

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра прикладного матеріалознавства і технології
конструкційних матеріалів**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та технологічного процесу відновлення бурового інструменту

Виконав:

студент Тягно Сергій Вячеславович
прізвище, ім'я, по батькові

Залікова книжка

№ 19510097

Підпис _____

Захищена з оцінкою

_____ Оцінка, дата

Керівник:

завідувач кафедри
Гапонова Оксана Петрівна
посада, прізвище ім'я, по батькові

Підпис _____
дата, підпис

Секретар ЕК

_____ Марченко К. С.
Прізвище, підпис

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних
матеріалів
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант Освітньої програми
«Прикладне матеріалознавство»
Харченко Н. А.

« 20 » червня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Тягну Сергію Вячеславовичу Група МТ -81-9
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи: Вибір матеріалу, маршрутної технології виготовлення та технологічного процесу відновлення бурового інструменту.

2. Вихідні дані: Креслення штампового інструменту та вимоги до неї вказані на кресленні (додаток А)

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу

- 1) Креслення деталі.
- 2) Технологія виготовлення бурильних труб.
- 3) Технологія відновлення поверхні бурильної труби.
- 4) Результати експериментальних досліджень.

4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	Тижні			
		1	2	3	4
1	Розділ 1. Літературний огляд	X			
2	Розділ 2. Вибір марки сплаву для виготовлення бурового інструменту та методів дослідження	X			
3	Розділ 3. Виготовлення бурильних труб		X		
4	Розділ 4. Технологія наплавлення на поверхню труби			X	
5	Розділ 5. Результати досліджень				X

5. Дата видачі завдання 26 квітня 2022 р.

Керівник _____
(підпис)

зав. каф. Гапонова О.П.
(посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота: складається з 63 сторінок, 5 розділів, 18 рисунків, 10 таблиць, 39 літературних джерел.

Мета роботи – вибір матеріалу та розробка маршрутної технології виготовлення бурового інструменту для буріння свердловин геологорозвідувальних операцій.

Завдання:

- проаналізувати умови роботи деталі;
- провести аналіз літературних джерел щодо визначення перспективних способів зміцнення та відновлення робочих поверхонь бурового інструменту;
- раціонально обрати матеріал для виготовлення деталі;
- розробити технологічний процес виготовлення бурильної труби;
- розробити технологічний процес відновлення деталі;
- визначити якісні параметри наплавленого шару, отриманого відповідно до запропонованої технології відновлення;
- надати рекомендації щодо застосування запропонованої технології на підприємстві.

В ході роботи запропонований технологічний процес відновлення деталі «бурильна труба» шляхом наплавлення. Проведенні дослідження по розробці хімічного складу та технології виготовлення порошкового дроту, режимів наплавлення і контролю якості отриманих покриттів (хімічний склад контролювали методом спектрального аналізу, вимірювання поверхневої твердості проводили за стандартними методиками, застосовували макро- та мікроаналізи наплавленого металу).

Ключові слова: БУРИЛЬНА ТРУБА, 40ХМФА, НАПЛАВЛЕННЯ, ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНІ СВЕРДЛОВИНИ, ЗВАРЮВАННЯ, ПАСИВАЦІЯ, ТВЕРДІСТЬ, СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	8
1.1. Конструкція і матеріали, що застосовуються для виготовлення замкових з'єднань бурильних труб, мікроструктура і властивості	8
1.2. Умови роботи, експлуатаційні особливості та види зносу бурильних труб....	11
1.3. Основні способи відновлювального ремонту наплавленням	12
1.4. Процес відновлювального ремонту бурильних труб методом електродугового наплавлення та існуючі проблеми	14
Висновки	17
РОЗДІЛ 2 ВИБІР МАРКИ СПЛАВУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУРОВОГО ІНСТРУМЕНТУ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	18
2.1. Вибір матеріалу	18
2.2. Опис впливу легуючих елементів на властивості сталі	19
Висновки	22
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУРИЛЬНИХ ТРУБ.....	23
Висновки	29
РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЯ НАПЛАВЛЕННЯ НА ПОВЕРХНЮ ТРУБИ	30
4.1. Підготовка поверхні до наплавлення.....	30
4.2. Технологія наплавлення	30
4.3. Виготовлення порошкового дроту марки CORED WIRE SF 350 HB.....	31
4.3.1. Попередні операції по виготовленню	31
4.3.2. Методика дослідження	40
Висновки	45
РОЗДІЛ 5 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	46
Висновки	51
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
Додаток А.....	58
Додаток Б.....	59
Додаток В	60

