Форма № Н-9.02

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О. ПАТОНА

Кафедра ливарного виробництва

До захисту допущено
Завідувач кафедри
__Михайло ЯМШИНСЬКИЙ____
“___”_____2023 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 136 «Металургія»

за освітньо-професійною програмою «Комп’ютеризовані процеси лиття»

на тему: **Електрошлаковий переплав сталей легованих бором**

Виконав: студент _4 курсу, групи ФЛ-91
Трикозенко Даниїл Ігорович _____
(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Керівник асистент Іванченко Дмитро Вікторович _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант
з охорони праці д.т.н., професор Левченко Олег Григорович _____
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант
з економічної частини к.е.н., доцент Нараєвський Сергій Вікторович _____
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант
з нормоконтролю к.т.н., доцент Лютий Ростислав Володимирович _____
(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к.т.н.,заст.зав.в-у Зайцев Володимир Андрійович. _____
посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

Форма № Н-9.01

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
Кафедра ливарного виробництва

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
Спеціальність 136 Металургія
Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
__Михайло ЯМШИНСЬКИЙ____
"___"_____2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____Трикозенко Даниїл Ігорович_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Електрошлаковий переплав сталей легованих бором _____,
керівник проєкту к.т.н. доцент Іванченко Дмитро Вікторович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від « 01 »__червня__ 2023 року № 2122-с
2. Строк подання студентом роботи « 14 »__червня__ 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: результати проведеного аналітичного огляду; матеріали переддипломної практики; результати попередньо проведених експериментів; наявні матеріали та лабораторне обладнання; методичні вказівки до виконання дипломних робіт_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) провести аналіз літературних джерел і визначити мету і задачі дослідження; 2) розробити методику проведення експериментів; 3) виконати розрахунки розкислення сталі під час легування бором; 4) виконати виплавку електродів для ЕШП; 5) виконати переплави на установці УШ-114 та проаналізувати отримані виливки, порівняти хімічні аналізи металу до та після ЕШП 6) обгрунтувати економічну ефективність проведеної роботи; 7) провести аналіз небезпечних виробничих факторів та розробити заходи з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Презентація: постановка задач (2 слайди); методика (2 слайди); результати проведених експериментів (6 слайдів); висновки (1 слайд).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.е.н, ст. викладач Нараєвський Сергій Вікторович		
Охорони праці	д.т.н., професор Левченко Олег Григорович		

7. Дата видачі завдання 01 травня 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Аналіз об'єкта досліджень	08.05.2023	
	Вивчення літературних джерел	18.05.2023	
	Розроблення методики досліджень	28.05.2023	
	Проведення досліджень	07.06.2023	
	Оброблення результатів досліджень	07.06.2023	
	Оформлення розділу «Літературний огляд»	08.06.2023	
	Оформлення розділу «Теоретична частина»	09.06.2023	
	Оформлення розділу «Експериментальна частина»	10.06.2023	
	Оформлення розділу «Економічна частина»	11.06.2023	
	Оформлення розділу «Охорона праці»	12.06.2023	
	Оформлення графічного матеріалу (презентації)	14.06.2023	

Студент _____ **Д.І. Трикозенко**_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Д.В. Іванченко**_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

Титульна сторінка 1
Зміст 4
Вступ 7
1. Сучасний стан технології легування сталі та електрошлакового переплаву 8
1.1. Сталь 8
1.2. Технологія процесу легування сталей 10
1.3. Сталі леговані бором 13
1.4. ЕШП (електрошлаковий переплав) 14
2. Розрахунок розкислення сталі під час легування бором 21
2.1. Методика розрахунку 21
2.2. Розрахунки рівноважної концентрації кисню в металі 22
3. Експерименти з виплавки та електрошлакового переплаву сталі мікролегованої бором 30
3.1. Виплавка сталі мікролегованої бором в індукційній печі 30
3.1.1. Методика виплавки сталі в індукційній печі 30
3.1.2. Розрахунки 31
3.1.3. Результати лабораторної плавки 34
3.2. Експерименти з електрошлакового переплаву сталі мікролегованої бором 36
3.2.3. Опис установки УШ-114 36
3.2.4. Інструкція з експлуатації 40
3.2.3 Методика проведення лабораторних експериментів 40
3.2.4. Результати лабораторних плавок 43
3.3.Висновки 44
4.Техніко-економічне обґрунтування науково-дослідної роботи (НДР) 47
4.2.Науково-технічна актуальність НДР 47
4.2. Розрахунок витрат на проведення НДР 47
4.2.1. Витрати на оплату праці 48
4.2.2. Єдиний соціальний внесок 51

4.2.3. Матеріали, необхідні для проведення досліджень 52
4.2.4. Енергоносії для проведення досліджень 54
4.2.5. Витрати на спеціальне обладнання 54
4.2.6. Вартість послуг сторонніх організацій 54
4.2.7. Витрати на службові відрядження 55
4.2.8. Інші прямі неврахована витрати 56
4.2.9. Накладні витрати 56
4.2.10. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми 57
4.3. Науково-технічна ефективність НДР 59
5. Охорона праці 64
5.1. Правові основи охорони праці 64
5.2. Аналіз параметрів приміщення 65
5.3. Аналіз мікроклімату 67
5.4. Аналіз освітлення кімнати 68
5.5. Вентиляція 69
5.6. Інфрачервоне випромінення 70
5.7.Електробезпека 71
5.8.Загазованість і запиленість 72
5.9. Пожежна безпека 73
Загальні висновки 77
Перелік джерел 78

Перелік умовних позначень, скорочень та термінів

ЕШП – електрошлаковий переплав (процес)
ЄСВ – єдиний соціальний внесок

Вступ

Сталі леговані бором – це вид конструкційної сталі, яка вважаються економічно вигідною, оскільки вони мають низку унікальних характеристик та неординарну структуру, це здобувається мікролегованням бором.

Головна мета дипломної роботи – експериментальні дослідження особливостей зміни хімічного складу металу після електрошлакового переплаву на прикладі сталей легованих бором.

Дослідження даної теми включає такі теми та розрахунки:

– загальні характеристики сталей легованих бором;

– механічні та спеціальні властивості сплавів з бором та галузь їх використання;

– особливості процесів мікролегування бором;

– вихідні матеріали;

– розрахунок розкислення сталі під час легування бором

– устаткування для електрошлакового переплаву;

– опис технологічних зразків та методів їх отримання;

– методика визначення властивостей;

– дослідження хімічного складу сплаву;

– властивості сплаву;

Під час виконання дипломної роботи отримуються значна кількість корисних знань та результатів, які допоможуть розширити розуміння про електрошлаковий переплав, виконуються розрахунки, що допомагають зрозуміти хід процесів. Дослідження сталей легованих бором важливе для отримання високоякісного матеріалу та розуміння впливу електрошлакового переплаву на вміст хімічних елементів після нього, розробки унікальних технологій, які можуть бути використані для різних галузях промисловості.

1. Сучасний стан технології легування сталі та електрошлакового переплаву

1.1. Сталь

Сталь - це сплав заліза з вмістом вуглецю від 0,02% до 2,14%. За деякими оцінками, у 2023 році у світі буде вироблено понад 100 мільйонів тонн сталі.

Країни, що виробляють цей сплав у немалих масштабах:

- Китай займає перше місце з обсягом 80,1 млн тон;
- Індія - 10 млн тон;
- Японія - 6,9 млн тон;
- США - 6 млн тон.[1]

Україна, на жаль, займає 35-те місце.

Деталі зі сталі використовують у різних сферах, серед яких:

- Машинобудування;
- Будівництво;
- Харчова промисловість;
- Енергетика;
- Аграрна промисловість;
- Хімічна та нафтохімічна галузі.

Такий великий вплив сталі на ці сфери можна пояснити її високими властивостями та характеристиками, такими як:

- Економічність у виробництві;
- Ефективність у виготовленні складних виробів;
- Добрі зварювальні властивості;
- Можливість використання в умовах високих температур;
- Легкість обробки;
- Довговічність.

Всі етапи виробництва, включаючи підготовку сировини, плавлення, розливання, а також додавання модифікаторів і легуючих елементів,

термічну обробку, умови роботи печі, швидкість охолодження і кристалізації, хімічний склад, однорідність сплаву, кількість неметалевих включень, можливість появи дефектів і т.д., зараз знаходяться під суворим контролем, щоб отримати сталь з потрібними властивостями.[2]

Використання сталі має незліченну кількість переваг, а її найкращі властивості постійно досліджуються та вдосконалюються. Постійно розробляються нові марки та різновиди сталі.

Виробництво сталі неминуче пов'язане з домішками. Це хімічні компоненти, які додаються до сплаву протягом усього процесу, і їхня присутність може суттєво вплинути на властивості сплаву. Домішки можуть мати жахливі та непередбачувані наслідки навіть у невеликих кількостях.

Вуглець є найважливішим компонентом у сплавах заліза. Високий вміст вуглецю підвищує міцність сплаву, водночас зменшуючи його пластичність. Діаграма "залізо-вуглець" демонструє, як кількість вуглецю впливає на структуру та властивості кінцевого сплаву.

Ще однією домішкою, яка може суттєво впливати на характеристики сплаву, є кремній. Плинність підвищується на рівні 0,3%-0,4%.

Марганець є ще однією домішкою, яка може мати значний вплив на властивості сплаву. Він розкислює та зменшує кількість сірки, яка спричиняє міжкристалічні тріщини в сталі.

Такі гази, як азот і кисень, також можуть утворювати домішки в сплавах. Вони утворюють оксиди та нітриди, які знижують фізичні властивості та утворюють газові дефекти.[3]

1.2. Технологія процесу легування сталей

Особливий клас сталі, відомий як легована сталь, має легуючі добавки, підібрані таким чином, щоб забезпечити бажані властивості для обраних технологій виплавки, обробки та застосування.

Кремній, молібден, хром, нікель, кобальт, ванадій, мідь, титан, алюміній, бор і цинк є основними елементами.

Вони забезпечують необхідну структуру, будову та характеристики, а їх вміст у сплаві може коливатися від 0,001 до 0,01%.

Тип легування, який називається мікролегуванням, передбачає додавання мікролегуючих елементів, таких як ванадій, титан, цирконій і бор. На рівні 0,01% вони мають найбільший вплив на мікроструктуру та характеристики.[4]

Технологія процесу легування передбачає змішування двох або більше металів або елементів для створення нового матеріалу з покращеними властивостями. Цей процес виконується з багатьох причин, як правило, для підвищення міцності, стійкості до корозії або зниження витрат

Більшість сплавів створюються шляхом плавлення основного металу і додавання сполук, які легують його, оскільки поєднання чистих елементів порівняно просте в рідкому стані. Найбільша маса сплавів плавиться на повітрі, при цьому шлак використовується для захисту металу від окислення.

Вони виготовляються шляхом поєднання вуглецевої сталі з іншими елементами, такими як хром, кобальт, молібден, нікель, вольфрам або ванадій

Їх велика різноманітність дозволяє створювати сталь з будь-якою кількістю властивостей

Недоліком легованої сталі є висока вартість легуючих елементів у чистому вигляді. Тому використовують їх сплави, наприклад, часто зустрічаються феро-сплави. Вони коштують набагато менше, але в

залежності від поставленої задачі в деяких випадках краще додавати чисті елементи.

Таким чином робимо висновок, що технологія легування буде залежати від легуючих добавок, що ми використовуємо. Кожна із них має свої властивості, свої правила та методики використання та додавання.[5]

Для того, щоб отримати новий сплав з чудовими властивостями, такими як більша міцність, підвищена корозійна стійкість, знижена вартість тощо, легування сталі передбачає змішування заліза з іншими елементами. Ключові процедури перераховані нижче:

- Плавлення основних елементів (сплави створюють, за допомогою печей різних видів);

  У сучасній металургії існує три основні способи виробництва сталі:

  1. електросталеплавильний;
  2. киснево-конвертерний;
  3. мартенівський;

- Додавання легуючих речовин (більшість необхідних елементів поміщають у початкову шихту, але легуючі елементи додають до розплавленого сплаву в точних кількостях для досягнення потрібного складу);
- Вакуумна дегазація (цей процес передбачає видалення кисню з рідкої сталі у вакуумному дегазаторі)

  Він проводиться залежно від вимог до сплаву. Це робиться для видалення домішок зі сталі та підвищення її якості.
- Додавання легуючих речовин (нарешті додають невеликі кількості легуючих речовин, щоб надати сталі бажаного складу та властивостей, якщо це потрібно).

Процес виконується для отримання нового матеріалу з покращеними властивостями, такими як підвищена міцність, підвищена стійкість до корозії або знижені витрати на виробництво. Процес має важливе значення у

виробництві сплавів, які використовуються в різних галузях промисловості, включаючи аерокосмічну, автомобільну та будівельну.

1.3. Сталі леговані бором

Якщо ж в розплав додають бор, то проводять процес мікролегування, через його невелику кількість в 0,001- 0,003%. При цьому враховують хімічну активність та режими роботи обладнання. Це впливає на засвоєння в металі легуючих елементів.

Він може бути доданий до різних видів сталі, щоб покращити їхні властивості, але частіше його використовують у легованих.

Легка взаємодія з газами не дає взаємодіяти зі сплавами та надати відповідні характеристики, тому перед цим вводиться алюміній і титан, цирконій або феро-бор. Бор впливає позитивно лише у розчиненому вигляді. [6]

Найважливішими передумовами застосування бору є його дешевизна, доступність, екологічна безпека, ціна для отримання якісного сплаву.

Сталі леговані бором - конструкційні боровмісні сталі. Для них характерні висока міцність, твердість та зносостійкість.

До переваг можна віднести здатність бору зменшити вуглецевий вміст в сталі, що покращує її зварюваність та забезпечує більшу стійкість до корозії. Крім того, бор може зменшити ризик появи тріщин та інших дефектів в сталі, які можуть знизити її міцність.

Часто ці сплави використовують в важких умовах, такі як:

- Високий тиск
- Вплив деформації
- Ударні частини механізмів
- Агресивні середовища
- Елементи, що швидко зношуються
- Висока температури [7]

1.4. ЕШП (електрошлаковий переплав)

Розвиток сфер машинобудування, будування турбін, літакобудування мотивувало створення нових методів та технологій. Спеціальні сталі та сплави створені для використання у агресивних умовах з високою температурою, тиском, в газових середовищах і не тільки.

Тому до металургії були виведені завдання які вона вирішує на протязі не одного року. В підсумку після аналізу можливостей було виведене завдання для подальший наукових досліджень, а саме покращити надійність, довговічність та якість виливка.

В ході досліджень були визначені основні недоліки технологій лиття:

- Контакт розплаву з футерівкою
- Взаємодія з киснем
- Вигорання деяких легуючих елементів під час плавки
- Висока ціна устаткування та процесів
- Негативний вплив від неметалевих включень
- Дорогі елементи шихти

Також не забуваємо що розплав може окислитись під час переливання в виливницю, через це може утворюватися газові дефекти.

