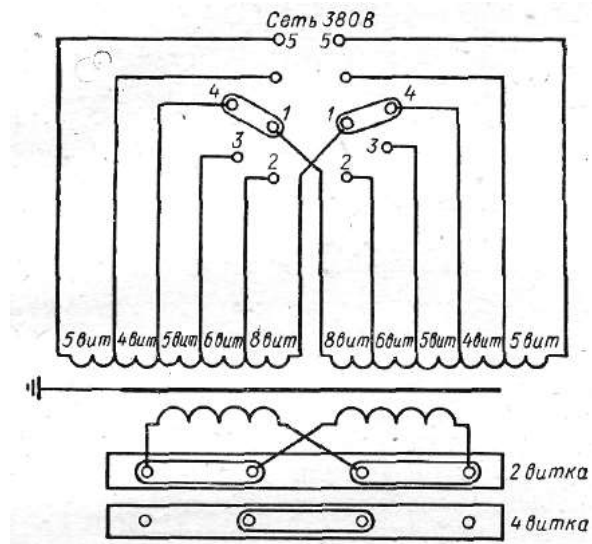


Рисунок 3.17 – Електрична схема трансформатору ТШС-3000-1 [11]

Залежність вторинної напруги од числа витків первинної та вторинної обмоток наведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Вторинна напруга в залежності од числа витків первинної та вторинної обмоток трансформатору ТШС-3000-1 [11]

№ ступені	Число витків первинної обмотки	Вторинна напруга, В		Потужність при ПВ-50%	Ток в первинної обмотки, А
		При двох витках вторинної обмотки	При чотирьох витках вторинної обмотки		
1	56	13.5	27.1	81.4	214
2	48	15.8	31.7	95.1	251
3	42	18.1	36.2	108.6	286
4	37	20.5	41.1	123.5	326
5	33	23.0	46.1	138.2	364

Для виготовлення витратного електроду, в якості зварювального джерела живлення обираємо установку напівавтоматичного зварювання VarioStar 1500.

Його технічні характеристики представлені в таблиці 3.7 [12].

Таблиця 3.7 – Технічні дані VarioStar 1500

Параметри	Значення
Напруга живлячої мережі, В	230
Номінальний зварювальний струм, А	315 (ПВ=20%)
Діапазон регулювання зварювального струму, А	30–140
Номінальна робоча напруга, В	15,5-21
Напруга холостого ходу, В, не більше	34
Номінальна первинна потужність, кВА	32
Діаметр зварювального дроту,	0,8 – 1,6
Діапазон швидкості подачі дроту м/хв	0 - 18
Габаритні розміри, мм (LxVxH)	800x380x680
Вага, кг	60,5

Технологічні параметри забезпечують вимоги до виготовлення витратного електрода.

Установка має захист від перегріву. Забезпечує 2- та 4- тактний режим зварювання, інтервал не зварювання та режим точкового зварювання. Ці функції особливо корисні при зварюванні витратного електрода та приварюванні легуючих компонентів до металевих пластин електрода.

3.6 Вибір допоміжного обладнання

Для відрізання головної та донної обрізі зливків у дипломному проекті обрана стрічкова механічна пила SW-430S.

Пила має достатню потужність для даного проекту. Машинний час одного різання одного зливка не перевищує 0,5 часу.

3.7 Висновки по частині 3

В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Використання рознесеного електрода при електрошлаковому переплаві з геометричним коефіцієнтом заповнення 0,37, при фактичному 0,22, забезпечує формування задовільної поверхні без гофр при веденні процесу на «холодних» режимах з максимальною щільністю струму на електроді 0,51 А/мм².

2. Використання рознесеної основної частини електрода забезпечує рівномірний розподіл теплової потужності при ЕШП, та формування якісної поверхні злитка без гофр.

3. При ЕШП з низьким коефіцієнтом заповнення кристалізатора використання рознесеної розведеної стартової частини витратного електрода покращує процес розведення шлакової ванни на твердому старті та формування донної частини злитка.

4. Встановлено, що при коефіцієнті заповнення кристалізатора 0,22 для кристалізатора перерізом 140 x 170 мм, оптимальною довжиною стартової частини витратного електрода є 240...350 мм, що забезпечує формування рівної поверхні злитка на відстані 28...32 мм від піддону, та зменшує донну обрізь до 43...47 мм.

5. Дана характеристика основного та обрано допоміжне обладнання для здійснення технологічного процесу.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

У розділі представлені: організація виробництва, планування витрат на виробництво злитків сталі 08ГДНФ вагою 50 кг , розрахунки ефективності та результативності розробки ділянки виплавлення. В даному підрозділі розраховано: технічне нормування операції, виробнича програма, кількість обладнання, чисельність персоналу та фонд оплати праці працівників.

4.1 Технічне нормування операцій

Для проектування ділянки по виробництвоз литків сталі 08ГДНФ вагою 50 кг необхідно:

- пронормувати операції технологічного процесу;
- встановити річну виробничу програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання і виробничу площу ділянки;
- розрахувати чисельність персоналу.

$$t_{шт} = t_1 + t_2 + t_3 \quad (4.1)$$

$$t_{шт} = 0,3 + 0,75 + 1,3 = 2,35 \text{ год.}$$

Норми часу на виконання технологічних операцій наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічне нормування операцій

Нормування операцій	Норма штучного часу, н/год.
Зварювання витратного електрода	0,3
Переплав електроду	0,75
Відрізання донної та головної обрізі зливка	1,3
Разом	2,35

Основі розрахованих норм часу по виготовленню виробів встановлюємо річну виробничу програму виробів у штуках (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Виробнича програма виробів на рік