Додаток Г	61
Додаток Д	62

С У М Д

ВСТУП

Бурильна труба – це інструмент, який використовується при бурінні свердловин, що забезпечує передачу крутного моменту від приводу до долота, а також циркуляцію бурового розчину на забої. Робота бурильних труб протікає в умовах комбінованих навантажень, при одночасному впливі циклічних згинальних і ударних навантажень, зовнішнього і внутрішнього гідростатичного тиску, проте статистичні дані показують, що більше 60% бурильних труб відбраковуються через абразивно–фрикційному зносу замкового з'єднання по зовнішньому діаметру. Відповідно до прийнятих стандартів на списання зношеного бурильного інструменту, допускається експлуатація бурильних труб зі зносом замкових частин по зовнішньому діаметру не більше 38%, після чого труба утилізується. З урахуванням досить короткого життєвого циклу бурильної труби, а також її високої вартості перспективним виявилось відновлення геометричних параметрів замкових з'єднань наплавленням.

Існують різні підходи і способи ремонту, проте найбільшого поширення як один з найефективніших для замкових з'єднань, знайшов метод відновлення електродуговим наплавленням на напівавтоматі з використанням порошкового дроту в захисному середовищі. Даний метод виник на початку ХХ століття, проте широке застосування знайшов у 80-90-х роках, коли особливо гострою стала проблема нестачі бурильного інструменту. Зовні відновлені замки складно відрізнити від нових, а поставляється після капітального ремонту, бурильна труба добре зарекомендувала себе при будівництві при неглибоких свердловин. Однак останні десятиліття, в розрізі видобутку корисних копалин, характеризується помітним виснаженням існуючих ресурсних фондів, що ставить видобувні компанії перед необхідністю буріння більш глибоких і дорогих свердловин, а також освоєння похило спрямованого буріння характеризується підвищеним зносом бурильного інструменту. При цьому випробовувані бурильною колоною навантаження постійно зростають, а існуючий технологічний процес

відновлювального ремонту не зазнає змін. Дослідження структури і властивостей відновлених замкових з'єднань показали, що існуючий спосіб відновлення не забезпечує стабільного отримання в металі замка необхідного рівня механічних властивостей.

В умовах ДП “Завод Обважнених Бурильних та Ведучих Труб ” та заводу ТОВ “Суми-Електрод” руйнівний контроль механічних властивостей відновлених замкових з'єднань, як правило, обмежений проведенням дефектоскопії. Вважається, що інші механічні властивості відновленого замкового з'єднання знаходяться на необхідному рівні по всій глибині металу під наплавленим шаром. При такому підході ігнорується вплив температурного фактору в процесі ремонту на мікроструктуру металу тіла замка під наплавленим шаром. Нанесення наплавлення супроводжується перегрівом вище температури аустенізації з утворенням на поверхні гартівної мікроструктури, в той час як основний метал замкового з'єднання може зазнавати в зоні термічного впливу (ЗТВ) процес відпустки, що супроводжується значним зниженням твердості в порівнянні з поверхнею. Твердість поверхні, як правило, укладається в регламентовані норми, а виріб безперешкодно проходить контроль якості і допускається до експлуатації з низькими механічними властивостями основного металу в зоні термічного впливу. Повний спектр необхідних механічних характеристик не може бути досягнутий без отримання певного мікроструктурного стану в металі, що забезпечує необхідні механічні характеристики. Для цього необхідно, перш за все, проведення дослідження залежності мікроструктури і механічних властивостей металу наплавленого шару і основного металу в прилеглий зоні термічного впливу від умов реалізації процесу наплавлення.

- необхідна мікроструктура не може бути отримана без коригування температурно–тимчасового режиму наплавлення, що полягає в обмеженні максимальної температури нагріву тіла замкового з'єднання, а також введення попереднього підігріву виробу перед відновленням.

Таким чином, тематика цієї кваліфікаційної роботи є актуальною і спрямована на вирішення проблеми підвищення якості бурильних труб після капітального ремонту.