Кристалізація відбувається при охолодженні розплавленого металу, коли утворюються центри кристалізації і організовуються у впорядковані кристалічні структури.

Процес піддається впливу різних факторів, що можуть призводити до виникнення дефектів у виробі. Ось деякі з найпоширеніших дефектів, які можуть виникнути під час кристалізації виливка:

- Пори
- Шлакові включення
- Порушення структури

Для вирішення цих недоліків стандартні технології не допомагали. Був вибраний напрямок розвитку спеціальної електрометалургії. Для них характерні:

- Послідовний переплав металу, створеного перед цим простим методом
- Одночасне проходження процесу кристалізації та плавки
- Метал охолоджується в спеціальних виливницях – кристалізаторах.
- Неметалеві включення вспливають з металевої ванни
- Плавильне середовище має рафінувальні властивості

До основних технології електрометалургії можна віднести

- Вакумно-дуговий
- Електролучевий
- Плазмо-дуговий
- Електрошлаковий процес

Всі вони знайшли сферу використання та розвиток в них

Електрошлаковий переплав (ЕШП) – спосіб переплаву, який відноситься до спеціальної металургії, джерелом виділення тепла для переплаву є нагрітий електропровідний шлак у рідкому стані, що захищає сплав від кисню та рафінує металеву ванну.

Вона використовується для отримання високоякісних зливків без включень та інших дефектів.

Процес ЕШП починається з індукційного плавлення у вакуумі, у результаті якого утворюється литий сплав, який служить витратним електродом. Потім електрод поміщають у форму (кристалізатор), яку охолоджують воду, зі шлаком.

Залежно від процесу початку плавки він може бути вже підігрітим (рідкий чи сухий запуск).

Електричний струм пропускають між електродом і новим зливком, який формується на дні форми. Електрод розплавляє і розплавлений метал надходить у форму, де твердне, утворюючи новий зливок.

Електрична дуга, утворена між електродами та шлаковим ложе запускає процес плавки. Під дією електричного струму, шлак розігрівається, утворюючи шлакову ванну.

ЕШП використовує високо реакційні шлаки, такі як фторид кальцію, вапно, оксид алюмінію або інші оксиди, щоб зменшити кількість сульфіду. Процес також зменшує кількість інших типів включень і розглядається як альтернатива вакуумно-дуговому переплаву.

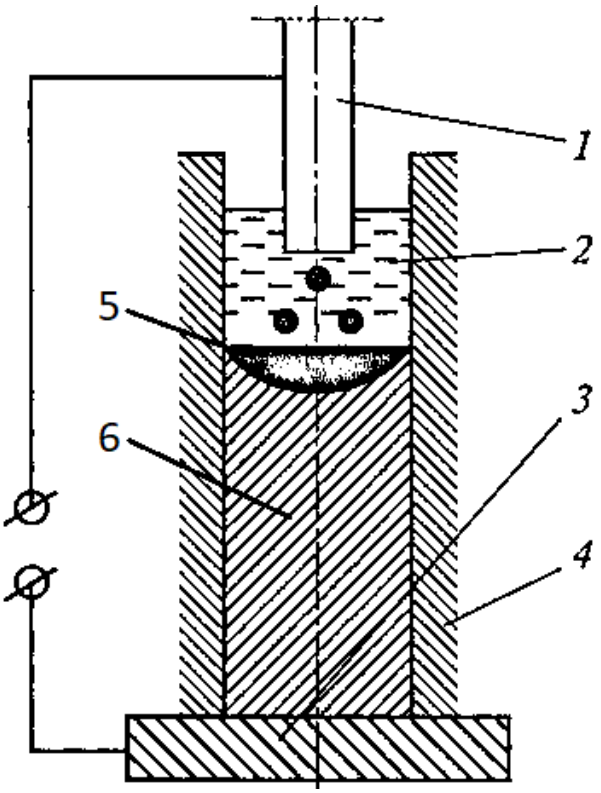

Рис. 1.1. Схема ЕШП

1 – електрод; 2 – шлакова ванна; 3 – затравка; 4 – кристалізатор; 5 – металева ванна; 6 – виливок;

При плавленні електродного металу через шлакову ванну виникає тепло, яке необхідне для розплавлення електрода та підтримки розплавленого та перегрітого стану шлакової і металевої ванн. Кількість виділеного тепла Q в шлаковій ванні в одиницю часу визначається формулою

$$Q = 0{,}24\ I^2 R,$$

де I - струм, що проходить через ванну, R - електричний опір шлакової ванни. Величина струму в прямій залежності від напруги на шлаковій ванні U.

Таким чином, кількість виділеного тепла в шлаковій ванні залежить від трьох параметрів процесу, які тісно пов'язані. Наприклад, збільшення струму призводить до зниження напруги на шлаковій ванні шляхом зменшення її активного опору. Зміна напруги на шлаковій ванні, у свою чергу, призводить до зміни електричного опору через зміну розташування розплавленого електрода і температурного поля.

Тепло, що виділяється в шлаковій ванні під час проходження електричного струму, використовується для плавлення електродного металу та підтримки перегрітого стану шлакової і металевої ванн. Частина тепла відводиться охолоджувальною водою від кристалізатора та піддона, частина випромінюється дзеркалом шлакової ванни, частина виноситься викиданими газами. Деяка частка цього тепла накопичується в металевому заготовці.

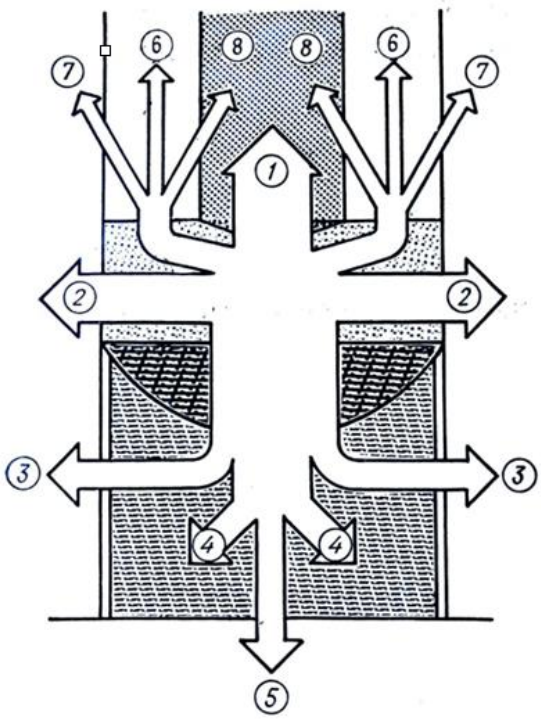

Рис 1.2. Розподіл тепла при ЕШП

1 – каплі металуя; 2 – стінка кристалізатора; 3 – стінка кристалізатора; 4, 5 – виливок; 6 – атмосфера; 7 – каплі металу; 8 – електрод;

Якщо плавлення проводиться з переміщенням заготовки відносно кристалізатора, частина тепла випромінюється заготовкою.

Розглянемо головні фактори, що впливають на розподіл виділеного тепла в шлаковій ванні:

Тепло, яке витрачається на розплавлення електродного металу та його перегрівання під час проходження через шлакову ванну. Це тепло майже повністю використовується в процесі. За винятком втрат через радіацію, більша частина тепла переходить до металевої ванни разом із розплавленим металом.

Тепло, яке відводиться від шлакової ванни до стінки кристалізатора. Це тепло виноситься за допомогою охолоджуючої води і має значний вплив на процес.

Тепло, яке передається від шлакової ванни до металевої ванни через теплопровідність та розплавлений метал. Це тепло далі передається до стінки кристалізатора через теплопередачу в зоні металевої ванни, де метал контактує з кристалізатором. Також воно випромінюється в зоні між заготовкою, шлаковою коркою і стінкою кристалізатора.

Частка тепла, що передається шлаковою ванною заготовці, відводиться через заготовку і охолоджується водою. Деяка частина тепла накопичується в заготовці і може бути використана для подальшої обробки.

Тепло, яке випромінюється дзеркалом шлакової ванни в атмосферу, на стінку кристалізатора та на електрод, використовується корисно тільки частково, зокрема для підігріву електрода. З усіх розглянутих факторів тепловитрат, найбільш значущими є ті, що пов'язані з відведенням тепла через кристалізатор.

Розподіл тепла залежить від ряду технологічних, електротехнічних та інших факторів (склад і кількість шлаку, співвідношення розмірів кристалізатора і електродів, електричний режим плавлення, властивості

переплавлюваного металу, стан поверхні електрода, склад атмосфери над шлаком, схема переплаву та інше). Це пояснює частково той факт, що практична споживана електроенергія на переплаву 1 метра сталі коливається в широких межах, від 750 до 2000 кВт·год, і значно перевищує теоретичну витрату електроенергії, необхідну для розплавлення 1 метра вуглецевої сталі (близько 400 кВт·год).

У крайньому випадку виникають дугові розряди між електродом і металевою ванною, можливо занурення електрода у металеву ванну. Поява дугових розрядів у першому і третьому випадках підтверджується наявністю спотворень синусоїдальної форми на осцилограмах струму та напруги, характерних для дугового процесу. Величина струму за інших рівних умов пов'язана зі швидкістю подачі електрода лінійною залежністю.

У крайньому випадку виникають дугові розряди між електродом і металевою ванною, можливо занурення електрода у металеву ванну. Поява дугових розрядів у першому і третьому випадках підтверджується наявністю спотворень синусоїдальної форми на осцилограмах струму та напруги, характерних для дугового процесу. Величина струму за інших рівних умов пов'язана зі швидкістю подачі електрода лінійною залежністю.

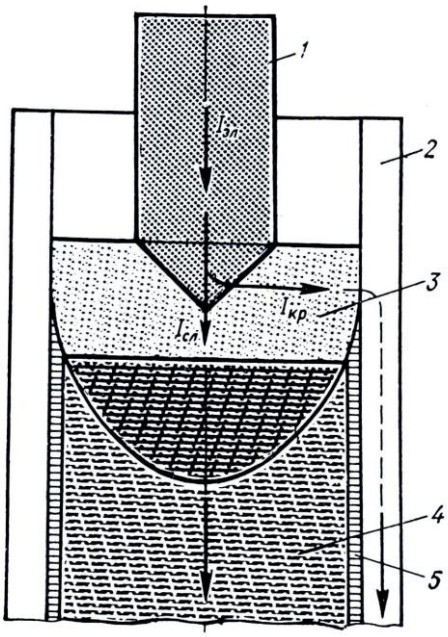

Рис. 1.3. Шляхи струму при ЕШП

Так як проходження змінного струму через стінку кристалізатора пов'язане з випрямленням, здається доцільним розглянути питання розподілу струму в шлаковій ванні та плавлення електрода при переплаві на постійному струмі. Для спрощення розглянемо ці питання у контексті переплаву за схемою з непорушним кристалізатором, стосовно слитка, та струмопровідною піддоном. Виявляється, що розподіл струму в шлаковій ванні передусім залежить від полярності струму і визначається електрохімічними процесами, які відбуваються на межі шлак - стінка кристалізатора. При переплаві на прямому струмі, стінка кристалізатора, яка є анодом, в більшості випадків повністю пасивує, і весь робочий струм (струм електрода) протікає по ланцюжку: електрод - шлакова ванна - слиток (ланцюжок слитка). Струм у ланцюжку електрод - шлакова ванна - стінка кристалізатора (ланцюжок кристалізатора) може з'явитися, якщо у складі шлаку є йони хлору.

Проходження струму через стінку кристалізатора можливе також при використанні фторидних шлаків, але у випадку проведення плавлення за дуже гарячих режимів, коли створюються умови для плавлення.[8]

2. Розрахунок розкислення сталі під час легування бором

2.1. Методика розрахунку

Рівноважна концентрація кисню в рідкому залізі за присутності в металевому розчині елемента розкислювача R визначається реакцією:

$$\frac{1}{n}(R_m O_n) = \frac{m}{n}[R] + [O] \quad (1)$$

Якщо концентрації компонентів розчину виражені в масових долях або відсотках, то константа рівноваги цієї реакції записується рівнянням:

$$K_{[O],R_m O_n} = [O] \cdot [R]^{\frac{m}{n}} \cdot \left(\frac{f_O^n \cdot f_R^m}{a_{R_n O_n}}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

де [O],[R] – концентрації кисню та розкислювача відповідно, % (мас.);

a_{RmOn} – активність розкислювача (у розрахунку приймаємо $a_{R_m\,O_n} = 1$);

f_O , f_R – коефіцієнти активності кисню і елемента розкислювача відповідно.

Коефіцієнт активності можна розрахувати методом параметрів взаємодії [9], через масові параметри взаємодії e_i^j та концентрації кисню і відповідного розкислювача, за формулами:

$$lgf_O = e_O^O[O] + e_O^R[R] \quad (3)$$

$$lgf_R = e_R^R[R] + e_R^O[O] \quad (4)$$

Після логарифмування рівняння (2) і урахування виразів (3) і (4) отримаємо наступний вираз для константи рівноваги реакції (1):

$$lgK_{[O],R_m O_n} = lg[O] + \frac{m}{n}lg[R] + \left(e_O^O + \frac{m}{n}e_R^O\right) \cdot [O] + \left(e_O^R + \frac{m}{n}e_R^R\right) \cdot [R] \quad (5)$$

Так як, метал розкислений, тобто ([O] << [R]), доданок $\left(e_O^O + \frac{m}{n}e_R^O\right) \cdot [O]$ у рівнянні (5) можна не враховувати, що дещо спрощує розрахунок. З урахуванням цієї умови з рівняння (5) отримаємо наступну формулу для розрахунку рівноважної концентрації кисню у рідкому металі:

$$lg[O] = lgK_{[O],R_m O_n} - \frac{m}{n}lg[R] - \left(\frac{m}{n}e_R^R + e_R^O\right) \cdot [R]. \quad (6)$$

На його основі розрахуємо рівноважні концентрації кисню в системі Fe-R-O за різного вмісту елемента-розкислювача у розчині при 1600°C.[9]

2.2. Розрахунки рівноважної концентрації кисню в металі

Рівноважний вміст кисню в розплаві за умови розкислення заліза бором визначається рівновагою наступної реакції:

$$\frac{1}{3}(B_2O_3) = \frac{2}{3}[B] + [O]$$

Константа рівноваги для цієї реакції визначається рівнянням:

$$K_{[O],B_2O_3} = [O] \cdot [B]^{\frac{2}{3}} \cdot (\frac{f_O^3 \cdot f_B^2}{a_{B_2O_3}})^{\frac{1}{3}}$$

За умови, що $a_{B2O3} = 1$, а значення коефіцієнтів активності розраховуються за формулами:

$$lgf_O = e_O^O[O] + e_O^B[B]$$

$$lgf_B = e_B^B[O] + e_B^O[B]$$

Вираз для константи рівноваги набуде наступного вигляду:

$$lgK_{[O],B_2O_3} = lg[O] + \frac{2}{3}lg[B] + \left(e_O^O + \frac{2}{3}e_B^B\right) \cdot [O] + \left(e_O^B + \frac{2}{3}e_B^B\right) \cdot [B]$$

З нього отримуємо рівняння для розрахунку рівноважної концентрації кисню:

$$lg[O] = lgK_{[O],B_2O_3} - \frac{2}{3}lg[B] - \left(\frac{2}{3}e_O^O + e_B^O\right) \cdot [B].$$

Підставивши у нього вираз температурної залежності константи рівноваги:

$$lgK_{[O],B_2O_3} = -\frac{14688}{\mathrm{T}} + 5{,}205$$

Отримаємо наступну розрахункову формулу:

$$lg[O] = (\frac{-14688}{1873} + 5{,}205) - \frac{2}{3}lg[B] - (180{,}025) \cdot [B]$$

Результати розрахунків за цією формулою представлені в таблиці 2.1 і на графіку.