Найменування виробу	Норма часу на виріб, н / год.	Виробнича програма	
		шт.	н / год.
Злитки сталі 08ГДНФ вагою 50 кг	2,35	4900	11515

4.1.1 Розрахунок кількості обладнання, площі ділянки

Розрахунок необхідної кількості обладнання по кожному типу ведеться за формулою:

$$G_p = \sum_{i=1}^m \frac{t_i \cdot N_i}{F_{до}}, \quad (4.2)$$

де - кількість обладнання за розрахунком, одиниць;

m - кількість видів робіт;

- норма часу і-тої операції, нормо-годин;

- річна виробнича програма виробів, одиниць;

- дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин;

Прийняте кількість обладнання встановлюється шляхом округлення до цілої величини. Коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$K_з = \frac{G_p}{G_{пр}}, \quad (4.3)$$

де $G_{\text{пр}}$ - прийнята кількість обладнання, одиниць.

Середній коефіцієнт завантаження обладнання на ділянці повинен бути не нижче, чим 0,85.

Дійсний річний фонд часу роботи устаткування визначаються за формулою:

$$F_{\text{до}} = F_{\text{ном}}(1 - K_{\text{в}}) \quad , \text{ годин} \quad (4.4)$$

де $F_{\text{ном}}$ - номінальний фонд часу роботи обладнання, годин;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт витрат часу на ремонт та обслуговування обладнання, $K_{\text{в}} = 0,1$;

Номінальний річний фонд часу обладнання при п'ятиденному робочому тижні та двозмінному режимі роботи - 1860 год.;

$$F_{\text{до}} = 1860 \cdot C_1 = \frac{18590 \cdot 0,167}{3744} = 0,83 \quad (1 - 0,1) = 1674 \text{ год.},$$

Розрахуємо кількість установок для зварювання витратного електрода

$$C_1 = 4900 \times 0,3 / 1860 = 0,87$$

Приймаємо 1 шт.

$$K_{\text{з}} = \frac{0,83}{1} = 0,83$$

Кількість установок ЕШП для виплавки:

$$C_2 = 4900 \times 0,75 / 1860 = 1,97$$

Кількість установок ЕШП для виплавки приймаємо – 2

Коефіцієнт завантаження 0,98.

Кількість печей для відпалу: Приймаємо $C_3 = 1$ шт. Коефіцієнт завантаження - 1.

$$\text{Кількість пил для різання злитків: } C_4 = 1,3 \times 4900 / 1860 = 3,42$$

приймаємо -4.

Коефіцієнт завантаження – 0,85

Таблиця 4.3 - Розрахунок кількості обладнання та його потужності

Найменування обладнання	кількість., шт		Коеф. заванта ження	Ціна обладнання за прейскурантом, грн.		Потужність двигунів кВт/г	
	расче т-ное	при- нятое		един.	всего (баланс)	един.	всего
ЕШП А-550	1,98	2	0,98	29515	59030	0,4	0,8
Трансформатор ТШС-3000-1	1,98	2	0,98	5300	10600	120	240
Установка зварювання VarioStar 1500	0,87	1	0,87	59514	59514	2,0	4,0
Піч Н-60	1	1	0,96	7853	7853		
механічна пила SW-430S	1,93	4	0,93	11325	46659	2,5	10
Кран-балка	-	1	-	23028	26482,2	3	3
Всього		9	0,95		210138,2		49,3

Виробнича площа розраховується виходячи з кількості обладнання, робочих місць і питомої площі на одиницю обладнання з додаванням 20% (проходи, проїзди та ін.). Площа ділянки $12 \times 16 = 192 \text{ м}^2$.

4.1.2 Розрахунок чисельності персоналу ділянки

Чисельність основних виробничих робітників ділянки на нормованих роботах розраховується за операціями згідно розрядам і професіям за формулою:

$$R_0 = \frac{\sum_i}{F}, \text{ осіб} \quad (4.5)$$

де R_0 – чисельність основних виробничих робітників;

m – кількість видів роботи;

t_i – норма штучного часу на i – тій операції, нормо / год.;

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

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

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

Дійсний фонд часу працівника визначається за формулою:

$$F_{\text{д.р.}} = F_{\text{ном}} (1-h), \text{ годин} \quad (4.6)$$

де $F_{\text{ном}}$ приймаємо для однозмінного режиму 2080 годин.

h – плановий коефіцієнт невиходу працівників на роботу (0,12-0,15)

Тоді:

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

Чисельність допоміжних робітників за професіями розраховується за нормами обслуговування обладнання.

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

Загальна чисельність персоналу ділянки наведена в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Загальна чисельність персоналу

Персонал	Чисель- ність персоналу, чол.	У т.ч. за розрядами						В т.ч. по змінах	
		I	II	III	IV	V	VI	I	II
1.Основні робітники:									
Оператор установки ЕШП	4				4			2	2
зварювальник	2					2		1	1
Усього	6				4	2		3	3
2. Допоміжні робітники									
слюсар	2				2			1	1
Наладчик	2				2			1	1
контролер	4				2	2		2	2
Усього	8				6	2		4	4
3. Керівники і спеціалісти:									
майстер	1							1	
технолог	1								1
Усього	2							1	1
Разом	16				10	4		8	8

4.2 Планування витрат на виробництво

У даному підрозділі розраховано заплановані матеріальні витрати на основні засоби, фонд оплати праці персоналу, складено калькуляція собівартості продукції.

4.2.1 Матеріальні витрати

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

До основних матеріалів слід віднести металопрокат для заготовок, виготовлених на складально-зварювальному ділянці. Вартість основних матеріалів вказана в табл. До додаткових матеріалів слід віднести ті матеріали, які використовуються для здійснення технологічних процесів (зварювальні дроти та газу).