Мета роботи: вибір матеріалу та розробка маршрутної технології виготовлення бурового інструменту для буріння свердловин геологорозвідувальних операцій.

Методи дослідження. Для дослідження якості наплавленого шару застосовувалися методи макро- та мікроаналізу, спектрального аналізу, визначення поверхневої твердості.

СумДД

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Конструкція і матеріали, що застосовуються для виготовлення замкових з'єднань бурильних труб, мікроструктура і властивості

Бурильна труба – це інструмент, який використовується при бурінні свердловин, що забезпечує передачу крутного моменту між приводом і долотом, а також циркуляцію бурового розчину на вибої (креслення бурильної труби представлено в додатку А). З'єднання бурильних труб між собою відбувається за допомогою замків. Однією з найбільш поширених конструкцій бурильної труби є зварне з'єднання, виконане зварюванням тертям на спеціальних станах в заводських умовах. Зовнішній вигляд такої бурильної труби (після відновлювального ремонту наплавленням) представлений на рисунку 1.1.

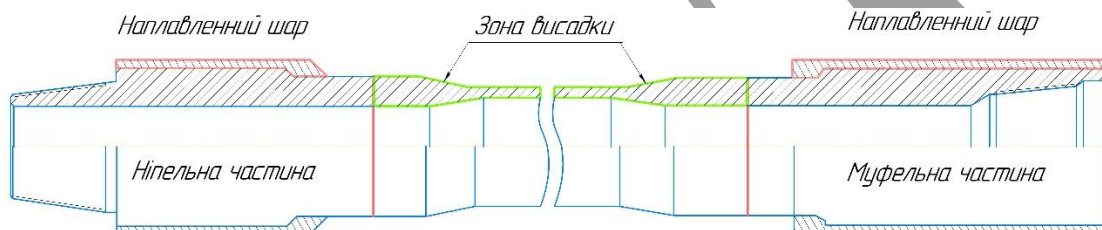


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд бурильної труби після відновлення наплавленням

З рисунка 1.1 видно, що основними конструкційними елементами бурильної труби є тіло і замок, що представляє собою ніпельну і муфтову частини, приварені зварюванням тертям в зоні висадки (потовщення) бурильної труби з протилежних сторін. Для виготовлення бурильних труб можуть застосовуватися різні марки конструкційних легованих сталей. Відповідно до вимог ніпельна частина, муфтова частина виготовляється за стандартом [1] в переважній більшості випадків марка сталі не регламентується нормативним документом і встановлюється виробником з умови забезпечення вимог відповідного стандарту для механічних властивостей даної групи міцності, а також обмеження шкідливих домішок сірки (S) і фосфору (P) [2-5].



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд бурильної труби ніпельної частини



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд бурильної труби муфтової частини

Необхідний комплекс властивостей найбільш ефективно реалізується за допомогою термічної обробки сталі, що дозволяє створювати в деталі необхідну для нормальної роботи бурільних труб в'язкість, твердість і міцну мікроструктуру. Одним з найважливіших елементів, багато в чому визначають властивості майбутнього виробу, є вуглець. Це неметалічний поліморфний елемент, який в звичайних умовах знаходиться в модифікації графіту, проте в конструкційних сталях в такому вигляді не зустрічається. Роль

вуглецю полягає у формуванні цементиту і карбідів вуглецю в сталі. Велику ефективність вуглець надає на властивості легованих сталей та залежить від присутніх в сталі легуючих елементів і їх масового співвідношення в сталі. Розчиняючись у фериті, вони перешкоджають поширенню дислокацій і зміцнюють сплав. Значний вплив на твердість надають елементи, що мають відмінну від α -заліза кристалічну решітку. Більшість легуючих елементів при їх утриманні більше 1% зміцнюють ферит. При цьому пластичні характеристики не змінюються, проте ударна в'язкість нажаль падає.

Особливістю роботи бурильних труб є циклічний знакозмінний характер навантаження. У зв'язку з цим матеріал повинен мати великий запас міцності і високу межу витривалості. Для виготовлення бурильних труб застосовується сталь марки 40ХМФА. За даними [5] температура гартування для сталі 40ХМФА становить 860 °С.