Таблиця 2.1. Розрахунки для графіку *lg*[B]–*lg*[O]

[B]	lg[B]	lg[O]	[O]
1E-04	-4	0,048669	1,118586
0,001	-3	-0,45597	0,349966
0,002	-2,69897	-0,47664	0,333706
0,0025	-2,60206	-0,45123	0,35381

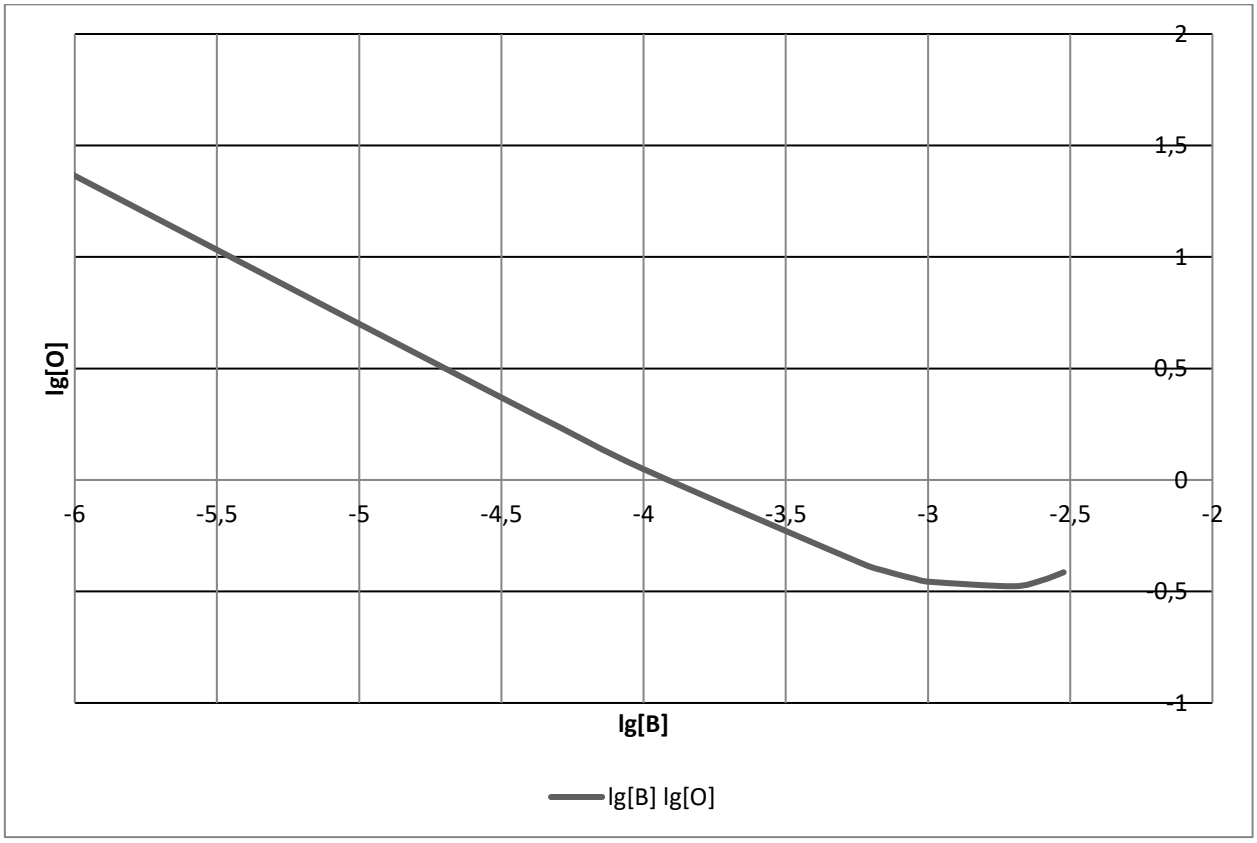

Рисунок 2.1. Графік *lg*[B]–*lg*[O]

Рівноважний вміст кисню в розплаві за умови розкислення заліза алюмінієм визначається рівновагою наступної реакції:

$$\frac{1}{3}(Al_2O_3) = \frac{2}{3}[Al] + [O]$$

Константа рівноваги для цієї реакції визначається рівнянням:

$$K_{[O],Al_2O_3} = [O] \cdot [Al]^{\frac{2}{3}} \cdot (\frac{f_O^3 \cdot f_{Al}^2}{a_{Al_2O_3}})^{\frac{1}{3}}$$

За умови, що $a_{Al2O3} = 1$, а значення коефіцієнтів активності розраховуються за формулами:

$$lgf_O = e_O^O[O] + e_O^{Al}[Al]$$

$$lgf_{Al} = e_{Al}^{Al}[O] + e_{Al}^{O}[Al]$$

Вираз для константи рівноваги набуде наступного вигляду:

$$lgK_{[O],Al_2O_3} = lg[O] + \frac{2}{3}lg[Al] + \left(e_O^O + \frac{2}{3}e_{Al}^{Al}\right)\cdot[O] + \left(e_O^{Al} + \frac{2}{3}e_{Al}^{Al}\right)\cdot[Al]$$

З нього отримуємо рівняння для розрахунку рівноважної концентрації кисню:

$$lg[O] = lgK_{[O],Al_2O_3} - \frac{2}{3}lg[Al] - \left(\frac{2}{3}e_O^O + e_{Al}^O\right)\cdot[Al]$$

Підставивши у нього вираз температурної залежності константи рівноваги:

$$lgK_{[O],Al_2O_3} = -\frac{21263}{\mathrm{T}} + 5{,}205$$

$$e_{Al}^O = -390;\ e_O^O = 4{,}5;$$

Отримаємо наступну розрахункову формулу:

$$lg[O] = \left(\frac{-21263}{1873} + 5{,}205\right) - \frac{2}{3}lg[Al] - \left(\frac{2}{3}\cdot 4{,}5 - 390\right)\cdot[Al]$$

Результати розрахунків за цією формулою представлені в таблиці 2.2. і на графіку.

Таблиця 2.2. Розрахунки для графіку *lg*[Al]–*lg*[O]

[Al]	lg[Al]	lg[O]	[O]
0,0005	-3,30103	-2,09619	0,008013
0,001	-3	-2,10338	0,007882
0,0015	-2,82391	-2,02727	0,009391
0,002	-2,69897	-1,91706	0,012104

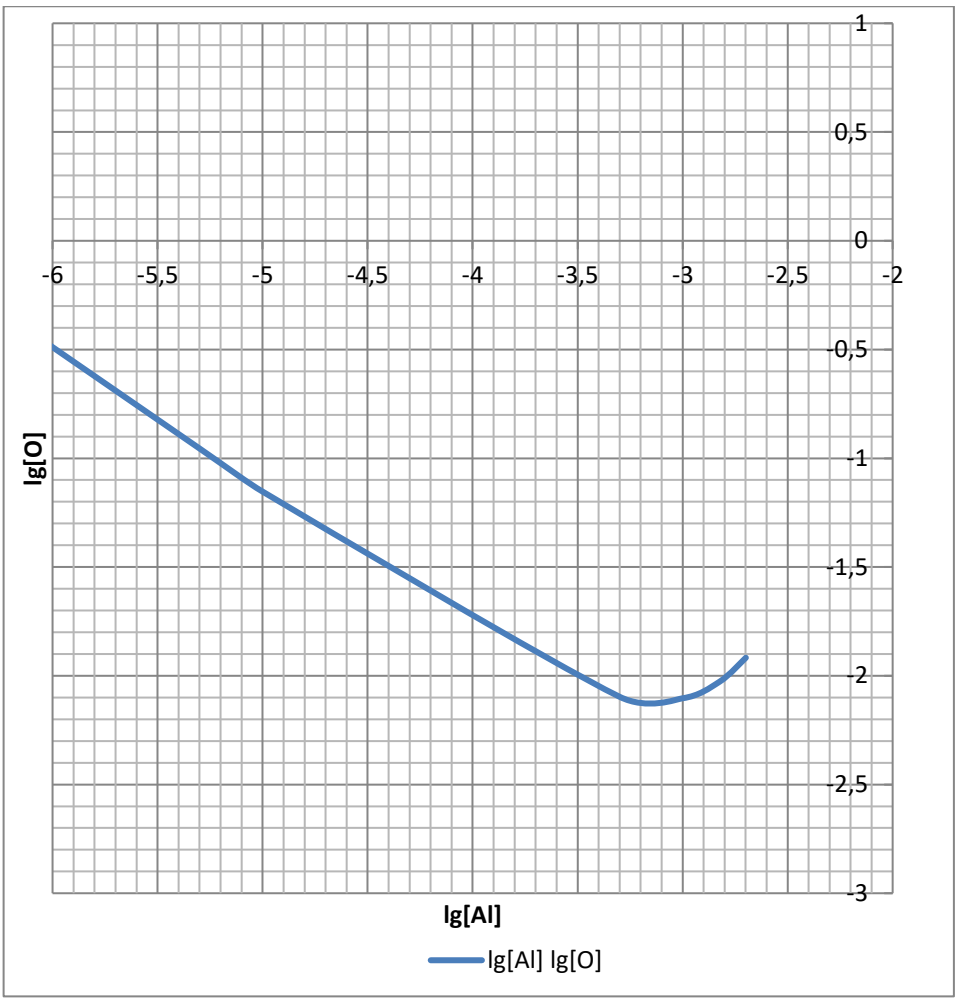

Рисунок 2.2. Графік *lg*[Al]–*lg*[O]

Рівноважний вміст кисню в розплаві за умови розкислення заліза титаном визначається рівновагою наступної реакції:

$$\frac{1}{2}(TiO_2) = \frac{1}{2}[Ti] + [O]$$

Константа рівноваги для цієї реакції визначається рівнянням:

$$K_{[O],TiO2} = [O] \cdot [Ti]^{\frac{1}{2}} \cdot (\frac{f_O^2 \cdot f_{Ti}^1}{a_{TiO2}})^{\frac{1}{2}}$$

За умови, що $a_{TiO2} = 1$, а значення коефіцієнтів активності розраховуються за формулами:

$$lgf_O = e_O^O[O] + e_O^{Ti}[Ti]$$

$$lgf_{Ti} = e_{Ti}^{Ti}[O] + e_{Ti}^O[Ti]$$

Вираз для константи рівноваги набуде наступного вигляду:

$$lgK_{[O],TiO_3} = lg[O] + \frac{1}{2}lg[Ti] + \left(e_O^O + \frac{1}{2}e_{TI}^{Ti}\right) \cdot [O] + \left(e_O^{Ti} + \frac{1}{2}e_{Ti}^{Ti}\right) \cdot [Ti]$$

З нього отримуємо рівняння для розрахунку рівноважної концентрації кисню:

$$lg[O] = lgK_{[O],TiO_3} - \frac{1}{2}lg[Ti] - \left(\frac{1}{2}e_O^O + e_{Ti}^O\right) \cdot [Ti]$$

Підставивши у нього вираз температурної залежності константи рівноваги:

$$lgK_{[O],TiO_3} = -\frac{17050}{\mathrm{T}} + 6{,}046$$

$$e_{Ti}^O = -180;\ e_O^O = 1{,}3;$$

Отримаємо наступну розрахункову формулу:

$$lg[O] = (\frac{-17050}{1873} + 6{,}046) - \frac{1}{2}lg[Ti] - \left(\frac{1}{2} \cdot 1{,}3 - 180\right) \cdot [Ti]$$

Результати розрахунків за цією формулою представлені в таблиці 2.3 і на графіку.

Таблиця 2.3. Розрахунки для графіку *lg*[Ti]–*lg*[O]

[B]	lg[B]	lg[O]	[O]
1E-04	-4	0,048669	1,118586
0,0006	-3,22185	-0,38009	0,416787
0,0007	-3,1549	-0,40671	0,392
0,0008	-3,09691	-0,42737	0,373789
0,0009	-3,04576	-0,44347	0,360187
0,001	-3	-0,45597	0,349966
0,002	-2,69897	-0,47664	0,333706
0,0025	-2,60206	-0,45123	0,35381
0,003	-2,52288	-0,414	0,385474