Вартість матеріалів вказана в табл. 4.5.

Таблиця 4.5.– Розрахунок вартості основних та допоміжних матеріалів для виробництва злитків сталі 08ГДНФ вагою 50 кг

Наименование материала, марка	Норма расхода, шт., кг.		Цена за штуку, кг., грн.	Стоимость на програм-му, грн.
	на изд.	на прогр.		
1	2	3	4	5
Відходисталі 08Кп	50	245000	3,0	735000
Флюс АНФ-6 (на плавку)	2,5	122250	22,5	110250
Ферро- марганец 80%	0,5	2450	8,8	43120
Феррованадій, 50%	0,1	490	60,0	294000
Ферросиліцій 79 %	0,3	1470	240	1176000
Відходи міді	0,5	2450	143,0	700700
Відходи никелю	0,7	3430	300,0	1470000
Зварювальнийд ріт СВ-08Г2С	0,4	1960	30,0	147000
Газ аргон	144 л	705600	0,033	161,7
Всього			807,33	4576231,7

4.2.2 Вартість основних засобів

Вартість основних виробничих фондів передбачає такі розрахунки:

- вартість будівель визначається на основі розрахованої загальної площі і вартості 1 м² будівель (300 – 500 грн. за 1 м²)

$$V_{\text{буд}} = 176 \times 500 = 88000 \text{ грн.}$$

- вартість споруд 5% від вартості будівель;

$$V_{\text{спр.}} = 88000 \times 0,05 = 4400 \text{ грн.}$$

- вартість обладнання (наведена в таблиці 5.7) з урахуванням транспортно-заготівельних витрат і монтажу (10 – 15%).

- вартість цінних інструментів, пристосувань, інвентарю (3 – 5% балансової вартості обладнання);

- вартість транспортних засобів (3% балансової вартості обладнання).

Таблиця 4.6. – Розрахунок вартості обладнання

Найменування обладнання	кількість., шт		Коеф. завантаження	Ціна обладнання за прейскурантом, грн.		Потужність двигунів кВт/г	
	расчетное	принятое		един.	всего (баланс)	един.	всего
ЕШП А-550	1,98	2	0,98	29515	59030	0,4	0,8
Трансформатор ТШС-3000-1	1,98	2	0,98	5300	10600	120	240
Установка зварювання VarioStar 1500	0,87	1	0,87	59514	59514	2,0	4,0
Піч Н-60	1	1	0,96	7853	7853		
механічна пила SW-430S	1,93	4	0,93	11325	46659	2,5	10
Кран-балка	-	1	-	23028	26482,2	3	3
Всього		9	0,95		210138,2		49,3

Розрахунок вартості основних засобів, амортизаційних відрахувань, структури основних засобів наведено в табл. 4.8.

Таблиця 4.7 – Вартість основних засобів

Найменування основних засобів	Балансова вартість, грн.	Структура, %	Норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування, тис. грн.
1.Виробничі будівлі	88000	9,24	8	17,280
2. Споруди	44000	0,62	8	0,864
3. Обладнання	210138,2	83,94	24	50.44
4. Цінні інструменти, прилади, інвентар	79760	3,52	24	19,142
5.Транспортні засоби	59820	2,68	40	23,928
Усього	576518,2	100	-	111,65

4.2.3 Розрахунок фонду оплати праці

Сума заробітної плати, яка виплачується працівникам підприємства, формує фонд оплати праці. Фонд заробітної плати розраховується за прийнятими формами і системами оплати праці.

Оплата праці основних робітників здійснюється за відрядно-преміальною формою оплати праці; допоміжних робітників – за почасово-преміальною формою оплати праці; керівників та спеціалістів – по штатно-окладною формою оплати праці.

Плановані доплати і премії для робітників приймаємо в розмірі 50% від тарифної заробітної плати. Премії з прибутку складають для робітників – 15% до тарифної заробітної плати, для керівників і фахівців – 40%.

Розраховуємо тарифний фонд заробітної плати основних робітників за формулою:

$$З_{\text{тар}} = N \sum_{i=1}^m P_i, \quad (4.6)$$

де m – кількість операцій технологічного процесу;

P_i – розцінка на i -ту операцію, табл.;

N – річна виробнича програма виробів;

Розцінка на операцію розраховується за формулою:

$$P_i =, \quad (4.7)$$

де – годинна тарифна ставка i -того розряду;

– норма штучного часу на - ту операцію, нормо-год;

Розрахунок розцінок зведений в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Розрахунок розцінок за операціями

Операція	Норма часу	Розряд	Часова тарифна ставка, грн	Розцінка, грн
Зварювальник	0,167	3	45	7,2
Металург	0,4	4	55	22
Слюсар	0,15	4	50	7,5
Разом				36,7

Тарифний фонд заробітної плати основних виробничих робітників розраховується за формулою:

$$З_{\text{осн.}}^{\text{тар.}} = 36,7 \times 4900 = 1798.$$

Основний фонд заробітної плати допоміжних робітників, які знаходяться на погодинній оплаті праці, розраховується по формулі:

$$З_{\text{доп.}} = C_i \cdot K_{\text{тар.ср.}} \cdot F_{\text{д.р.}} \cdot R_{\text{доп.}} \quad (4.8)$$

де C_i – часова тарифна ставка 1-го розряду;

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

$R_{\text{доп.}}$ – чисельність допоміжних робітників;

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

$$З_{\text{доп.}} = 25,13 \cdot 1,385 \cdot 1768 \cdot 8 = 492282,6272 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{тар.ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^m}{I} \quad (4.9)$$

m – кількість розрядів робіт допоміжних робітників;

K_i – тарифний коефіцієнт i -того розряду

– кількість допоміжних робітників i -го розряду.

$$K_{\text{тар.ср.}} = \frac{1,33 \cdot 6 + 1,55 \cdot 2}{8} = 1,385$$

Відрахування на соціальне страхування розраховується відповідно до чинного законодавства – 22 % від фонду оплати праці.