При утворенні зерна аустеніту відбувається перетворення з досить високою швидкістю, для забезпечення повного розчинення цементиту в аустеніті і отримання однорідного аустеніту необхідно деякий час підтримувати температуру сталі, яка становить приблизно 860°С. Фазова кристалізація призводить до зменшення зерна в сталі. Тому, чим вище дисперсність структури і швидкість нагріву сталі, тим більше виникає зародків аустеніту, а, отже, зростає дисперсність продуктів його розпаду, що призводить до збільшення пластичності, в'язкості, зменшення чутливості до концентрації напружень.

Для додання сталі необхідних експлуатаційних властивостей, після гарту проводиться високий відпуск. Сталь 40ХМФА відноситься до класу перлітних поліпшувальних легованих конструкційних сталей з обмеженою зварюваністю. Через присутність хрому в складі, для неї характерна відпускна крихкість, усунення якої вимагає швидкого охолодження від температури високого відпуску.

1.2. Умови роботи, експлуатаційні особливості та види зносу бурильних труб

З'єднані між собою бурильні труби разом з іншими технологічними елементами утворюють бурильну колону. Робота бурильної колони протікає у дуже важких умовах і її стан залежить від ефективності використання робочого часу протягом кожного спуску. Тривалість життєвого циклу бурильної колони залежить від різноманітних факторів, найбільш значні з яких наступні:

- величина і характер діючих навантажень;
- наявність місць концентрації напружень, таких як різьбове з'єднання, з'єднання елементів бурильної колони різної жорсткості;
- корозійний вплив середовища, в якій знаходиться бурильна труба;
- абразивний вплив на бурильну трубу стінок свердловини і твердих частинок, що знаходяться в циркулюючому буровому розчині;
- виникнення коливальних процесів, резонансних явищ і реактивних моментів в бурильній колоні.

Навантаження, що діє на колону, залежать від способу буріння, траєкторії і стану свердловини, застосовуваних режимів буріння, технічного стану наземного обладнання, оснащеності його засобами механізації, автоматизації і контролю, а також від кваліфікації персоналу [6].

При роботі бурильних труб, спостерігається рівномірний і нерівномірний знос, а також утворення задирів на робочих поверхнях труб. Оскільки при роботі, труба піддається великому навантаженню, то найбільш поширеним зносом є нерівномірний знос. Особливо швидкому зношуванню піддаються бурильні замки, через тертя об стінку свердловини, а також втоми від нециклічних навантажень і зношування різьблення через струмінь промивної рідини недозавінчування труб до упора[7]. За довгі роки експлуатації бурильних труб, маємо дуже багато даних про найбільш часту причину виходу з ладу бурильних труб є абразивний знос тіла замкового з'єднання, з чим відновлювальний ремонт бурильних труб в частині наплавлення утворюють замкових з'єднань з перенарізанням різьблення є досить актуальною і затребуваною практикою.

1.3. Основні способи відновлювального ремонту наплавленням

Існує дуже велика кількість технологій відновлення бурильних труб в залежності від стану, складності відновлення, матеріалу сталі, але найбільш ефективним способом відновлення став спосіб наплавлення. Процес наплавлення включає підігрів виробу до заданої температури та початком нанесення на деталь розплавленого металу який має вже задані властивості. Майже в усіх способах наплавлення є рухома рідка ванна з рідким металом. На початку ванни спостерігається розплавлення та перемішування порошкового рідкого металу з основним, а в кінці ванни уже відбувається застигання та кристалізація металу [8]. При дослідженні було визначено що кількість шарів наплавлення залежить від діаметра зношеної деталі та потрібного діаметра для експлуатації труби. Спосіб наплавлення обирається, виходячи з матеріалів та можливостей підприємства. В ході роботи по відновлюванню виявили декілька способів по відновлюванню наплавленням. При виборі роботи по відновлюванню треба враховувати такі особливості:

- раціональний спосіб відновлення наплавленням;
- потужності та можливості підприємства;
- технологічність процесу відновлення;
- економічну ефективність процесу.

Електродугове наплавлення під флюсом. При дуговому наплавленню під флюсом, нагрів металу здійснюється за рахунок тепла дуги, яка горить між дротом та основним металом під шаром флюсу. Для того щоб не утворювалися шлакові утворення та непровари слід ретельно видалити шлакову кірку з поверхні уже наплавленого шару металу.