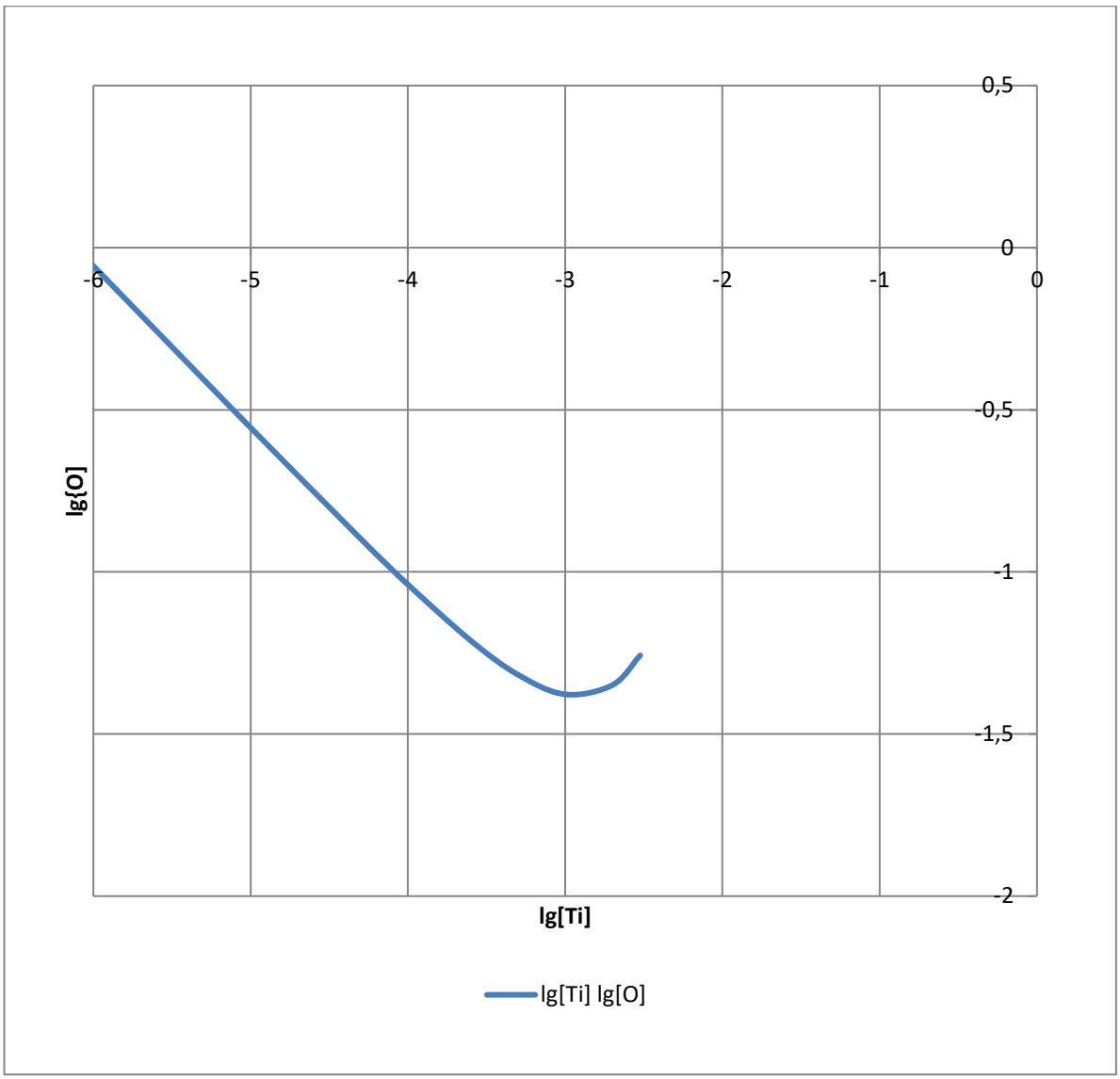

Рисунок 2.3. Графік *lg*[Ti]–*lg*[O]

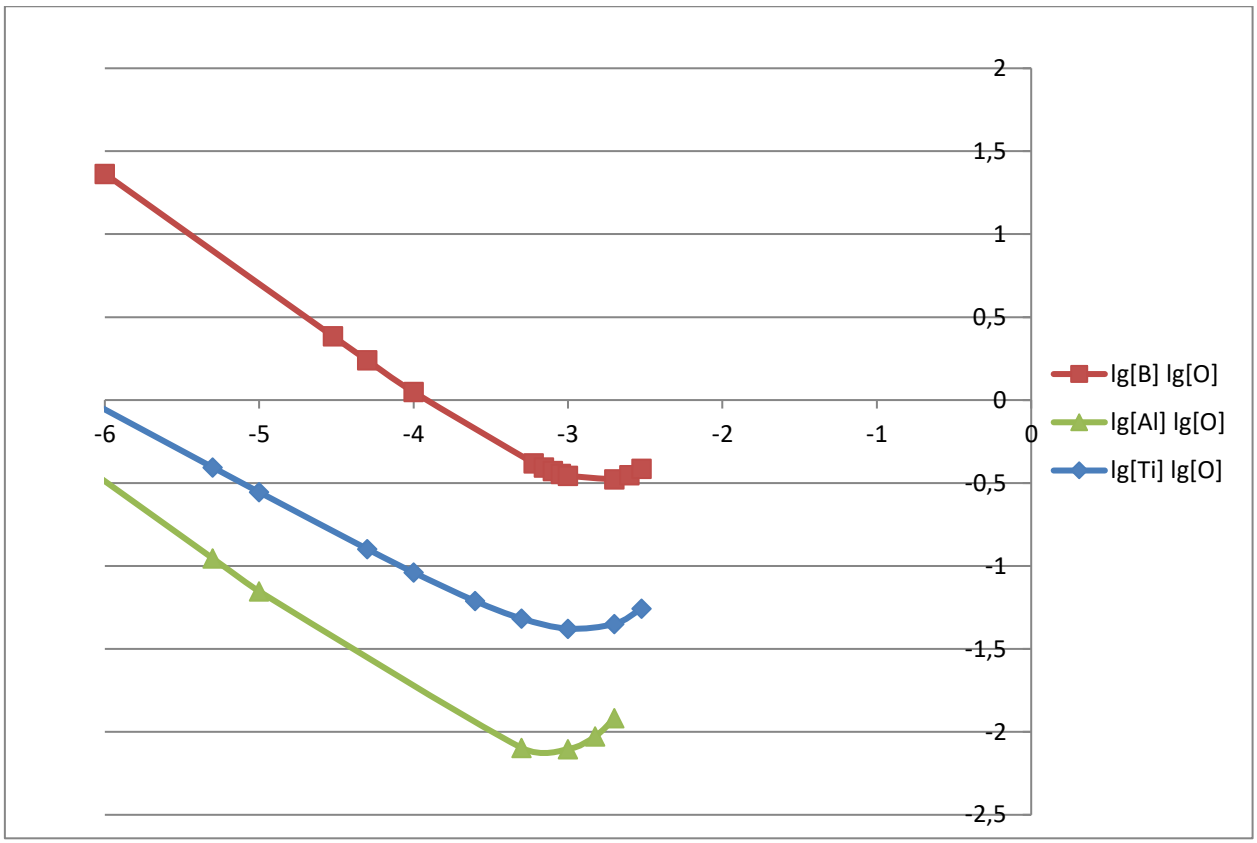

Рисунок 2.4. Рівноважна концентрація кисню в залізі за різного вмісту B, Al, Ti

За результатами розрахунків отримаємо графіки рівноважного вмісту кисню у рідкому залізі за різної концентрації елемента-розкислювача (B, Al, Ti), які показують, що у всьому розглянутому діапазоні концентрацій, алюміній і титан забезпечують меншу рівноважну концентрацію кисню, ніж бор. Алюміній є більш сильним розкислювачем ніж титан, що обумовлене більшою термодинамічною міцністю оксиду алюмінію у порівнянні з оксидами титану і бору.

Зі збільшенням концентрації елемента розкислювача у рідкому рівноважна концентрація кисню зменшується для усіх розглянутих елементів по певного значення, а потім починає збільшуватись. Концентрацію розкислювача за якої досягаєтеся мінімальний рівноважний вміст кисню можна визначити за рівнянням:

$$[R] = -\frac{m}{2{,}3n\left(e_O^R + \frac{m}{n} e_R^R\right)}.$$

Відповідно розрахунок показує, що вводити бор у рідкий метал слід після розкислення металу алюмінієм, або титаном до досягнення концентрації кисню, яка є меншою ніж концентрація кисню в металі, що відповідає рівновазі з оксидом бора за даної температури і концентрації бору в металі.

Слід зазначити, що дані розрахунки проведені для ідеальних умов. За присутності у металевому розчині інших домішок, які будуть впливати на значення коефіцієнтів активності, значення концентрації кисню можуть відрізнятись. Тож експериментальне дослідження дозволить уточнити результатирозрахунків.

3. Експерименти з виплавки та електрошлакового переплаву сталі мікролегованої бором

3.1. Виплавка сталі мікролегованої бором в індукційній печі

3.1.1. Методика виплавки сталі в індукційній печі

1. Вибір матеріалів
2. Розрахунок їх кількості

Виплавляємо експериментальний сплав боровмісної сталі зі 12Х13.

Табл. 3.1. Орієнтовний хім. склад сплаву

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Al	Co	Nb	B
0,12 … 0,14	<0,10	0,65… 0,75	0,12… 0,20	9,0… 9,6	1,4… 1,6	<0,0 10	1,15… 1,35	0,05… 0,07	0,01

Для отримання цього сплаву ми проводим легування сталі феросплавами.

По-перше, до розплаву 39 кг потрібно додати Mo 1.4-1.6%; Co 1,15-1,35%; Nb 0,05-0,07%; B 0,01%.

Так, як FeMo має вміст Mo в межах 55-75%, приймемо його - 55%. Розрахуємо на максимальний вміст в сплаві (до 1,6%). Такі значення приймаємо для інших феросплавів

Для розрахунку використовуємо формулу:

$$m_{\text{фер}} = \frac{M}{(\frac{i_{\text{лег}}}{[\%]} - 1)}$$

де M – маса металу до легування, кг;

i – вміст у феросплаві, %;

[%] – вміст в металі після легування, %.

3.1.2. Розрахунки

$$m_{FeMo} = \frac{39}{(\frac{55}{[1.6]} - 1)} = 1.16 \text{ кг}$$

39+1,16=40,16

Приймемо, що Co порошок має вміст Co на рівні 99,9%

$$m_{\text{Co}} = \frac{40,16}{(\frac{99,9}{[1.35]} - 1)} = 0.55 \text{ кг}$$

40.16+0.55=40.71

FeNb – вміст Nb 55-70%

$$m_{FeNb} = \frac{40.71}{(\frac{55}{[0.07]} - 1)} = 0.051 \text{ кг}$$

40.71+0.051=40.761

FeB – вміст B 10-25%

$$m_{FeB} = \frac{40.761}{(\frac{10}{[0.01]} - 1)} = 0.04 \text{ кг}$$

Не забуваємо про властивість бору засвоюватися, в нашому випадку це буде приблизно 30% від його кількісті.

Становлюємо його кількість на рівні 0,12 кг.

40.761+ 0,12=40.98

Маса виплавляємого металу 40.801 кг

Шихта по масі:

12Х13 = 39 кг; FeMo =1.16 кг; Co =0.55 кг; FeNb = 0.051 кг; FeB = 0.04 кг.

3. Розплавляємо сталь
4. Розкисляємо алюмінієм

Рисунок 3.1. процес виплавки сталі

5. Додаємо покривний шлак (вапно та флюоріт)
6. Після утворення розплаву прибираємо шлак, додаємо феро-молібден. Витримуємо 10 хв.
7. Додавання інших легуючих в фользі
8. Перед випуском підігріваємо до температури 1550 С та знімаємо шлак
9. Переливаємо метал у підігрітий ковш до 650 С
10. Заливаємо у форму

Рисунок 3.2. Процес розливання сплаву

3.1.3. Результати лабораторної плавки

У даному дослідженні було проведено виплавлення електродів з відповідними розмірами у підготовлену форму для подальшого електрошлакового переплаву. Цей процес був важливим кроком у досліджені.

Отримані електроди використовувалися для подальшого електрошлакового переплаву. Цей метод дозволяє досягти високої якості продукції, покращити її параметри.

В результаті ми робимо їх хімічний аналіз, щоб в подальшому порівняти з результатами після ЕШП. Це дозволило отримати детальну інформацію про хімічний склад кожної частини виливка та встановити присутність та кількість певних елементів.

Отримані результати хімічного аналізу різних частин виливка є важливими для подальшого розуміння характеристик та властивостей.

Рисунок 3.3. Відрізана ливарна система:

1 – ливарна чаша; 2 – стояк; 3 – живильники;

Рисунок 3.4. Всі відрізані елементи:

1 – Ливарна система; 2 – електроди різних розмірів;

Рисунок 3.5. Отримані електроди

Таблиця Хімічний аналіз зразка металу отриманого після виплавки

Частина зразка	Масова доля елементів у відсотках										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	Co	Nb	B	Fe
Верх.	0,17	0,42	0,41	11,90	0,40	0,05	-	1,00	0,69	0,05	Осн
Сер.	0,13	0,42	0,42	12,00	0,40	0,06	-	1,00	0,74	0,04	Осн
Нижн.	0,18	0,42	0,43	12,10	0,40	0,06	-	1,00	0,74	0,05	Осн
Ср.Знач.	0,16	0,42	0,42	12,00	0,40	0,06	-	1,00	0,72	0,05	Осн

Отримані результати хімічного аналізу різних частин виливка будуть більш детально розглянуті та обговорені у наступному розділі з метою отримати уявлення, що відбувається після переплаву з компонентами і характеристиками отриманого сплаву.

3.2. Експерименти з електрошлакового переплаву сталі мікролегованої бором

3.2.3. Опис установки УШ-114

Установка УШ-114 – настільна для ЕШП, призначена для переплаву різних металів у лабораторних умовах. Може бути використана для переплаву дорогоцінних металів у виробничих умовах.

Установка складається з таких основних вузлів:

а) піч

б) пульт керування

в) щиток

г) джерело живлення.

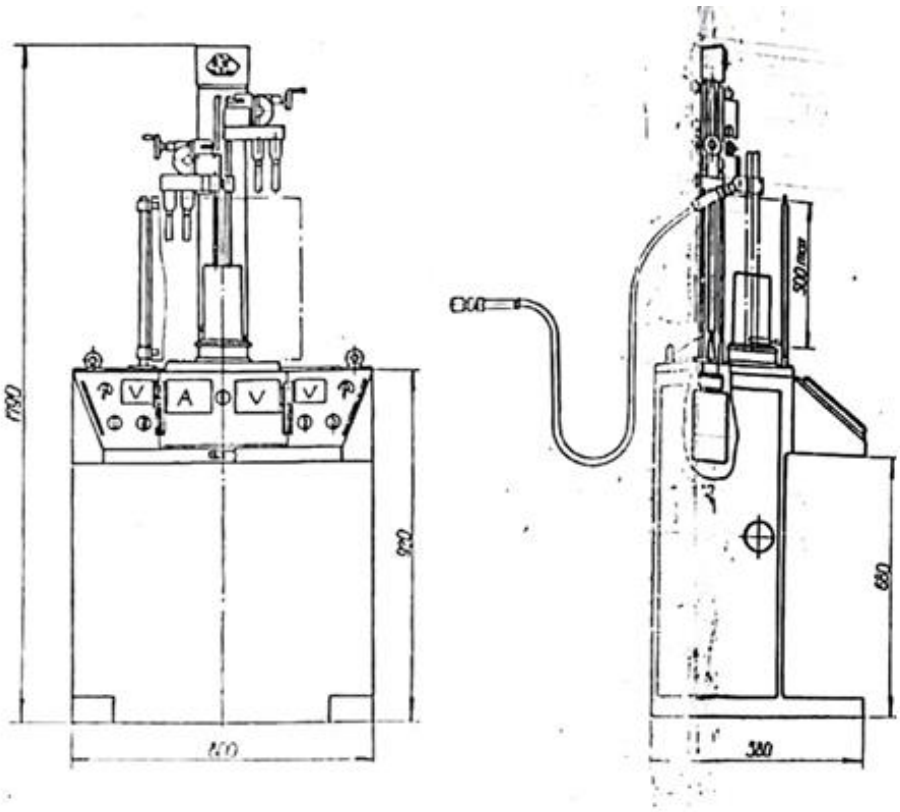

Рисунок 3.6. Схема установки УШ-114

Як джерело використовується один зі зварювальних трасформаторів із жорсткою зовнішньою характеристикою і регулюванням напруги вторинної обмотки (наприклад ТРМКІ 000-1).