Річний фонд заробітної плати ІТР приведений в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 - Розрахунок фондів заробітної плати ІТР

Посада	Чисельність, чол.	Місячний оклад, грн.	Річний фонд, грн.
1.Майстер	1	8000	96000
2. Технолог	1	5500	66000
Усього	2	6700	80400

Фонд оплати праці розрахований і приведений в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Фонд оплати праці

Категорія персоналу	Чисельність персоналу, чол.	Фонд оплати праці, тис.грн.			Премії з прибутку, тис.грн.	Фонд оплати праці, тис. грн.	Відрахування на соц. страхування, тис. грн.	Середня зарплата в місяць, грн.
		Основна зарплата	Додаткова зарплата	Усього				
1.Основні виробничі робочі	6	179830	75,500	226,50	33,98	260,48	49,83	10625
2.Допоміжні робочі	8	153,97	76,98	230,96	34,64	265,6	101,22	49228 2,62
3. Майстер	1	42	-	42	16,8	58,8	22,41	4900
4. Технолог	1	38,4	-	38,4	15,36	53,76	20,49	4480
Усього	16	385,37	152,48	537,86	100,8	638,6	243,39	3941,1

4.2.4 Собівартість виробу

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

5.2.4.1 Прямі витрати

1. Основні та допоміжні матеріали – 807,33 грн. (таблиця 4.6);
2. Основна заробітна плата основних виробничих робітників – 36,7 грн.
3. Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, премії – 18,35 грн. (таблиця 4.11);
4. Відрахування на соціальне страхування від фонду оплати праці основних виробничих робітників – 12,1 грн. (таблиця 4.11);
5. Паливо та енергія на технологічні цілі:

$$E = S \cdot U \cdot I \cdot t \cdot N \quad (4.10)$$

де $S = 2,57$ грн. – вартість 1 кВт електроенергії;

$U = 30$ В – зварювальна напруга;

$I = 0,45$ кА – зварювальний струм;

$t_{\text{шт.зв}} = 3,3$ год. – час зварювання;

$t_{\text{шт.прих.}} = 1,11$ год. – час збирання.

$$E = 2,57 \cdot 30 \cdot 0,45 \cdot 2,37 = 82,22 \text{ грн.}$$

4.2.5 Непрямі витрати

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

- 1) Утримання обладнання і робочих місць.
- 2) Заробітна плата додаткових робочих і відрахування на соціальні заходи.
- 3) Поточний ремонт обладнання і дорогих інструментів – 5% від їх вартості.
- 4) Амортизація виробничого обладнання та дорогих інструментів.
- 5) Відтворення малоцінних і швидкозношуваних предметів – 50% від їх вартості (вартість – 2% вартості обладнання).
- 6) Інші витрати становлять 5% від суми витрат попередніх статей.

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання (ВУО) розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційно основній заробітній платі виробничих робітників.

Відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання задається викладачем:

$$\alpha = \frac{\sum \text{ВУО}}{\text{ЗП}_0} \cdot , \quad (5.13)$$

де ВУО – сума витрат на утримання обладнання

$$\alpha = 500 \%$$

Розмір витрат на утримання та експлуатацію обладнання, що припадає на одиницю виробу розраховуються за формулою 5.12.

$$\text{ВУ}_i = \frac{\alpha}{1\text{ц}}, \quad (5.14)$$

де ВУ – основна заробітна плата на одиницю продукції, грн.

$$\text{ВУ}_i = 36,7 \times 5 = 18\text{ц.}$$

Стаття «Загальновиробничі витрати» – це витрати на управління в межах цеху. Стаття комплексна і охоплює такі витрати:

- 1) Утримання цехового персоналу – річний фонд заробітної плати спеціалістів і керівників і відрахування на соціальні заходи.
- 2) Утримання приміщень та інвентарю.
- 3) Поточний ремонт приміщень та інвентарю розраховується в розмірі 2% їх балансової вартості.
- 4) Амортизаційні відрахувань будівель і споруд.
- 5) Витрати на проведення випробувань, досліджень, раціоналізації та винахідництво приймають збільшено 100 грн. на рік на одного працівника.
- 6) Витрати на охорону праці плануються на рік 175 грн. на одного працівника.
- 7) Інші витрати складають 3% від суми витрат по попереднім статтям.

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

$$\text{ЗВ}_i = \frac{\beta}{1\text{ц}}$$

Відсоток загальновиробничих витрат задається викладачем:

$$\beta = 400 \%$$

$$ЗВ = 36,7 \times 4 = 146.$$

Адміністративні витрати вміщують витрати, пов'язані з утриманням адміністративно - управлінського персоналу підприємства, а також утриманням та експлуатацією основних засобів загального виробничого призначення, охорону праці та техніку безпеки персоналу та інші. Адміністративні витрати складають в середньому від основної заробітної плати основних виробничих робітників та розраховуються за формулою:

Відсоток адміністративних витрат задається викладачем:

$$\gamma = 250 \%$$

Витрати на збут η складаються з витрат, пов'язаних з реалізацією продукції і вміщують витрати на тару та тарні матеріали, транспортування готової продукції, рекламу, витрати на маркетингові дослідження та інші. Витрати на збут складають 2% від виробничої собівартості і розраховуються за формулою:

$$ВЗі = 1140,2 \times 0,02 = 22,804 \text{ грн.}$$

де C_v – собівартість виробнича, грн;