Автоматична електродугове наплавлення під флюсом, має декілька переваг, в тому числі продуктивність, якість та однорідність шару металу. Однак також є і значний недолік при якому зростає глибина проплавлення основного металу приблизно до 30...50 % [9,10].



Рисунок 1.4 – Зварювальна установка для відновлення бурильних труб

Електродугове наплавлення в захисних газах застосовується в тому випадку, коли неможлива подача флюсу і видалення шлакової кірки [11,12]. Перевагами даного виду є можливість спостереження за процесом, також є його можливість механізації та автоматизації при використанні серійного а можливо і масового зварювального обладнання. Цей метод застосовується при напавленні деталей в різних просторових положеннях, які у внутрішніх так і у зовнішніх поверхнях виробу, глибоких отворів, дрібних деталей і складних форм і т. п. Цей процес зварювання схожий на зварювання під флюсом, але відмінністю є лише застосування газового захисного шару металу. Також до переваг відносять зменшення робочої сили оскільки не потрібно засипати флюс і видаляти шлак. При дослідженні було виявлено, що напавлення короткою дугою є найбільш економічно вигідним оскільки немає великої розбризкуваності металу [13]. Напавлення може проводитися в вуглекислому газі, аргоні, гелії і азоті, а також в суміші газів [14]. В ході дослідження було використано безліч зварювальних дротів суцільного перетину наприклад: Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС, але виходячи з хімічного складу бурильних труб (табл. 2.1) було використано порошковий дріт марки CORED WIRE SF 350 НВ, який був виготовлений по спеціальному замовленню для відновлення бурильних труб.

1.4. Процес відновлювального ремонту бурильних труб методом електродугового наплавлення та існуючі проблеми

При відновленні бурильної труби, на поверхні замкового з'єднання відбувається формування валиків з поздовжніх ділянок, розташованих уздовж утворення труби. Наплавлення здійснюють на прямій полярності з підключенням «мінуса» на дріт і «плюса» на трубу. По всій ширині наплавляється валик, формується загальна ванна рідкого металу. Наплавлення формують при переміщенні дроту в прямому і зворотному напрямку уздовж осі обертання труби.

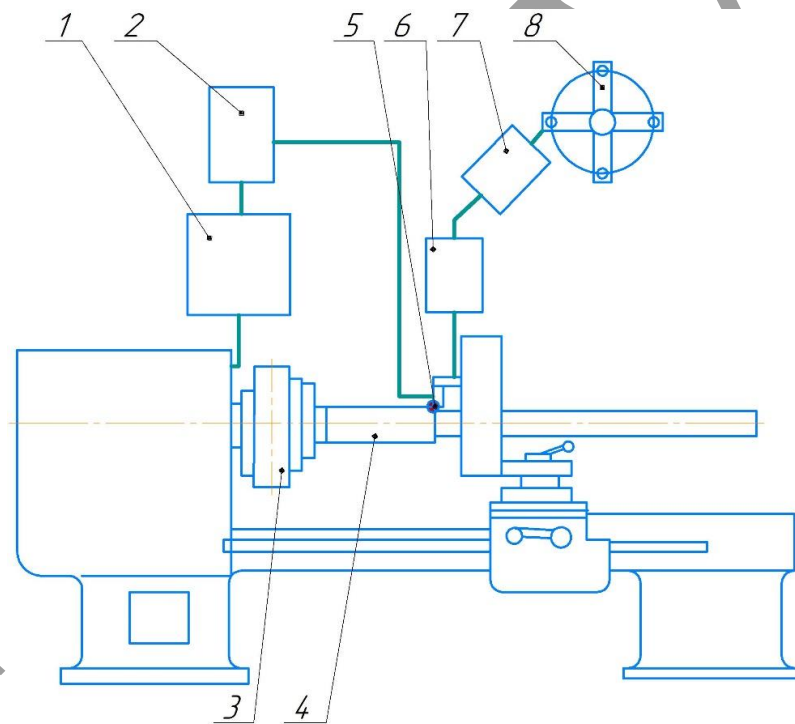


Рисунок 1.5 – Схема установки для наплавлення

1 – апаратний ящик; 2 – зварювальний перетворювач; 3 – патрон токарного верстата; 4 – бурильна труба; 5 – зварна ванна; 6 – дротоподавальний механізм; 7 – очищувач; 8 – касета з дротом