Установка складається з печі, встановлюваної на пульт керування, що виконує одночасно функцію шафи керування.

Піч являє собою зварену колону з нанесеними на ній чотирма трапецієподібними направляючими, по яких на роликах рухаються дві каретки права і ліва. Кожна з кареток може виконувати функції візків електрода або кристалізатора.

Привід кожної з кареток здійснюється від двигуна СЛ369 через планетарний редуктор і гвинт, що перебуває в постійному зачепленні з черв'ячною шестірнею, яка під час роботи приводу виконує роль гайки.

Маршове переміщення кареток здійснюється вручну за допомогою маховичків, при цьому шестерня перекочується по гвинту як по рейці.

Робоча швидкість переміщення кареток регулюється плавно в 15-и кратному діапазоні. Встановлення одного з двох діапазонів здійснюється перестановкою приводу в одне з двох гнізд у корпусі, з подальшим закріпленням приводу болтами.

Підведення струму до електродотримача здійснюється за допомогою уніфікованих водоохолоджуваних кабелів з роз'ємами.

У комплект установки входить нерухомий кристалізатор, який закріплюється на піддоні за допомогою Г-подібних захватів. Нижні головки захоплень встановлені в Т-подібний паз.

Кристалізатор встановлюється на плити, завдяки чому відносно електрода знаходиться в будь-якому положенні в горизонтальній площині.

Керування всіма робочими і пусконалагоджувальними операціями здійснюється з пульта, в якому розміщена також апаратура управління, зокрема приводи, що регулюють швидкість обертання двигунів.

Конструкція печі дає змогу здійснювати переплав за однією з таких схем:

а) одним електродом у нерухомий кристалізатор за монофілярною схемою. При цьому використовується в якості електродної одна каретка;

б) двома розщепленими електродами в нерухомий кристалізатор;

в) одним електродом у рухомий кристалізатор;

г) двома електродами в нерухомий кристалізатор за біфілярною схемою;

д) двома електродами в нерухомий кристалізатор з роздільним переміщенням кожного з електродів (модуляцією);

Затиск електродів різного діаметру в електродотримачі здійснюється в призмі, що складається з основи і кришки, які скріплюються шпильками. Під основу призми можуть укладатися монтажні прокладки, що визначають положення центру електрода.

Установка комплектується електродотримачем для роботи з нерухомим кристалізатором; оснащення для роботи за іншими схемами розробляється за окремими вимогами замовника.

Електрообладнання установки ЕП УШ 114 складається з таких основних елементів:

а) електроприводів лівої і правої каретки 06 1442.00.00.000 з двигунами СЛ-369А: 55 Вт 4000 об/хв;

б) зварювального трансформатора ТРМК-1000-ІМ (АІІ 74М);

в) апарату захисту, управління і сигналізації.

Уся перерахована апаратура розташована на самій установці, скомпонованій з апаратною шафою і пультом управління, і біля неї.

Увімкнення установки здійснюється перемикачем "Трансформатор". Живлення не приводи подається при ввімкненому перемикачі "Схема". Напрямок переміщення кареток вибирається перемикачами

Установка може працювати в ручному й автоматичному режимах. Вибір необхідного режиму відбудеться перемикачем "Режим".

Регулювання швидкості в ручному режимі здійснюється потенціометрами RI, R6 "Шкидкість"; при цьому перемикач "Режим" повинен бути повернутий у положення "Ручне".

В автоматичному режимі перемикач "Режим" має бути повернутий у положення "Автоматич." При цьому сигнал зворотного зв'язку за струмом подається через випрямний міст на вузол порівняння, де порівнюється із заданим сигналом. На вхід приводу подається алгебраїчна сума сигналів зворотного зв'язку і завдання.

Під час увімкнення перемикача "Схема" подається живлення на схему керування. При цьому спалахує лампа Н, яка висвітлює кристалізатор і сигналізує про ввімкнення схеми.

Напруга і струм плавки замірюються вольтметром PUI і амперметром PA. Напруга на якорі двигуна контролюється вольтметром PV2, РУЗ.

3.2.4. Інструкція з експлуатації

Вказівка заходів безпеки

1. Під час роботи на установці УШ 114 необхідно виконувати загальні правила техніки безпеки під час роботи на електроплавильних печах.

2. У процесі експлуатації установки забороняється робота при несправному заземленні або пошкодженій електроізоляції.

3. Категорично забороняється:

а) відчиняти двері пульта керування, знімати кришки пульта при увімкненій електричній схемі:

б) вести переплав при незакритому захисному щитку:

в) торкатися руками до деталей установки, які перебувають під напругою;

г) працювати на установці при температурі охолоджувальної води на виході з кристалізатора понад 60°С;

д) допускати до роботи на установці осіб, які не вивчили її пристрою і не засвоїли правил експлуатації.

4. Установку повністю вимкнути в разі:

а) перебоїв з подачею води та електроенергії;

б) виникнення несправностей, які не можуть бути усунені під час роботи установки;

в) обслуговування.

3.2.3 Методика проведення лабораторних експериментів

3.2.3.1. Підготовка установки до роботи і робота на ній

1. Відкрити крани системи охолодження і перевірити:

а) тиск і температуру води в колекторі подачі.

б) проток води через усі охолоджувані частини установки;

Тиск має бути не менше 2 атм, температура - не вище 30°С;

в) відсутність течі.

2. Завести в призматичний затискач електрод, що витрачається, і затягнути його гайки.

3. Г-подібними захопленнями закріпити кристалізатор до опорної плити піддону, попередньо встановивши їх у потрібному положенні по відношенню до електрода.

4. Увімкнути трансформатор, а також подати живлення на приводи перемикачем "Схема".

5. Вибрати напрямок переміщення візків, а також режим плавки

6. Після закінчення переплаву необхідно:

а) вимкнути живлення трансформатора;

б) вимкнути подачу охолоджувальної води і загальне живлення установки електроенергією.

3.2.3.2. Регулювання та налаштування

Регулювання приводів проводиться згідно з інструкції з експлуатації Об 1442.00.000 ТО.

За допомогою імітатора і в процесі пробних плавок налаштувати чутливість регулятора струму на ± 100 А.

Рисунок 3.7. установка УШ-114

Рисунок 3.8. Кристалізатор та електрод в ньому

3.2.4. Результати лабораторних плавок

3.2.4.1. Отримані результати

У рамках даного досліду були проведені дві електрошлакові переплави з використанням різних методів:

- простий переплав (шлак CaF)
- переплав з використанням аргону.

Обидва методи були застосовані для отримання нових виливків.

Після завершення електрошлакових переплавів було проведено хімічний аналіз отриманих виливків. Цей аналіз дозволив детально вивчити склад та властивості отриманих матеріалів, що має важливе значення для подальшого використання їх у виробничому процесі.

Застосування методу електрошлакового переплаву з аргоном може вплинути на якість та властивості отриманого матеріалу порівняно з простим переплавом. Результати хімічного аналізу дозволять зробити висновки про ефективність використання аргону у процесі електрошлакового переплаву та можливі переваги, які цей метод може принести.

Детальний аналіз хімічного складу та властивостей отриманих виливків з обох експериментів буде виконаний з метою порівняння їх характеристик та визначення впливу методу переплаву на вміст елементів кінцевого продукту, особливо бору.

Отримані результати хімічного аналізу виливків з обох експериментів будуть проаналізовані та обговорені у наступному розділі для отримання висновків щодо ефективності та переваг різних методів електрошлакового переплаву.

a) Шлак CaF

Таблиця Хімічний аналіз зразка металу отриманого після виплавки

Зразок	Масова доля елементів у відсотках										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	Co	Nb	B	Fe
№1	0,19	0,42	0,37	11,8	0,40	0,056	0,017	1,03	0,70	0,04	Осн.

b) CaF з Аргоном

Таблиця Хімічний аналіз зразка металу отриманого після виплавки

Зразок	Масова доля елементів у відсотках										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	Co	Nb	B	Fe
№2	0,18	0,42	0,39	11,8	0,39	0,056	0,015	1,0	0,68	0,05	Осн.

3.3. Висновки

Кожний отриманий виливок проаналізували до та після переплаву, були виконані детальні аналізи, зокрема хімічний аналіз, щоб встановити будь-які зміни у складі та властивостях матеріалу після процесу електрошлакового переплаву.

За результатами порівняння було виявлено деякі відмінності між двома виливками.

Хімічний склад виливка після 1-ого переплаву, відрізнявся від початкового металу.

1. Карбон (C): Значення збільшилось з 0,16% до 0,19%. Це означає, що вміст вуглецю в сплаві збільшився. (Можливо через неточності виміру)
2. Силіцій (Si): Вміст силіцію залишився незмінним, залишаючись на рівні 0,42%.
3. Марганець (Mn): Значення зменшилось з 0,42% до 0,37%. Після переплаву просів.
4. Хром (Cr): Знизилось з 12,0% до 11,8%. Це означає, що вміст хрому в сплаві зменшився.

5. Нікель (Ni): Вміст нікелю залишився незмінним на рівні 0,4%.
6. Молібден (Mo): Значення знизилось з 0,06% до 0,056%. Це вказує на зменшення вмісту молібдену в сплаві.
7. Кобальт (Co): Вміст кобальту залишився незмінним на рівні 1,0%.
8. Ніобій (Nb): Значення знизилось з 0,72% до 0,7%. Це означає, що вміст ніобію в сплаві зменшився.
9. Бор (B): Значення знизилось з 0,05% до 0,04%. Це вказує на зменшення кількості бору в сплаві, тобто бор взаємодіяв з повітрям.

Хімічний склад виливка після 2-ого переплаву (з аргоном) мав інших результат.

1. Карбон (C): Значення збільшилось з 0,16% до 0,18%. (Можливо через неточності виміру)
2. Силіцій (Si): Вміст силіцію залишився незмінним, залишаючись на рівні 0,42%.
3. Марганець (Mn): Значення зменшилось з 0,42% до 0,39%. Це вказує на зменшення вмісту марганцю в сплаві. Після переплаву просів, але менша кількість вигоріла.
4. Хром (Cr): Знизилось з 12,0% до 11,8%. Це означає, що вміст хрому в сплаві зменшився.
5. Нікель (Ni): Знизилось з 0,4% до 0,39%. Це означає, що вміст нікелю в сплаві зменшився.
6. Молібден (Mo): Значення знизилось з 0,06% до 0,056%. Це вказує на зменшення вмісту молібдену в сплаві.
7. Кобальт (Co): Вміст кобальту залишився незмінним на рівні 1,0%.
8. Ніобій (Nb): Значення знизилось з 0,72% до 0,68%. Це означає, що вміст ніобію в сплаві зменшився.
9. Бор (B): Значення не змінилися. Це вказує на те що захист аргоном допоміг засвоїтись бору в повній мірі.

На чистому Кальцій фтор з аргоном втрат по бору немає, мінімальні – інших легуючих. Крім цього сірка сильніше відрафінувалась.

Виявлені зміни можуть бути наслідком взаємодії металу з повітрям та шлаком або впливу самого процесу переплаву.

Враховуючи результати дослідження, можна зробити висновок, що процес електрошлакового переплаву впливає на хімічний склад отриманих виливків. Ці зміни можуть мати важливе значення для подальшого використання отриманих матеріалів у наукових дослідженнях або промисловому виробництві. Детальне вивчення впливу електрошлакового переплаву на властивості матеріалу є необхідним для кращого розуміння та використання отриманих результатів.

Загалом, проведені електрошлакові переплави та порівняння отриманих виливків надали важливі дані щодо змін у хімічному складі матеріалу. Отримані результати відкривають шлях для подальших досліджень у цій області та можуть бути використані для вдосконалення процесів виробництва та покращення якості виробів.

4. Техніко-економічне обґрунтування науково-дослідної роботи (НДР)

4.2. Науково-технічна актуальність НДР

У цьому розділі дипломної роботи ми будемо досліджувати економічне значення електрошлакового переплавлення сталі легованої бором. Основне завдання цього розділу полягає в доведенні, що тема дослідження має наукову, технічну та економічну значущість, а також сприяє зростанню науково-технічного прогресу в цілому.

Перш за все, ми акцентуємо увагу на масштабах виробництва і використання продукції, яка виготовляється з легованої бором сталі. Легована бором сталь має численні переваги порівняно зі звичайною сталлю, такі як висока міцність, стійкість до корозії та зносу. Ці властивості роблять її бажаною у відповідних промисловостях, наприклад в авіації, автомобілебудуванні, енергетиці та інших.

Однак, переплавлення сталі легованої бором також вносить свої особливості та витрати. Для виготовлення легованої бором сталі потрібно мати доступ до відповідних легуючих компонентів, а також використовувати спеціальні технології та обладнання (ЕШП). У зв'язку з цим, важливо провести аналіз економічних витрат, пов'язаних з виробництвом легованої бором сталі, та порівняти його зі звичайною сталлю.

4.2. Розрахунок витрат на проведення НДР

Проводимо розрахунок витрат, які виконано у науково-дослідній роботі. При цьому враховуємо кожен із процесів та завдання, що було виконано по темі. Це дає можливість встановити її собівартість.

Розробляється кошторис на основі календарного плану. Він складається замовником або органом-фінансувальником перед початком робіт.

4.2.1. Витрати на оплату праці

У цьому розділі розраховується заробітна плата персоналу, що був задіяний при виконанні роботи.

Розрахунок оплати адміністративно-управлінського персоналу, працівників дослідних виробництв не включається і буде враховане в розділі “Накладні витрати”.

У процесі розробки даної частини роботи, слід враховувати особливості фінансування за рахунок державного бюджету. В таких випадках прибуток не передбачається, і розгляд витрат буде обмежений основною заробітною платою, не включаючи премії та інші виплати, які можуть бути здійснені з прибутку.

Ми детально дослідимо основну заробітну плату та витрати, пов'язані з дослідженнями сталі, які здійснюються в рамках даної теми. Це дозволить нам краще зрозуміти вартість та ефективність цих досліджень, а також забезпечити прозорість і достовірність отриманих результатів.

Для досягнення наукової об'єктивності та комплексного розгляду теми, ми надамо повну інформацію про основну заробітну плату. Такий підхід дозволить нам зосередитись на науковому дослідженні сталі, його результативності та значущості.

В рамках даної частини, витрати на оплату праці будуть розраховуватися на основі даних про трудомісткість окремих робіт, які виконуються в рамках теми. Для цього будуть використовуватися дані з таблиці 1.1, що містить інформацію про трудомісткість різних робіт.

Також, для розрахунку витрат на оплату праці безпосередніх виконавців, будуть використовуватися дані з таблиці 4.2, яка містить інформацію про посадові оклади цих спеціалістів.