Таблиця 4.14 – Калькуляція собівартості зварювальних робіт

Статті витрат	Витрати	
	всього витрат, грн	на одиницю, грн
1. Матеріали для відновлення деталі	4576231,7	807,33
2. Основна заробітна плата основних робітників	179830	36,7

Продовження табл. 4.14

Статті витрат	Витрати	
	всього витрат, грн	на одиницю, грн
3. Додаткова заробітна плата основних робітників	89915	18,35
4. Відрахування на соціальне страхування	59290	12,1
5. Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	899150	183,5
5. Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	899150	183,5
6. Загальновиробничі витрати	719320	146,8
7. Вартість електроенергії	402878	82,22
8. Собівартість виробнича	5586980	1140,2

4.3 Економічне обґрунтування запропонованих розробок

В даному розділі необхідно розрахувати річний економічний ефект, який можливо отримати при виробництві виробів на спеціалізованій дільниці по запропонованому технологічному процесу в порівнянні з виробництвом цих же виробів на діючому підприємстві. Крім цього необхідно оцінити ефективність і результативність діяльності виробничої дільниці або потокової лінії; розрахувати беззбитковість виробництва, побудувати графік беззбитковості.

4.3.1 Розрахунок економічного ефекту

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

4.3.2 Ефективність та результативність

Відомо, що вартість виробу з 08ГФНФ в Казахстані – 48,80 грн. за 1 кг. Якщо розрахувати на 50 кг., то маємо $C_б = 2440$ грн.

В результаті виробництва злитка зі сталі 08ГДНФ вагою 50 кг ми отримали собівартість виробу $C_н = 1140$ грн. Тоді маємо економію ::

$$E = (C_б - C_н) \times N = (2440 - 1140) \times 4900 = 6370000 \text{ грн}$$

Таблиця 4.15 – Показники ефективності і результативності

Найменування показника	Значення показника
1. Річний випуск виробів	
- в натуральному вимірі, одиниць	4900
- по трудомісткості, нормо-год.	11515
- в грошовому вимірі, грн.	5586980
2. Виробнича площа ділянки,	432
3. Вартість основних засобів, грн.	2380326

Продовження табл. 4.15

Найменування показника	Значення показника
4. Спискова чисельність персоналу усього, осіб	16
- основні робітники	4
- допоміжні робітники	8
- керівники і спеціалісти	2
5. Фонд оплати праці, грн.	538600
6. Середня заробітна плата працюючих за місяць, грн.	10625
7. Продуктивність праці одного працівника, грн./чол.	349186,25
8. Фондовіддача грн./грн.	3,4
9. Коефіцієнт завантаження обладнання	0,86
10. Фондомісткість грн./грн.	0,04
11. Собівартість одиниці продукції, грн.	1140
12. Економічний ефект за розрахунковий рік, грн.	6370000

4.4 Висновки по розділу техніко – економічні розрахунки

Запропонований варіант виготовлення злитків сталі 08ГДНФ вагою 50 кг є економічно вигідним оскільки повна собівартість виробу в цьому випадку найменша, ніж при придбанні в Казахстані. Економічна ефективність також досягається за рахунок розширення технологічних можливостей існуючого обладнання та використання відходів сталі 08кп. При масовому виготовленні (4900 одиниць на рік) очікуваний економічний ефект складатиме 6370000 грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У розділі надані основні заходи з охорони праці при дослідженні процесу ЕШП.

5.1 Аналіз потенційної небезпеки на проєктованій ділянці

- а. Ураження електричним струмом - через порушення правил електробезпеки, несправності обладнання.
- б. Небезпеки, які пов'язані з налаштуванням дослідницької інсталяції для наплавлення, зокрема можливість отримання механічних травм.
- в. Підвищена загазованість робочої зони через наявність зварювальних аерозолів і виділень шлаку.
- г. Опіки відкритих ділянок тіла - опіки через розбризування рідкого металу і шлаку, мимовільного торкання до нагрітих деталей.
- д. Тепловий вплив на організм при проведенні процесу.
- е. Підвищений шум на робочому місці через роботу обладнання.
- ж. Недостатнє освітлення робочого місця - через вихід з ладу освітлювальних приладів, неправильного проєктування освітлення.
- з. Незадовільні параметри повітряного середовища на виробничій ділянці через вихід з ладу або неправильного проєктування системи витяжної вентиляції
 - і. Можливість загорянь через порушення правил пожежної безпеки.
 - й. Неправильні дії персоналу в період надзвичайних ситуацій.

5.2 Заходи щодо забезпечення безпеки

а. Для запобігання ураження електричним струмом, відповідно до діючих правил безпеки, викладеними в МПАОП 40.1-1.01-97 «Правило безпечної експлуатації електричних установок» передбачено обов'язковий пристрій для автоматичного відключення технологій зварювального обладнання від силової мережі. Установку електрошлакового переплаву передбачено заземлювати (оголеним мідним дротом перетином не менше 6 мм²), що приєднується до контуру заземлення.

Електробезпека установок забезпечується надійною ізоляцією струмопровідних частин обладнання, застосуванням низьких напруг до 42 В для освітлення і живлення інструментів, застосовується також заземлення та занулення не струмопровідних частин обладнання.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом передбачено використання термостійкої ізоляції струмопровідних елементів печей і огорожа струмопровідних шин установок ЕШП.

Заземлення установок ЕШП і їх відключення при появі потенціалу на конструктивних елементах установки.