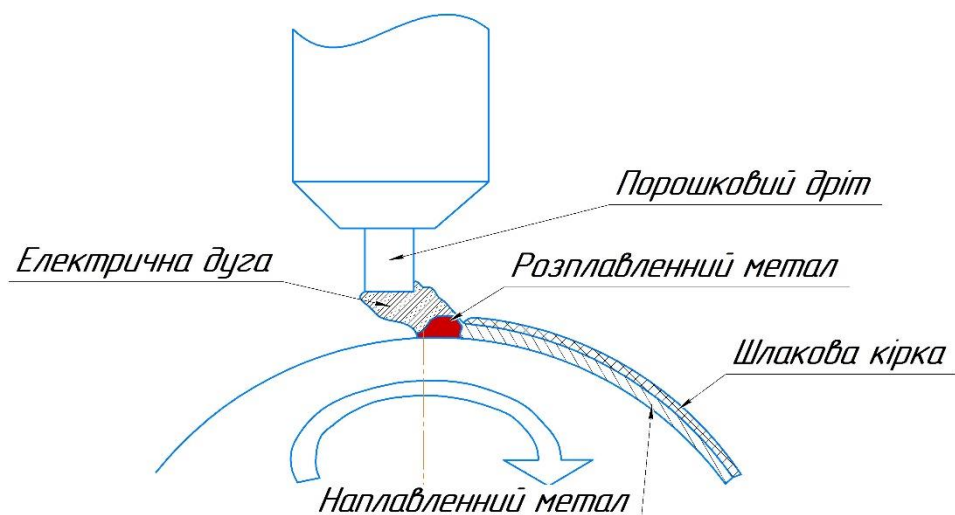


Рисунок 1.6 – Схема утворення наплавленого шару

Є залежність від температурного поля при наплавленні тому велику роль грає товщина наплавлюваного шару металу та кількість цих шарів.

При дослідженні товщина наплавлюваного шару не контролюється, таким чином відновлення труби може проводитися за один прохід (щоб зменшити час, який витрачається на наплавлення). Однак це може призвести до збільшення зони термічного впливу і мікроструктурних змін в основному металі. Враховуючи що таких досліджень як відновлення бурильних труб методом електродугове наплавлення в захисних газах раніше не проводилися, тому таке дослідження є актуальним. Також треба враховувати що при наплавленні шару виникають залишкові внутрішні напруження які підвищують схильність металу до розтріскування. Однак подолання цього недоліку є введення попереднього підігріву. Попередній підігрів являє собою підвищення температури основного металу перед наплавленням до бажаного значення. При цьому може підвищуватися температура всього виробу, або його певної області.

З введенням хромомарганцевої сталі 40ХМФА, що володіє обмеженою зварюваністю завдяки легуванню хромом і марганцем, такий підігрів в процесі відновлювального ремонту став необхідний, проте сама технологія та стандарти по виготовленню бурових труб змін не зазнала і не передбачає попереднього підігріву. Крім капітального ремонту бурових замків методом наплавлення також

передбачає і пере нарізання різьбових з'єднань. В таких умовах замок коротшає з торця на 30-35 мм і добудовується наплавленням потрібної ширини з боку висадженої частини. Таким чином, вступають в силу одночасно кілька факторів:

- різьбова частина в найбільш небезпечному перетині (2-3 виток різьблення) потрапляє в область колишнього тіла замку, що має відмінну від різьбової частини мікроструктуру за рахунок більш високої товщини основного металу тіла замку;

- в результаті добудовування тіла замку може відбуватися одноразове наплавлення великого шару наплавлення (до 12 мм), що призводить до підвищення ширини зони термічного впливу, а також до утворення областей рекристалізації із заниженою твердістю;

- область добудовування наплавлення з кожним новим ремонтом зміщується все ближче до зварного шву, що може привести до його знеміцнення. У зв'язку з цим постає питання оцінки ступеня такого впливу на зону зварного з'єднання.