Загальна трудомісткість робіт, що виконуються безпосередньо студентом або інженером-дослідником, буде визначатися згідно навчального плану відповідного напряму підготовки. Це дозволить врахувати специфіку і складність робіт, які виконуються у рамках даної теми.

За допомогою цих даних, ми зможемо об'єктивно оцінити витрати на оплату праці персоналу та розрахувати необхідний бюджет для проведення подальших досліджень сталі.

Таблиця 4.1 – Трудомісткість робіт по темі (умовний приклад)

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість за виконавцями, людино-днів		
	Старший науковий співробітник	Технік	Інженер-дослідник
1	2	3	4
1. Аналіз теми, вибір та панування робіт	-	1	20
2. Аналіз літератури та обладнання	2	1	12
3. Проведення плавок	2	1	8
4. Проведення теоретичних розразунків	-	1	8
5. Аналіз виливків	2	1	5
6. Аналіз шлаку	2	1	5
Разом за виконавцями теми	8	6	58

Таблиця 4.2 – Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, люд-днів	Заробітна плата, грн		
		Посадовий місячний оклад	Середньоденна зарплата	Усього за виконавцями
1	2	3	4	5
1.Старший науковий співробітник	8	11802	556,698	4453,585
2. Інженер-дослідник	6	6568	309,811	1858,868
3. Технік	58	4726	222,925	12929,623
Разом оплата праці з теми				19242,075

Середньоденна заробітна плата дорівнює місячний оклад поділити на усереднене число робочих днів за місяць - 21,2.

4.2.2. Єдиний соціальний внесок

З 1 січня 2016 року ставка ЄСВ становить 22%.

Для нарахування використовуємо данні, які є загальні витрати на оплату праці по даній темі, що знаходяться в підсумку таблиці 4.2.

Отже, витрати на оплату праці, зазначені в таблиці 4.2, є основою для розрахунку. Застосування ставки ЄСВ, встановленої на рівні 22%, до загальних витрат на оплату праці дозволить визначити суму, яку необхідно сплатити у вигляді ЄСВ.

Це відрахування є обов'язковим та служить для забезпечення соціального страхування та соціальних програм у державі. Розрахунок ЄСВ на підставі загальних витрат на оплату праці забезпечить належне виконання

соціальних зобов'язань та забезпечить належний рівень соціального захисту працівників, задіяних у даній темі дослідження сталі.

$$ЄСВ = ЗП \times 0.22$$

де ЗП – загальні витрати на оплату праці по темі.

$$ЄСВ = 19242,075 \times 0,22 = 4233,257$$

4.2.3. Матеріали, необхідні для проведення досліджень

У даній статті враховується вартість усіх видів матеріалів, необхідних для проведення науково-дослідних робіт (НДР), з урахуванням вартості зворотних відходів.

Тематика дослідницьких робіт передбачає використання різноманітних матеріалів. Особливу увагу приділяється шихтовим матеріалам, які використовуються у процесі виробництва сталі.

Для розрахунку загальної вартості матеріалів використовується форма, подана у таблиці 1.3. Ця таблиця дозволяє систематизувати та підсумувати вартість різних видів матеріалів, необхідних для проведення НДР.

Врахування вартості матеріалів та зворотних відходів є важливим аспектом при плануванні та оцінці витрат на проведення досліджень. Це допомагає забезпечити належне фінансування та ефективне використання ресурсів для досягнення поставлених наукових цілей.

Таблиця 4.3 – Розрахунки витрат на матеріали

Найменування матеріалу	Стандарт, технічні умови	Одиниця виміру	Кількість	Ринкова ціна за одиницю, грн.	Сума,грн.
1. Сталь AISI		кг	39	80	3120
2. Феросплав Mo		кг	1,16	1000	1160
3. Порошок Co		кг	0,55	450	247,5
4. Феросплав Nb		кг	0,051	680	34,68
5. Феросплав B		кг	0,12	400	48
6. Аргон		л	49	50	2450
Загальні витрати на матеріали					7060,18

Транспортно-заготівельні витрати становлять 10% від планової вартості загальних витрат на матеріали. Щоб обчислити цю вартість, ми можемо використати формулу:

$$Тв = ПВМ * 0.1,$$

де Тв - транспортно-заготівельні витрати,

ПВМ - планова вартість загальних витрат на матеріали.

У даному випадку, якщо планова вартість загальних витрат на матеріали (ПВМ) дорівнює 19,200 грн., то можемо розрахувати транспортно-заготівельні витрати:

$$Тв = 7060,18* 0.1 = 706,018 \text{ грн.}$$

Отже, загальна сума витрат на закупівлю матеріалів та їх транспортування (Вм) буде складати:

$$Вм = 7060,18 + 706,018 = 7766,198 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальна сума витрат на закупівлю матеріалів та їх транспортування становитиме 7766,198 грн.

4.2.4. Енергоносії для проведення досліджень

В даній статті витрати розраховуються, дослідження, пов'язане з темою, включає проведення плавок та інші процеси, які потребують значних витрат електроенергії.

У випадках, коли такі процеси відсутні, витрати на енергоносії автоматично включаються в плановий кошторис по темі через статтю "Накладні витрати". Це означає, що витрати на енергоносії, такі як електроенергія, будуть ураховуватися у загальному бюджеті проекту безпосередньо під статтею "Накладні витрати", яка включає інші непрямі витрати, не пов'язані з конкретними процесами досліджень.

До таких витрат відносимо:

- Роботу печі:

$$50 \text{ КВт/год} * (8 + 7 \text{ хв}) * 2{,}64 \text{ грн} = 33 \text{ грн}$$

Таким чином, вони будуть дорівнювати 33 грн.

4.2.5. Витрати на спеціальне обладнання

Під час НДР не було використано спеціального обладнання.

Приймаємо ці витрати на рівні 0 грн.

4.2.6. Вартість послуг сторонніх організацій

У даній статті враховуються всі необхідні витрати, пов'язані з можливим придбанням випробувальних стендів, зразків та оснащення, які є необхідними для виконання теми дослідження. Крім того, витрати на оренду дослідницьких установок включаються, якщо такі установки відсутні в організації, що виконує дану тему.

Для зручності збирання даних і розрахунків, складається таблиця, в якій будуть вказані всі витрати, пов'язані з випробувальними стендами, зразками, оснащенням та орендою дослідницьких установок. У цій таблиці вказується вартість кожного елементу окремо, а також загальну вартість витрат.

Збирання всіх необхідних даних і включення їх у таблицю дозволить більш точно розрахувати загальну вартість цих витрат і врахувати їх у плановому кошторисі по темі дослідження.

Таблиця 4.4. Витрати на послуги сторонніх організацій

Процес	Ціна, грн.
Виготовлення зразків (2шт.)	300
Хімічніий аналіз зразку (2р.)	300
Металографічні дослідження (2р.)	1000
Всі витрати разом	3200

4.2.7. Витрати на службові відрядження

Фактичні витрати на службові відрядження штатних працівників, пов'язані з виконанням НДР, включають в себе різні елементи. До таких витрат можуть належати:

- Витрати на проїзд (витрати на для переїзду до місця відрядження і назад)
- Витрати на проживання у готелі (витрати на проживання під час перебування на відрядженні. Вартість готелю може варіюватися в залежності від розташування, рівня комфорту і тривалості перебування)
- Добові витрати (витрати розраховуються на кожний день перебування у відрядженні і включають витрати на харчування, додаткові послуги

та особисті витрати. Розмір добових може визначатися внутрішніми правилами організації або стандартними нормами.)

Для розрахунку фактичних витрат на службові відрядження слід враховувати кількість днів перебування, тип і вартість транспорту, вартість проживання та добові ставки. Ці дані можна зібрати і включити до таблиці або кошторису, щоб зручно відстежувати і розраховувати загальні витрати на службові відрядження.

При виконанні НДР не відбувалися службові відрядження, тому приймаємо їх рівними – 0 грн.

4.2.8. Інші прямі неврахована витрати

Згідно з наведеним розрахунком, прямі витрати (Ів) на проведення НДР, які не увійшли до попередніх статей, становлять 10% від суми врахованих витрат на виконання НДР (ЗП - заробітна плата, ЄСВ - єдиний соціальний внесок, Вм - витрати на матеріали).

За наведеними значеннями,

Ів=(15898,208+3497,606+7766,198+3200+33)·0,1,

отримуємо Ів = 3447,453 грн.

Таким чином, прямі витрати на проведення НДР, які не увійшли до попередніх статей, складають 3447,453 грн.

4.2.9. Накладні витрати

Згідно з наведеним розрахунком, накладні витрати (Нв) включаються до калькуляції кошторисної вартості теми пропорційно сумі прямих витрат на виконання теми досліджень. В даному випадку, прямі витрати на виконання теми складають:

1. Заробітна плата;
2. ЄСВ (єдиний соціальний внесок);

3. Витрати на матеріали;
4. Ів (прямі витрати, що не увійшли до попередніх статей);

За наведеними значеннями,

$$Нв=(19242,075+4233,257+7766,198+3447,453+3200+33)\cdot 0,2,$$

отримуємо Нв = 7584,396 грн.

Таким чином, накладні витрати на проведення НДР, які включаються до калькуляції кошторисної вартості теми, складають 7584,396 грн. Зазначимо, що цей розрахунок здійснений на основі пропорції 20% від суми прямих витрат.

4.2.10. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми

Для складання планової калькуляції вартості проведення досліджень по темі використовуються виконані розрахунки та нормативні дані, які можуть бути представлені у вигляді таблиці (табл.4.5.). Ці дані надаються для визначення витрат на різні складові дослідницької роботи, такі як заробітна плата, матеріали, накладні витрати та інші фактори, що впливають на загальну вартість проведення досліджень.

Таблиця 4.5 – Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1	2	3
1.Витрати на оплату праці	19242,075	Відповідно до розрахунків
2.Єдиний соціальний внесок	4233,257	22,0 % від загальних витрат на оплату праці
3.Матеріали для проведення досліджень	7766,198	Відповідно до розрахунків
4.Енергоносії для проведення досліджень	33	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
5.Спецобладнання для наукових цілей	0	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
6.Вартість послуг сторонніх організацій	3200	За договором із сторонніми організаціями (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
7.Витрати на службові відрядження	0	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку не передбачено)

8.Інші невраховані прямі витрати по темі	3447,453008	10 % від суми прямих розрахованих витрат по темі
9.Накладні витрати	7584,396617	Відповідно до нормативів організації-виконавця теми (у нашому випадку 20 % від суми прямих витрат)
10.Усього витрат по темі	45506,380	Сума попередніх статей

За допомогою розрахунків та нормативних даних з табл.4.5., можна скласти планову калькуляцію, що включатиме в себе всі необхідні витрати, зазначені в таблицях та описані в попередніх статтях. Планова калькуляція допомагає оцінити загальну вартість досліджень.

4.3. Науково-технічна ефективність НДР

Для визначення річного економічного ефекту проведення досліджень, які спрямовані на створення нових матеріалів, покращення параметрів якості продукції та створення нових конструкцій, можна скористатися бальною системою оцінювання економічної ефективності.

Бальна система передбачає використання показників, які характеризують важливість розробки (К1), можливість використання результатів розробки (К2), теоретичне значення та рівень новизни (К3) та складність дослідження (К4).

Кожен з цих показників може оцінюватися за певною шкалою балів, які перераховані нижче. Потім проводиться розрахунок сумарного балу для

кожного дослідження, який може бути використаний для порівняння різних проектів та визначення їх економічної ефективності.

Коефіцієнт K_1 може приймати наступні значення:

а) ініціативна робота, яка не входить до складу комплексної програми та не є завданням директивних органів – 1 бал;

б) робота виконується за угодою про науково-технічне співробітництво – 3 бали;

в) робота являє собою частину відомчої програми – 5 балів;

г) робота являє собою частину комплексної міжвідомчої програми з елементами впровадження результатів – 7 балів;

д) робота є частиною міжнародної комплексної програми – 8 балів.

Коефіцієнт K_2 може приймати такі значення:

а) результати розробки можна використати тільки в даному підрозділі – 1 бал;

б) результати розробки можуть бути використані тільки однією організацією – 3 бали;

в) результати розробки можуть бути використані декількома організаціями – 5 балів.

г) результатами розробки можуть користуватися в масштабах однієї галузі – 8 балів;

д) результатами розробки можуть користуватися у різних галузях – 10 балів.

Коефіцієнт K_3 може приймати такі значення:

а) робота являє собою аналіз, узагальнення або класифікацію відомої інформації, подібні результати раніше були відомі в досліджуваній галузі – 2 бали;

б) під час виконання роботи отримана нова інформація, яка доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів – 3 бали;

в) внаслідок виконання роботи отримана нова інформація, яка частково змінює уявлення про природу досліджуваних процесів – 5 балів;

г) внаслідок виконання НДР створені нові теорії, методики тощо – 6 балів;

д) отримана інформація формує принципово нові уявлення, які не були відомі раніше – 8 балів.

Коефіцієнт K_4 може приймати такі значення:

а) роботу виконує один підрозділ, витрати до 10 000 гривень – 1 бал;

б) роботу виконує один підрозділ, витрати від 10 000 до 50 000 гривень – 3 бали;

в) роботу виконує один підрозділ, витрати від 50 000 до 100 000 гривень – 5 балів;

г) робота виконується декількома підрозділами, витрати від 100 000 до 200 000 гривень – 7 балів;

д) робота виконується декількома організаціями, витрати понад 200 000 гривень – 9 балів.

Таблиця 4.6 – Бальна оцінка ефективності НДР

Показник оцінки ефективності НДР	Умовне позначення показника	Характеристики даної роботи	Кількість балів
1. Важливість розробки	K_1	Робота виконується за угодою про науково-технічне співробітництво	5
2. Можливість використання результатів розробки	K_2	Результатами розробки можуть користуватися в масштабах однієї галузі	8
3.Теоретична значимість та	K_3	Під час виконання роботи отримана нова інформація, яка	3

рівень новизни розробки		доповнює уявлення про сутність досліджуваних процесів	
4.Складність дослідження	$К_4$	Роботу виконує один підрозділ, витрати від 10 000 до 50 000 гривень	3

Загальна бальна оцінка (Б) обчислюється шляхом перемноження коефіцієнтів К1, К2, К3 і К4. У нашому випадку,

$$Б = 5 * 8 * 3 * 3 = 360.$$

Згідно наданих даних, загальна бальна оцінка ефективності дослідження становить 360.

Отримана бальна оцінка може використовуватися для порівняння ефективності даного дослідження з іншими проектами та оцінки доцільності його проведення.

Умовний ефект НДР розраховується за формулою:

$$Е^{у}_{НДР} = 500 \cdot Б - Е_{н} \cdot В_{НДР} ,$$

де 500 – умовна вартість одного балу;

$Е_{н}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності (може бути в межах 0,1 – 0,3);

$В_{НДР}$ – сумарні витрати на виконання НДР (підсумок табл. 1.4);

$$Е_{НДР} = 500 \cdot 360 - 0{,}3 \cdot 45506{,}380 = 166348{,}086 \text{ грн.}$$

При використанні формули:

$$E_e = \frac{E_{НДР}}{B_{НДР}}.$$

$$E_e = \frac{166348{,}086}{45506{,}380} = 3{,}655$$

та врахованні числові данні, Ее дорівнює 3,655.