б. Установка для ЕШП представляє з себе: При ЕШП тепло виділяється завдяки проходженню струму через шлак. Щільність струму при цьому процесі зазвичай становить 0,1-0,5 А / мм². Чим менше щільність струму, тим важче навести шлак на початку процесу, але тим легше підтримувати стабільність процесу, так як при малій щільності струму процес йде досить стійко в широкому діапазоні струмів і напруг. Шлак повинен володіти наступними властивостями:

- легкоплавкість, чим металу електроду, що витрачається, що забезпечує краще рафінування від газів і неметалевих включень;

- достатній електроопір (при великій електропровідності шлаку буде виділятися мало тепла);

- необхідна вологість (інакше погіршується теплопередача через шлаковий прошарок до кристалізатора і погіршується якість злитка).

Основними небезпеками можуть бути механічні травми в наслідок порушення інструкцій техніки безпеки при використанні технологічних пристосувань та слюсарного інструмента.

в- Для видалення газів, що утворюються при електрошлаковому переплаві застосовується витяжна вентиляція. Розтруб вентиляції розташовано безпосередньо над кристалізатором, що забезпечує видалення шкідливих викидів безпосередньо із зони їх виникнення.

г – Для захисту від опіків відкритих ділянок тіла передбачено комплектування працівників спеціальним одягом для захисту від підвищених температур типу БТІ по ГОСТ 12.4.045-87 «Система стандартів безпеки праці. Костюми чоловічі для захисту від підвищених температур. Технічні умови » і спеціальними рукавицями типу Тр по ГОСТ 12.4.010-75 «Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови». Згідно з вимогами ГОСТ 12.2.003-74 «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки » вживане обладнання безпечно при монтажі, експлуатації та ремонті; виключає зіткнення працюючих з гарячими частинами (більш +45 ° С). Охолодження гарячих злитків відбувається на спеціальній ділянці, огороженої металевими листами.

д. Для захисту обличчя та очей зварників при виготовленні витратних електродів, передбачено використання: захисних щитків типу ННП-С-702 VI по ГОСТ 12.4.035-78 «Система стандартів безпеки праці. Щитки захисні лицьові для електрозварників. Технічні умови». Зварювальний пост обладнаний світлонепроникними шторами і щитами. Для допоміжних працівників ділянки для захисту очей використовують ся захисні окуляри типу ЗНД (подвійні – комбінація безбарвного скла і світлофільтру) закриті захисні окуляри з непрямкою вентиляцією) по ГОСТ 12.4.013-97 «Система стандартів безпеки праці. Окуляри захисні. Загальні технічні умови ».

е. Для захисту теплового впливу передбачено спеціальний одяг та лицеві щитки, що беруть участь в технологічному процесі транспортування гарячих злитків, обладнується зручне і безпечне робоче місце, що не утрудняють їх дій під час виконання технологічних операцій.

Для захисту від променевої енергії джерела теплового випромінювання повинні мати спеціальні пристрої і пристосування: щити, екрани, і ін.

5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці

ж. Згідно з «Санітарними нормами і правилами що до обмеження шуму на території та в приміщеннях виробничих підприємств» рівень звуку в цеху не перевищує 75 дБ (А). Також при проектуванні враховувалися вимоги ГОСТу 12.1.003-83 «Шум.

з. У виробничих приміщеннях передбачається комбіноване освітлення: природне і штучне.

і. З метою уникнення можливостей займання, на території діляниці відсутні легкозаймисті матеріали, підлога цеху виконана з бетону. Застосовуються протипожежні щіти.

к. При виникненні надзвичайних ситуацій, а саме в при аварійному відключенні води для охолодження кристалізатора, на діляниці заплановано використання запасу води у ємкостях. Аварійного запасу води вистачає для охолодження кристалізатора від час видалення злитка з кристалізатора. При аварійному відключенні води для охолодження кристалізатора спрацьовує система автоматичного захисту. Процес плавлення зупиняється і злиток вилучається із кристалізатора.

Крім природного освітлення передбачено і штучне, для освітлення приміщень в нічні години, згідно СНиП II-4-79 «Природне і штучне

освітлення. Норми проектування », яке встановлюється з урахуванням розмірів ділянки.

Норми освітленості наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.2 – Норми штучної освітленості

Характеристика зорової роботи	Розмір об'єкта відмінності, мм	Розряд зорових робіт	Загальне штучне освітлення
Низької точності	більше	V	200

На проектованій ділянці застосовується система загального освітлення. Застосування люмінесцентного освітлення повинно забезпечити освітленість на підлозі приміщення не менше 200 Лк. Крім того, в місцях, небезпечних для проходу, на сходах і виробничих приміщеннях передбачають аварійне освітлення, що забезпечує освітленість на підлозі не менше 10 Лк. Світлові ліхтарі, вікна і світильники повинні підлягати очищенню, регулярність якої визначається нормами в залежності від ступеня забрудненості повітря пилом і кіптявою, відповідно до СП 245-71.

Величина мінімальної освітленості, згідно СНиП II-4-79, встановлюється за влучним висловом зорової роботи, яка визначалася найменшим розміром об'єкта розрізнення, контрастом об'єкта з фоном і характеристикою фону. Рекомендовані значення освітленості і коефіцієнта запасу, для зварювальних ділянок відповідно рівні $E_H = 200 \text{ лк}$ і $k = 1,6$.

Таблиця 5.1 – Метеорологічні умови в робочій зоні цеху

Сезон року	Категорія робіт	Температура, °С	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодний період	Середньої тяжкості, Пб	17-19	60-40	0,3
Теплий період	Середньої тяжкості, Пб	20-22	60-40	0,4

Для забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища на ділянці і відповідності її санітарним нормам запроектована система загально обмінної вентиляції. Проект виконаний відповідно до вимог ГОСТу 12.1.005 - 88 «Загальні санітарно–гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» і СП 245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств».

Граничнодопустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях представлені в табл. 5.2 [15].

Таблиця 5.2 – Граничнодопустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони, в виробничих приміщеннях

Найменування речовини	Фактична концентрація,	ПДК, мг/м ³	Клас безпеки
Фтористий	0.16	0.5	2
Сталевий пил	6	6	4
Пил абразиву	5	6	4
Пари мастил	5	5	4

Для оздоровлення повітряного середовища на ділянці виготовлення литих заготовок запроектована система витяжної вентиляції. Проект вентиляції виконаний відповідно до СніП 2.04.85-86 «Опалення, вентиляція і кондиціонування. Норми проектування ». При проектуванні враховувалися

вимоги ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» і СП 245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств». Для створення робочого персоналу на ділянці санітарно-гігієнічних умов, що відповідають ГОСТ 12.1.005-88, над зварювальним постом запроектована панель рівномірного всмоктування. Прийнята швидкість газів, що відходять 1,0 м / сек. Відведення забрудненого повітря передбачений двома вентиляторами типу Ц4-70 № 5, продуктивністю 4000 м³/ч з напором 500 Па [9,10].

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року дипломним проектом передбачається влаштування системи опалення, суміщеної з припливною вентиляцією.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Виходячи з того, що на ділянці виконуються зварювальні роботи, Електрошлакове лиття та інші роботи без використання вибухонебезпечних речовин, то відповідно до СНиП 2.09.02-85 «Норми проектування. Виробничі будівлі промислових підприємств » виробництво відноситься до пожеже небезпечного з категорією - Г. Ступінь вогнестійкості - п'ята.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 «Пожежна безпека. Загальні вимоги» передбачені засоби пожежогасіння.

При загорянні силового і промислового устаткування категорично забороняється заливати їх водою.

Для гасіння пожежі застосовується склад ПГС, глинозем, мелений плавиловий шпат, сухий порошковий флюс. Ці засоби подаються в осередок загоряння вручну. Порошкові вогнегасники заряджені вогнегасним порошком і закачані газом (повітря, азот, вуглекислота) до тиску 16 атм. Призначені для гасіння пожеж класу А, В, Сабо ВС залежно від типу

застосовуваного порошку, а також електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 ВС. Забезпечені запірними пристроями, що забезпечують вільне відкриття і закриття простим рухом руки ..

За рахунок високої вогнегасної ефективності порошкові вогнегасники є найбільш економічно вигідними засобами пожежогасіння, виходячи з показника "відношення вартості вогнегасника до площі гасіння".

Ступінь вогнестійкості будівель та споруд наведено у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Ступінь вогнестійкості будівель та споруд

Основні будівельні конструкції	Ступінь вогнестійкості	
	Група займистості	Межа вогнестійкості, год
Несучі стіни, колони, стіни сходових клітин	Що не згорають	2.0
Плити, перегородки та інші несучі і конструкції	Що не згорають	0.75
Внутрішні перегородки, сходові клітини	Що важко згорають	0.25

З огляду на категорію виробництва, ступінь вогнестійкості основних будівельних конструкцій при кількості поверхів - 1 буде, рівній V.

Площа поверху між протилежними стінами споруд становить 176 м².

Приймаємо вогнегасники типу ВВК-5 і ГП-5 по 2 штуки. Відстань між вогнегасниками та місцем можливої пожежі становить 10 м.

На ділянку запроектовано два пожежних щита в них входить:

- вогнегасник ВП-5-1шт;
- вогнегасник ВВК-5 - 1шт;
- лопати залізні - 2 шт;

- кошма - 1 шт;
- багор - 1 шт.

Вуглекислотні вогнегасники типу ВВК - 5 призначені для гасіння електроустановок. В електроустановках передбачені такі заходи пожежної безпеки:

- силова розводка виконана прихованою в трубах;
- силова апаратура забезпечена захистом від коротких замикань.

Виконуються вимоги стандарту щодо того, що незалежно від обсягу приміщення (з категорією виробництва Г), відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу становить менше 95 м (при щільності людського потоку в загальному проході до 3 чол / м²).

5.6 Заходи забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація – порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або певній території, акваторії, спричинене аварією, катастрофою, стихійним або екологічним лихом, застосуванням противником сучасних засобів ураження, який при вів або що можуть призвести до людських і матеріальних втрат. Серед захисних заходів цивільної оборони, здійснюваних завчасно, особливе місце займає організація оповіщення органів цивільної оборони, формувань і населення про загрозу нападу противника і про застосування ним ядерної, хімічної, бактеріологічної (біологічної) зброї і інших сучасних засобів нападу.

Своєчасне оповіщення населення і можливість укриття його за (10-15) хв. після оповіщення дозволить знизити втрати людей при раптовому застосуванні противником зброї масового ураження з 85% до (4-7)%. Захист населення залежить від добре організованої системи оповіщення, організація якої покладається на штаби цивільної оборони.

З метою своєчасного попередження населення міст і сільських населених пунктів про виникнення безпосередньої небезпеки застосування супротивником ядерного, хімічного, бактеріологічного (біологічного) або іншої зброї і необхідності застосування заходів захисту встановлені на ступні сигнали оповіщення Цивільної оборони: «Повітряна тривога», «Відбій повітряної тривоги», «Радіаційна небезпека», «Хімічна тривога».