Висновки

У літературному огляді розглянуті питання щодо відновлення зношених замкових з'єднань бурильних труб наплавленням. За результатами вивчення існуючих методів відновлення, найбільш оптимальним визнаний класичний метод відновлення електродуговим наплавленням під захисними газами. До переваг даного методу можна віднести його низьку собівартість і простоту технічної реалізації. У зв'язку з досить суворими умовами експлуатації, високою вартістю виробів, можливими відхиленнями від технологічного регламенту відновлення, відсутністю повноцінного руйнівного контролю замку після відновлення, питання якісного ремонту замкових з'єднань бурильних труб в частині відновлення геометричних розмірів методом наплавлення залишається актуальним і вимагає проведення відповідних досліджень.

Таким чином, метою цієї роботи є забезпечення необхідного рівня властивостей замкових з'єднань бурильних труб після відновлення електродуговим наплавленням, на основі матеріалознавчих досліджень впливу умов наплавлення на хімічний склад, мікроструктуру і механічні властивості наплавленого шару, прилеглої зони термічного впливу і основного металу.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР МАРКИ СПЛАВУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУРОВОГО ІНСТРУМЕНТУ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Вибір матеріалу

Особливістю роботи бурильних труб є циклічний знакозмінний характер навантаження. У зв'язку з цим матеріал повинен мати великий запас міцності і високу межу витривалості. Для виготовлення бурильних труб застосовується сталь марки 40ХМФА. За даними [5] температура гартування для сталі 40ХМФА становить 860 °С.

При утворенні зерен аустеніту відбувається перетворення з досить високою швидкістю, для забезпечення повного розчинення цементиту в аустеніті і отримання однорідного аустеніту необхідно деякий час підтримувати температуру сталі, яка становить приблизно 860°С.

Для додання сталі необхідних експлуатаційних властивостей, після гарту проводиться високий відпуск. Сталь 40ХМФА відноситься до класу перлітних поліпшувальних легованих конструкційних сталей з обмеженою зварюваністю. Через присутність хрому в складі, для неї характерна відпускна крихкість, усунення якої вимагає швидкого охолодження від температури високого відпуску.

Для виготовлення бурильних труб застосовую сталь марки 40ХМФА хімічний склад наведений в таблиці 2.1 [15].

Таблиця 2.1

Хімічний склад сталі 40ХМФА

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	S	P
0,37-0,44	0,17-0,37	0,4-0,7	0,7-1,1	0,2-0,3	0,1-0,18	≤0,025	≤0,025

Механічні властивості представлено в таблиці 2.2 [15].

Механічні властивості сталі 40ХМФА при $T = 20^{\circ}\text{C}$

Прокат	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	σ_5 , %	Ψ , %	КСУ, кДж/м ²
Пруток	1030	930	13	50	880

2.2. Опис впливу легуючих елементів на властивості сталі

Хром. Хром сприяє одержанню високої і рівномірної твердості сталі.

У фериту хром розчинається дуже гарно, але в аустеніті лише 12,8%. Хром підвищує міцність, твердість, та знижує ударну в'язкість. Він значно підвищує стійкість проти корозії і окиснення, хромисті сталі мають збільшену зносостійкість і жаростійкість [16].

Серед усіх карбідоутворюючих легуючих елементів хром має середню утворюваність карбідів. При співвідношенні $\text{Cr} < \text{C}$ утворюється тільки цементит виду $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}$ але при збільшенні відносного вмісту хрому і вуглецю з'являються такі карбіди хрому як: $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ або $(\text{Cr}, \text{Fe})_{23}\text{C}_6$ або обидва. Хром в сталях підвищує термічну зміцнюваність, і її стійкість до корозії і окислення, також підвищує міцність при високих температурах.

Карбіди хрому є зносостійкими. Хром вважається найважливішим легуючим елементом в сталях. Додавання хрому в сталі спонукає домішки, такі як фосфор, олово, сурма і миш'як переміститися до кордонів зерен, що може призвести до відпускної крихкості.

Молібден. Введення у хромові сталі Мо (0,15 - 0,45 %) підвищує прогартовуваність, знижує поріг холодноламкості до $-20 - 120^{\circ}\text{C}$. Молібден підвищує статичну, динамічну міцність від утомленості сталі.

Вплив молібдену на аустенітні властивості: збільшує точки A_1 і A_3 і зменшує точку A_4 . Переміщує точку S вліво. Зменшує γ -область. Перешкоджає зростанню зерна. Знижує критичну швидкість затвердіння, забезпечуючи дві області найменшої стійкості до аустеніту 350 і 600°C . Знижує мартенситну точку M_n і збільшує кількість залишкового аустеніту.