Цей коефіцієнт перевищує одиницю, що свідчить про економічну ефективність науково-дослідної роботи.

Це означає, що очікуваний економічний ефект від проведення досліджень перевищує сумарні витрати на виконання цих досліджень. З таким коефіцієнтом умовної економічної ефективності виконання даної науково-дослідної роботи є доцільним з економічної точки зору.

5. Охорона праці

Розділ присвячений розгляду електрошлакового переплаву сталей легованих бором, який було досліджено в офісному приміщенні 305Б та цеховій лабораторії відділу фізико-металургійних проблем електрошлакових технологій №9 Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.

Об'єктом проектування є технологічний процес переплаву сталей легованих бором, а його призначення полягає у виробництві спеціальних сталей з заданими характеристиками, які використовуються в різних галузях промисловості.

Проектне завдання передбачає дослідження факторів, які можуть негативно впливати на безпеку працівників під час електрошлакового переплаву сталей легованих бором. Одним із важливих аспектів є створення та організація контролю безпеки персоналу з метою зменшення потенційних ризикових факторів.

Відповідно до вимог щодо охорони праці, при прийомі на роботу кожен працівник повинен ознайомитися з відповідними нормативними документами, наприклад, ДСТУ 2293-99 "Охорона праці на виробництві. Загальні вимоги"[10]. Це обов'язковий етап працевлаштування, який дозволяє забезпечити безпечні умови праці для всього персоналу.

У даному розділі вашої роботи будуть розглянуті фактори, що можуть негативно впливати на людей під час електрошлакового переплаву сталей легованих бором. Оцінка цих небезпечних і шкідливих факторів дозволить визначити заходи поліпшення (нормалізації) умов праці з метою забезпечення безпеки працівників та здоров'я їхнього персоналу.

5.1. Правові основи охорони праці

Безпека працівників та будь-які негативні наслідки повинні бути забезпечені в рамках охорони праці та дотримання вимог законодавства.

В Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона створено відділ "Охорони праці та екологічних питань у зварювальному виробництві" відповідно до положень статті 15 Закону "Про охорону праці" [11]. Ця кафедра уповноважена розробляти інструкції з охорони праці для працівників інституту з усіх підрозділів.

Керівник відділу професор Медовар Л. Б. відповідає за забезпечення дотримання норм охорони праці у відділі 9.

Відповідальність за виконання правил охорони праці несе провідний інженер Шевченко М. Т. Офісним приміщенням 305Б керує Волченков Є. О.

Враховуючи важливість додержання законодавства щодо охорони праці, у випадку порушення норм та невиконання вказівок відповідних органів державного нагляду, юридичні та фізичні особи, які використовують найману працю, можуть бути піддані штрафним санкціям відповідно до встановленого законодавством порядку. Такі штрафи можуть бути

застосовані до посадових осіб та працівників у разі порушення законів та інших нормативно-правових актів, пов'язаних з охороною праці.

5.2. Аналіз параметрів приміщення

Для успішного виконання дослідження металургії та забезпечення безпеки праці необхідно врахувати різні аспекти. Описувані етапи дослідження мають свої особливості з точки зору охорони праці. Детально розглянемо кожну з них:

1. Оцінка літературних джерел та ознайомлення з теоретичними даними (На цьому етапі основна увага приділяється дослідженню теоретичних даних. Охорона праці на цьому етапі полягає у забезпеченні безпечних умов для проведення дослідження, таких як відповідне освітлення та комфортний мікроклімат у робочому приміщенні.)
2. Експериментальна переплавка легованої бором сталі (Цей етап передбачає роботу з обладнанням і матеріалами. Охорона праці на цьому етапі включає дотримання електробезпеки під час роботи з установкою УШ-114 та використання захисного одягу та засобів індивідуального захисту для запобігання можливим травмам чи контактам з небезпечними речовинами.)
3. Хімічний аналіз отриманого експериментального злитку (Цей етап передбачає лабораторні дослідження, зокрема хімічний аналіз. Ця частина роботи також проводиться у кабінеті 305Б.)
4. Обробка та аналіз експериментальних даних (На цьому етапі проводиться обробка і аналіз отриманих даних. Охорона праці на цьому етапі передбачає безпеку роботи з комп'ютерами та аналітичним обладнанням, а також забезпечення комфортних умов праці.)

Офісне приміщення 305Б, де було проведено більшість досліджень, також потребує врахування правил охорони праці. Оцінка мікроклімату, освітленості та плану евакуації з робочого місця є важливими аспектами безпеки праці на цьому приміщенні.

Також, необхідно враховувати різні потенційні небезпечні фактори та ситуації, що можуть виникнути у цеховій лабораторії. Це можуть бути наявність газів, пилу, теплових факторів та інші небезпечні ситуації. Важливо вживати заходи безпеки, включаючи використання необхідного захисного спорядження, дотримання правил електробезпеки та пожежної безпеки.

Загалом, під час проведення досліджень необхідно дотримуватись вимог охорони праці на кожному етапі та враховувати потенційні небезпечні фактори та ситуації, що можуть виникнути в приміщеннях, де ведуться дослідження.

Таблиця 5.1. – Параметри кімнати 305Б

Характеристика	Розмір
Довжина	3,5 м
Ширина	2,5 м
Висота стелі	3 м
Площа	8,75 м²
Об'єм	26,25 м³
Площа на одну людину	8,75 м²
Об'єм на одну людину	26,25 м³
Мінімальна площа	4,5 м²
Мінімальний об'єм	15,5 м³
Освітлення	Комбіноване
Опалення	Центральне
Стіни	Цегляно-панельні
Підлога	Бетонована, дерев'яний паркет
Ширина проходів	Не менше 0,8 м

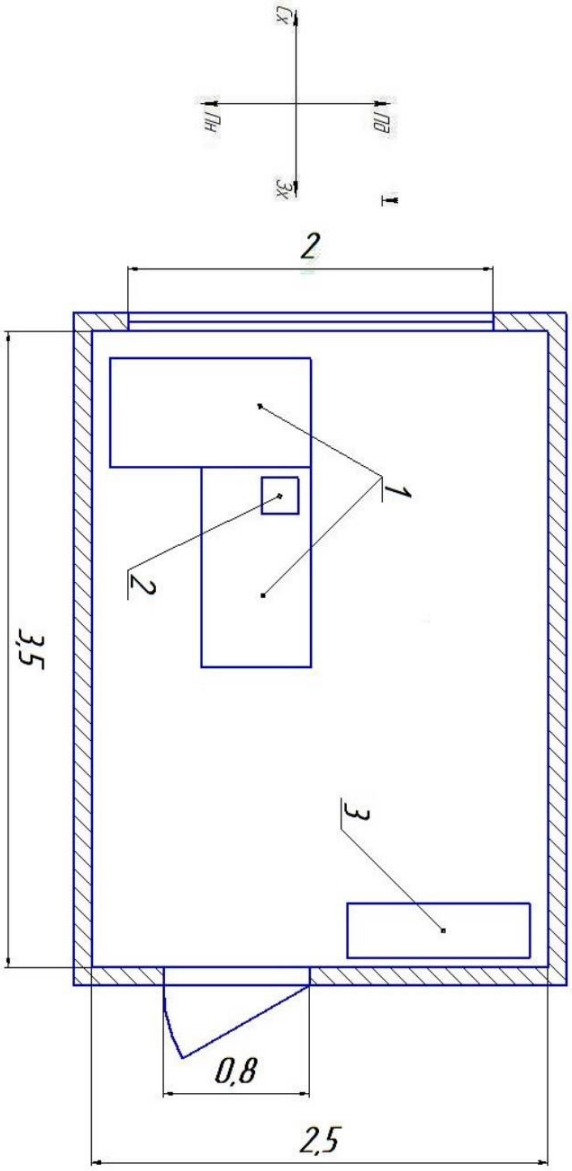

Рис. 5.1. Схема-план кімнати 305Б:

1 – стіл робочий (письмовий); 2 – компютер; 3 – книжкова шафа.

У приміщенні (рис.) виконували аналітичну, теоретичну та дослідницьку роботу, в ньому знаходилося відповідне устаткування:

– робочі столи;

– комп’ютер;

– книжкова шафа.

5.3. Аналіз мікроклімату

Оцінка мікроклімату виробничих приміщень для легкої фізичної роботи (категорія Іб) може бути здійснена згідно з ДСН 3.3.6.042-99[12]. Основні параметри мікроклімату, що варто враховувати, включають температуру повітря, відносну вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового опромінення та температуру поверхні.

Таблиця 5.2. Допустимі значеннями умов мікроклімату для легкої фізичної роботи.

Параметр	Допустиме значення
Температура повітря	22-24°C
Відносна вологість повітря	40-60%
Швидкість руху повітря	До 0,1 м/с
Інтенсивність тепл. опром.	Не більше 1,2 ккал/(см²·год)
Параметр	Допустиме значення

Ці значення слід застосовувати як орієнтир для забезпечення комфортних умов праці та підтримання працездатності працівників. Зауважте, що конкретні вимоги можуть змінюватись залежно від місцевих нормативних документів та умов виробництва.

Важливо регулярно контролювати мікрокліматичні параметри та вживати заходів для підтримання оптимальних умов праці. Наприклад, для підвищення вологості повітря можна використовувати зволожувачі, а для зниження температури - системи кондиціонування або вентиляції.

Таблиця 5.3. – Допустимі та фактичні умови мікроклімату у приміщенні

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, С		Відносна вологість		Швидкість руху, м/с		Додатковi фактори
		Дов	Факт	Дов	Факт	Дов	Факт	
Хол.	Легка Іб	20-24	21-24	75-40	70-48	0,1	0,1	Водяне опалення
Тепл.		21-28	25-27	60-40	54-45	0,2	0,15	Вентиляція

5.4. Аналіз освітлення кімнати

Дослідження показує, що світло має важливий вплив на здоров'я та працездатність людини. Недостатнє освітлення може призвести до помилок та нещасних випадків. Для зорових робіт IVa, які включають роботу в кабінеті 305Б та в цеху відділу №9, варто враховувати наступні аспекти освітлення:

Кабінет 305Б:

Природне освітлення: Велике вікно, через яке проходить природне світло збоку, є перевагою, оскільки надає природну освітленість.

Штучне освітлення: Використання люмінесцентних ламп для роботи у пізній час забезпечує достатню освітленість.

Освітленість: Зазначені значення освітленості в межах 750-300 лк відповідають задовільним значенням відносно нормативних документів та стандартів.

Цех відділу №9:

Змішане освітлення: Використання як природного, так і штучного освітлення є відповідним підходом для цеху, де проводяться фактичні і металургійні випробування.

Побудоване відповідно до критерію: Варто переконатися, що освітлення в цеху відповідає вимогам та критеріям, встановленим для даного типу робіт.

Дотримання належного освітлення у робочому середовищі впливає на здоров'я та ефективність працівників. Забезпечення достатньої освітленості допомагає уникнути помилок, зменшує ризик нещасних випадків та сприяє загальній активності та здоров'ю працівників.

5.5. Вентиляція

Згідно з ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"[17], на всіх виробничих підприємствах повинна бути встановлена система вентиляції, яка забезпечує безпечні умови праці. У лабораторії, особливо в критичних зонах, де присутні хімічні речовини або плавильні приміщення, важливо мати витяжну систему вентиляції для забезпечення екологічності та безпеки працівників.

Установка УШ-114, яка знаходиться у лабораторії, є відкритого типу. Під час роботи цієї установки утворюються шкідливі елементи, такі як пил, газ та дим. Тому для забезпечення безпечних умов праці над установкою необхідно встановити систему вентиляції, яка здатна ефективно видаляти ці шкідливі речовини з робочої зони.

Запевніться, що система вентиляції над установкою УШ-114 є справною і працює в повному обсязі. Вона повинна забезпечувати ефективне видалення небезпечних газів, диму та пилу, що утворюються під час роботи установки. Крім того, працівникам, що працюють у цій зоні, рекомендується використовувати респіратори для додаткового захисту.

Забезпечення належної вентиляції у робочому середовищі є важливим для здоров'я та безпеки працівників (рис 5.2), особливо при роботі з небезпечними речовинами та установками, як УШ-114.

Рис 5.2. – Схема вентиляції

Вона встановлена безпосередньо над установкою, робочим місцем, джерелами шкідливих елементів. За допомогою такого типу системи робиться найефективніше відведення газів у цеху для данного устаткування.

5.6. Інфрачервоне випромінення

Нормування інфрачервоних випромінювань виконується згідно ДСН 3.3.6.042-99 [12].

Теплове (інфрачервоне) випромінювання - це електромагнітна хвиля, яка виникає від нагрітих предметів за рахунок їх власної природної енергії.

Джерела ІЧ випромінювання поділяються на:

- природні
- штучні (поверхні, температура яких вища ніж ті, що піддаються впливу)

Тепловий ефект інфрачервоного випромінювання робить його компонентом навколишнього середовища, який впливає на організм людини. При поглинанні інфрачервоних променів тканинами підвищується температура, викликаючи як місцеві (гіперемія), так і системні ефекти (інтенсифікація обміну речовин, терморегуляція).

Інтенсивна теплова енергія може проникати в тканини на глибину від 3 до 7 см.

Заходи, що до зменшення інтенсивності випромінювання джерела, можуть допомогти для захисту, для цього:

- використовують сучасні технологій для теплоізоляції джерела випромінювання
- обмежують перебування людей в зоні інфрачервоного випромінювання.
- використовують металеві екрани для захисту робочого місця

Також, не забуваємо про вживання засобів індивідуального захисту, медичні та профілактичні заходи, такі як планування раціонального режиму праці та відпочинку і регулярні медичні огляди.

Допустимі значення інтенсивності теплового опромінення прийнято – до 140,0 Вт/м^2, оскільки в лабораторії цеху розташована електрошлакова піч. При цьому опроміненню повинно піддаватися не більше 25% поверхні тіла.

Працівники, які працюють з піччю, використовують засоби індивідуального захисту.

Вони включають:

1. спецодяг, який захищає від випромінень
2. шкіряне взуття,
3. тканинні рукавиці,
4. захисні каски,
5. щитки зі світлофільтрами та захисні окуляри.

У приміщенні з УШ-114 інтенсивність випромінювання знаходиться в допустимих межах.

Працівникам сталеплавильних цехів електрошлакового переплаву безкоштовно видаються такі засоби індивідуального захисту, згідно з НПАОП 27.0-3.01-08 [13]:

1. костюм сукняний (ТиТр),
2. черевики шкіряні (Мун100),
3. вачеги (ТиТр),
4. каска захисна з підшоломником,
5. окуляри захисні (ЗПД)

5.7. Електробезпека

Встановлено за ДСТУ Б В.2.5-82:2016 “Електробезпека в будівлі і спорудах”[14], які саме є вимоги до забезпечення захисту працівників від ураження струмом.