Сигнал «Повітряна тривога» подається для всього населення. Він попереджає про безпосередню небезпеку ураження противником даного міста (району). По радіотрансляційній мережі передається текст: «Увага! Увага! Громадяни! Повітряна тривога! Повітряна тривога! ». Одночасно з цим сигнал дублюється звуком сирен, гудками заводів і транспортних засобів. На об'єктах сигнал буде дублюватися усіма, наявними в їх розпорядженні засобами. Тривалість сигналу буде 2-3 хв.

За цим сигналом об'єкти припиняють роботу, транспорт зупиняється і все населення ховається в захисних спорудах. Робітники і службовці припиняють роботу відповідно до встановленої інструкцією і вказівками адміністрації, що виключають виникнення аварій. Там, де по технологічним вимогам безпеки не можна зупинити виробництво, залишаються чергові, для яких будуються індивідуальні притулки.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розроблено конструкцію витратного електрода, яка дозволяє отримувати зливки з гарною поверхнею і однорідним хімічним складом при легуванні через витратний електрод при малому коефіцієнті заповнення кристалізатора.

Досліджено вплив конструкції витратного електрода на процес його плавлення та формування злитка.

Відображено питання охорони праці, цивільної оборони, виконано проект ділянки та розрахунок економічного ефекту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Журавлев, В.Н. Машиностроительные стали. [Текст] Справочник. / В.Н. Журавлев, О.И. Николаев. – М.: Машиностроение, 1981. – 391 с.
2. Хитрик, С.И. Применение вакуума в металлургии. / Труды совещания по применению вакуума в черной металлургии. - АН СССР, 1958. - с.112
3. Воздвиженский, В.Н., Грачев В.А., Спасский В.В. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. - М. : Машиностроение. - 1984. - 432с.
4. Воробьев, А.А. Электрошлаковый переплав [Текст] : учеб. пособ. / А.А. Воробьев, Ю.В. Пожидаев; СибГИУ. – Новокузнецк, 2002. - 116 с.
5. Медовар, Б И. Тепловые процессы при электрошлаковом переплаве [Текст] / Б. И. Медовар. – К. : Наук. думка, 1978. – 304 с.
6. Глебов, А. Г. Электрошлаковый переплав [Текст] / А. Г. Глебов, Е. И. Мошкевич. – М. : Металлургия, 1985. –
7. Патон, Б. Е., Электрошлаковая технология. [Текст] Медовар Б. И., Бойко Г. А. Электрошлаковая технология. ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» Киев — 1970 65 с
8. Биктагиров, Ф. К. Особенности теплового взаимодействия между шлаком и металлом в условиях электрошлакового обогрева [Текст] / Ф. К. Биктагиров, И. В. Крикент // Современная электрометаллургия. – 2004. – №4. – с. 13-17.
9. Гасик, М. И. Теория и технология производства ферросплавов [Текст] / М. И. Гасик, Н. П. Лякишев, Б. И. Емлин. – М. : Металлургия, 1988. – 784 с.
10. Шебеко, Л.П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки [Текст] Л.П. Шебеко - М.: Высш. школа, 1981.- 296 с.

11. Цукерман, М.Б. Источники питания сварочной дуги и электрошлакового процесса [Текст] М.Б. Цукерман - М.: Высш. школа, 1980.- 238 с.
12. Каталог продукції 2017-2018 р. фірми Fronsus [Текст]. Відділ зварювальної техніки – 86 с.
13. Методические указания к выполнению курсовой работы и дипломному проектированию по организации и планированию производственного участка для Студенов специальностей 0503, 0504 / Сост. М.Ф. Новиков, Л.К. Фатюха.–Запорожье: ЗНТУ, 2010.–24 с.
14. Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов [Текст]: «Учебник для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» А.И. Красовский.–М.: Машиностроение, 1980.– 319с.
15. Грачева, К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства [Текст].- М.: Машиностроение, 1984.-312 с.
16. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов для студентов специальности «Оборудование и технология сварочного производства» / Сост. Круглікова В.М., биковський О.Г. – Запорожье: ЗГТУ, 2017.–36 с.
17. Методические указания к дипломному проектированию раздела «Охрана труда и окружающей среды / Сост. В.П. Пархоменко, А.А.Потуремец, А.Н. Савчук и др. – Запорожье: ЗМИ, 1986.–48с.
18. Юдин, Е. Я. Охрана труда в машиностроении / Под ред. Е. Я. Юдина [Текст].- М.: Машиностроение, 1976.- 335 с.
19. Кречетников, Н. П., Оловянников Н. П. Гражданская оборона на машиностроительных предприятиях[Текст] / Оловянников Н. П.. М.: Машиностроение, 1972.–136с.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Бадиз В.П.		
Провер.	Березиний С.В.		
Н. контр.	Нетребко В.В.		
Листов 2		Лист 1	

		ГКИЮ 01.02.18.00		
			ДП	

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ЗАПОРОЖСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

УТВЕРЖДАЮ

Нормоконтроль

Дата

Внедрен в производство

Акт № _____ Дата _____

Нетребко В.В.

Зав. кафедрой ОТСП

Дата

Комплект документов

соответствует

ТД

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											Листов	2	Лист	2
Разраб.			Бабит А.П.								ГКИЮ 01 02 18.00			
Пров.			Березин С.П.											
Н. контр.			Петренко В.В.											
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
01	Зваривание				зваривание 3					0,3				
02	Пост. зваривания													
03	Чугун Стг-1500													
04														
05	Транспортная									0,1				
06	Кран-балка													
07														
08	Электрошлюпной переплав				Оператор					0,75				
09	Установка А-550				установщик ЕШП					4				
10	Трансформатор ТНБС-3000-1													
11														
12	Механика				Слюсар					4				
13	Пила SW-430S									1,3				
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														