Установка УШ-114 витрачає 50 КВт год, працює на змінному струмі. Цей струм є дуже небезпечним. Тому кожен з членів персоналу повинен проходити інструктаж.

Дотримання цих правил допомагає запобігти травмам, ураженням електричним струмом і іншим небезпечним ситуаціям. Особлива увага має бути приділена правильному використанню засобів індивідуального захисту, таких як діелектричні рукавички і захисні окуляри. Заземлення печі також є важливим аспектом електробезпеки.

Установка не повинна працювати у випадках поганого контакту елементів, несправної системи водо- та електропостачання, під час підготовки елементів, технічного огляду та обслуговування, в разі виявлення невиправних несправностей і при поганому заземленні печі. Такі ситуації можуть створювати небезпеку для робітників та призвести до травм або аварій.

Система автономного відключення є ще одним важливим елементом для електробезпеки. Вона дозволяє автоматично вимкнути установку у разі небезпеки, такої як коротке замикання або пошкодження проводів. Це допомагає запобігти пожежам, зменшити ризик ураження електричним струмом і зберегти обладнання. Важливо мати належно налаштовані автоматичні вимикачі або контактори зі спеціалізованими реле для ефективного захисного відключення.

Загальні правила техніки безпеки та використання засобів індивідуального захисту мають на меті забезпечити безпечні умови праці і знизити ризик виникнення нещасних випадків.

Під час роботи на установці працюють загальні правила техніки безпеки під час роботи на електроплавильних печах. Вона перевіряється на несправне заземлення, пошкодження електроізоляції та відкритті ділянки з високим струмом.

Діелектричні рукавички – найважливіший елемент захисного спорядження, оскільки вони допомагають знизити ризик ураження електричним струмом і захищають руки користувача від можливих травм.

Установка має бути підключена до системи автономного відключення. У разі небезпеки вона вимкнеться та захистить персонал. Для реалізації цього механізму безпеки використовуються автоматичні вимикачі або контактори зі спеціалізованими реле для захисного відключення в разі пошкодження проводів або обладнання.

Ця система швидко реагує на коротке замикання, зменшуючи ймовірність пожежі та допомагаючи запобігти пошкодженню обладнання в майбутньому. Використання автоматичного відключення має вирішальне значення для електробезпеки.

5.8. Загазованість і запиленість

Загазованість, запиленість та забруднення у виробничих приміщеннях – група проблем, що є важливими для охорони здоров'я та безпеки праці. Повітря робочої зони забруднене в промислових умовах, коли присутні пил та інші гази.

Повітря в робочій зоні є запиленим, коли в ньому присутні частинки пилу. Коли пил потрапляє в організм через дихальну систему, він може призвести до серйозних захворювань, таких як

- пневмонія,
- бронхіальна астма,
- пиловий бронхіт,
- пневмоконіози
- силікоз

Пил викликає запалення, пошкоджуючи слизові оболонки носа та очей. Потрапляючи на шкіру, пил може закупорювати потові протоки, викликати фурункульоз, екзему та інші захворювання.

Присутність різних газів у повітрі навколо робочого місця може отруїти людей і завдати шкоди їхнім органам і системам життєзабезпечення. Ці гази можуть потрапляти в організм через шкіру, шлунково-кишковий тракт або дихальну систему. У зв'язку з цим, сучасні методи виявлення та захисту від шкідливих хімічних речовин у повітрі мають вирішальне значення для забезпечення сприятливих умов праці.

Встановлення механічної вентиляції у промислових будівлях є одним з найбільш практичних і прийнятних захисних рішень. Її основна мета - повністю видалити небезпечні сполуки з робочої зони, розбавити концентрацію в зоні або знизити концентрацію до безпечного рівня, тобто такого, що не перевищує ГДК.

5.9. Пожежна безпека

Пожежа – це неконтрольований процес винищення, пошкодження речей та будинків, що виник через вогонь, що викликає появу небезпечних факторів.

Пожежна небезпека є одним з важливих аспектів охорони праці, особливо у виробничих підприємствах, де можуть бути присутні легкозаймисті речовини, електричні системи, обладнання, а також велика кількість людей. Правильна оцінка та управління пожежною небезпекою важлива для забезпечення безпеки працівників і запобігання виникненню пожеж.

Лабораторія дбає про всі необхідні заходи щодо пожежної безпеки відповідно до НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні[15].

Вогнегасники розташовані у двох визначених місцях у приміщенні (рис 5.4.), що дозволяє легко знайти їх у разі потреби. У самій лабораторії знаходяться три вогнегасники:

- два вуглекислотних вогнегасники (модель ВП-5, об'єм 5 і 10 літрів)
- порошковий вогнегасник (модель ВП-9, об'ємом 10 літрів).

Залежно від джерела та зовнішніх ознак розрізняють різні види горіння, які можуть виникнути при взаємодії запалювання з різними речовинами:

Безперервний процес горіння, відомий як запалювання, відбувається за наявності джерела запалювання.

Легкозаймиста суміш, що швидко спалахує під впливом джерела запалювання, називається спалахом.

З метою запобігання пожежі важливо дотримуватися наступних заходів безпеки:

- необхідно встановити захисні бар'єри або обгородження навколо місця плавки на відстані не менше 2 метрів. Це допоможе уникнути можливого контакту з потенційно спаленими матеріалами та розповсюдження пожежі;

- на місці роботи повинні бути розташовані вогнегасники, які можуть бути використані в разі загоряння. Персонал повинен бути навчений їх використовувати;
- двері в лабораторії мають оптимальну ширину 1,6 метра, що сприяє безпеці та ефективному виходу у разі пожежі чи інших надзвичайних ситуацій.

Цей розмір дверей відповідає стандартам безпеки та дозволяє забезпечити зручний та швидкий доступ усіх працівників та відвідувачів до безпечних зон.

На випадок пожежі існують індивідуальні плани евакуації (рис. 5.3.) для кожного з трьох поверхів будівлі. На кожному поверсі є вказівники, що спрямовують відвідувачів до найближчого виходу (рис. 5.5.), і ці плани містять важливу інформацію про безпечні зони, вогнегасники та шляхи евакуації. Ці знаки допомагають людям знайти безпечний шлях евакуації у випадку пожежі, надаючи важливу інформацію про місцезнаходження найближчого виходу. Крім цього є таблички з номером пожежних (рис.5.5.), куди треба телефонувати в випадку пожежі, щоб людина в екстремальному випадку не забула.

Мешканці та відвідувачі будівлі мають можливість швидко відреагувати на небезпеку та втекти у безпечні місця, оскільки є плани евакуації та вказівники виходу Це підвищує загальну безпеку та знижує ймовірність нещасних випадків під час.

Враховуючи це все, співробітники та відвідувачі будівлі мають засоби для швидкого реагування на небезпеку та евакуації в безпечні місця.

Все виконано відповідно до ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека[16].

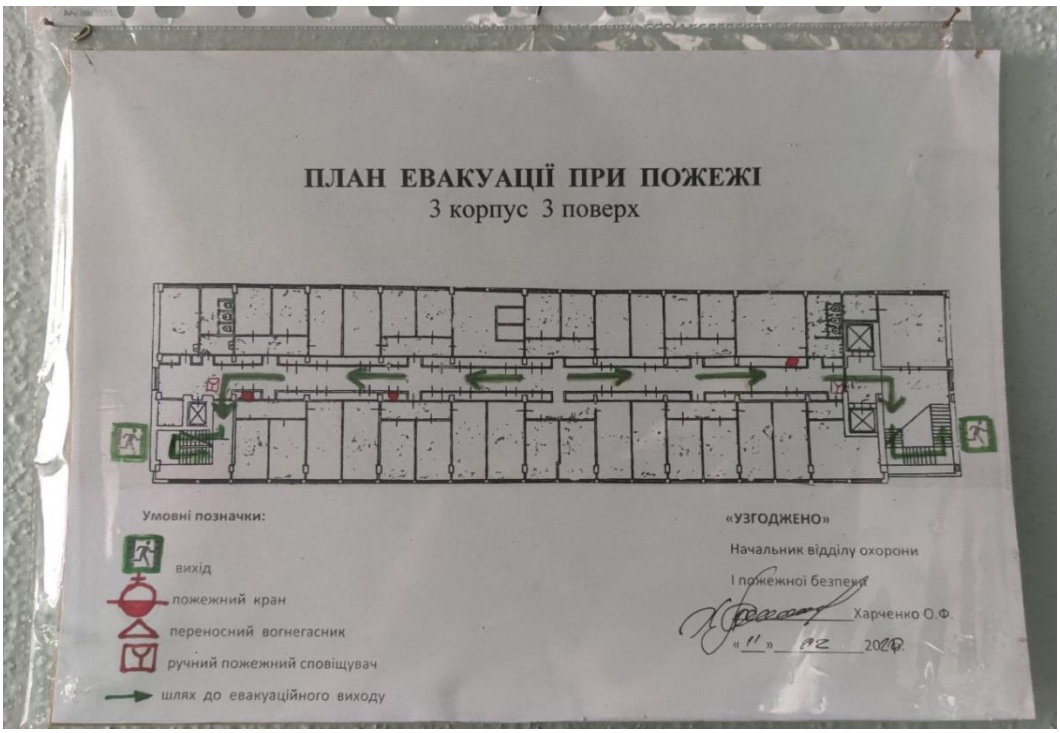

Рис 5.3. План евакуації при пожежі

Рис. 5.4.

Рис 5.5.

Рис.5.6.

Загальні висновки

1. Технологія отримання високоякісних сталей базується на використанні сучасних методів плавки та лиття. Методи спеціальної електрометалургії, зокрема електрошлаковий переплав (ЕШП), дозволяють додатково покращити якість металу.

2. Додавання борних сполук – це один із ефективних методів покращення механічних властивостей сталей. Бор у невеликих концентраціях впливає на їх властивості, збільшуючи міцність, зносостійкість та стійкість до окислення.

3. Використання ЕШП для сталей мікролегованих бором дозволяє отримати метал з високою якістю та бажаними властивостями для різних застосувань, таких як виробництво інструментів, авіаційної техніки, машинобудування та інших галузей промисловості.

4. Ефективним методом зменшення втрат бору під час легування є розкислення розплаву алюмінієм та титаном перед додаванням бору, щоб уникнути його втрати через утворення оксидів. Цей підхід забезпечує максимальне збереження бору, що було показано під час експериментальних досліджень.

5. Електрошлаковий переплав під аргоном є ефективним методом для запобігання окисленню бору під час переплаву, що підтверджено проведеними лабораторними дослідами. Отже, використання електрошлакового переплаву під аргоном може бути рекомендовано як ефективний метод збереження бору при виготовленні легованих сталей, що сприяє поліпшенню якості та властивостей отриманих матеріалів.

6. Показано, що ЕШП є ефективним процесом для одночасного рафінування металу та отримання структурно- і хімічно однорідних злитків з борвмісних сталей.

Перелік джерел

1. Стаття з сайту World Steel Association (https://worldsteel.org/media-centre/press-releases/2023/february-2023-crude-steel-production/)

2. УДК 669.14.018 Производство стальных отливок: Учебник для вузов / Козлов Л.Я., Колокольцев В.М., Вдовин К.Н. и др./ Под ред. Л.Я. Козлова. — М.: ·МИСИС·, 2003. — 352 с.

3. УДК 669.18 Конспект лекцій до вивчення дисципліни «Теорія кристалізації та формування виливків», спеціальність 136 – Металургія / Укл.: Є.В. Синегін, С.В. Журавльова, Л.С. Молчанов, С.В. Суховецький. – Дніпро: НМетАУ, 2021. – 47 с.

4. УДК 669.01 Леговані сталі та сплави з особливими властивостями. Підручник / Куцова В.З., Ковзель М.А., Носко О.А. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. – 348 с.

5. УДК 669.18:661.65 Производство Л. В. Камкина /д. т. н./ Национальная металлургическая академия Украины В. С. Манидин ПАО «Запорожсталь» С. В. Пройдак /к. т. н. Днепропетровский национальный університет железнодорожного транспорта Физико-химические и технологические особенности производства экономнолегированных борсодержащих сталей

6. УДК 669.046.554 Л. Ю. Назюта, д-р техн. наук, професор Л. С. Тихонюк, нач. техн. Отдела, И. Н. Костыря, вед. Інженер Ю. В. Хавалиц, мастер ПО/ ГВУЗ Приазовский государственный технический университет, Мариуполь, ЧАО ММКИ ООО «Метинвест», Мариуполь, ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ», Мариуполь/ Особенности микролегирования бором при выплавке низколегированных конструкционных сталей

7. УДК 620.22(038) Афтанділянц Є.Г., Зазимко О. В., Лопатько К.Г., Поліщук А.В. Технологія конструкційних матеріалів і

матеріалознавство. Конспект лекцій в 2-х книгах. - Київ: НУБіП України, 2016.-125. с.

8. УДК 669.187.26.042 Электрошлаковые печи/ Б.И. Медовар, Л.М. Ступак, Г.А. Бойко, Л.В. Чекотило, О.П. Бондаренко, Ю.Г. Емельяненко, Ю.М. Миронов, Ю.Ф. Алферов, Ю.Д. Гончаров /Под ред. академика Б.Е. Патона и академика АН УССр Б.И. Медовара – Киев “Наукова думка” 1976

9. УДК 541.1:669.1/8 Теория и расчеты металургических систем и процессов. Учебное пособие для вузов. Падерин С.Н., Филиппов В.В. – М.: МИСИС, 2002. – 334 с.

10. ДСТУ 2293-99 "Охорона праці на виробництві. Загальні вимоги"

11. Закон України «Про охорону праці».

12. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]. – введ. 1991-01-12. – К.: Держстандарт України, 1999. – 10 с.

13. НПАОП 27.0-3.01-08. Про затвердження Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості. – наказ Держгірпромнагляду від 27.08.2008 № 187

14. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 “Електробезпека в будівлі і спорудах”

15. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні

16. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека

17. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування

UNICHECK
by Turnitin

Ім'я користувача:
Ямшинський Михайло Михайлович

ID перевірки:
1015661190

Дата перевірки:
20.06.2023 21:39:44 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
20.06.2023 21:43:16 EEST

ID користувача:
76785

Назва документа: **Трикозенко**

Кількість сторінок: **78** Кількість слів: **11735** Кількість символів: **92342** Розмір файлу: **9.39 MB** ID файлу: **1015306100**

14.5% Схожість

Найбільша схожість: **8.62%** з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: **1015280828**)

11.9% Джерела з Інтернету | 588 ..... Сторінка 80

12.4% Джерела з Бібліотеки | 317 ..... Сторінка 89

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи | 9