Молібден має тенденцію до зниження крихкості сталі. Збільшує почервоніння і збільшує схильність сталі до знеуглецювання. Підвищує температуру росту аустенітного зерна.

Молібден легко утворює карбіди в сталі. Він лише злегка розчиняється в цементиті. Молібден утворює карбіди молібдену, коли вміст вуглецю в сталі стає достатньо високим. Молібден забезпечує додаткове термічне зміцнення при відпуску загартованих сталей. Він підвищує опір повзучості низьколегованих сталей при підвищених температурах.

Добавки молібдену сприяють подрібненню зерен сталі, підвищують міцність сталі за рахунок термічної обробки та покращують втомну міцність сталі. Леговані сталі з вмістом молібдену 0,20-0,40% або еквівалентною кількістю ванадію можуть уповільнити виникнення відпускнуї крихкості, але не можуть повністю усунути її. Молібден покращує корозійну стійкість сталі і тому широко використовується у високолегованих феритних нержавіючих сталях і хромонікелевих аустенітних нержавіючих сталях. Високий вміст молібдену знижує сприйнятливність нержавіючої сталі до точкової корозії. Молібден є дуже міцним, твердим розчином для аустенітних сталей, які використовуються при високих температурах.

Вплив вуглецю на властивості сталей

Вуглець є основним зміцнюючим елементом у всіх сталях, крім аустенітних нержавіючих та деяких інших високолегованих сталей. До зміцнюючих ефектів вуглецю відноситься зміцнення за рахунок дисперсного виділення карбідів. Зі збільшенням вмісту вуглецю в сталі збільшується її міцність, але зменшується пластичність і зварюваність.

Вуглець має помірну тенденцію до макросегрегації під час кристалізації. Макросегрегація вуглецю, як правило, більш виражена, ніж всі інші легуючі елементи. Вуглець має сильну тенденцію до сегрегації на дефектах сталі, таких як межі зерен і дислокації. Карбідоутворюючі елементи можуть взаємодіяти з вуглецем і утворювати «леговані» карбіди [17].

Вплив фосфору на властивості сталі

Вбирається при затвердінні сталі, але в менше, ніж вуглець і сірка. Фосфор дуже добре розчиняється в фериті через це і збільшується міцність сталей. При великій кількості фосфору в сталях їх пластичність і ударна в'язкість знижується і тому підвищується схильність до холодноламкості.

Вплив сірки на властивості сталей

У сталях загального призначення допустимий вміст сірки вище 0,03-0,04 %. Спеціальною обробкою рідкої сталі вміст сірки в сталі доводять до 0,005 %.

Сірка не розчиняється в залізі, тому навіть мала кількість сірки утворює з залізом сульфід заліза FeS. Цей сульфід входить до складу евтектики, яка утворюється при 988°C.

Вплив марганцю на властивості сталей

Присутність в сталі марганцю зменшує шкідливість впливу сірки. У розплавленій сталі утворюється реакція створення сульфиду марганцю. Цей сульфід плавиться при 1620°C – це температури значно більші ніж температура гарячої обробки сталі. Сульфіди марганцю дуже пластичні при високих температурах (800-1200°C) і тому легко деформуються.

Вплив ванадію на властивості сталей

Ванадій масовою часткою до 0,2% і більше, з'являється збільшення стійкості сталі проти відпуску. При температурах відпуску вище 400°C сповільнюється різке падіння межі міцності і твердості, а при відпуску близько 550°C з'являється ефект вторинної твердості. За рахунок ванадія ефективність дії стійкості сталі проти відпуску, ванадій перевершує всі інші елементи, в тому числі і молібден.

При веденні в сталь ванадію підвищується міцність сталі, але зменшується пластичність та в'язкість. Слід, взяти до уваги той факт, що властивість, тобто, висока стійкість, ванадієвих сталей виявляється тільки в сталях які уже пройшли відпуск або гартування при високих температурах (950°C і вище), при яких досягається досить повне розчинення ванадію в аустеніті [18].

Ванадієві сталі показують також підвищену короткочасну або тривалу міцність в нагрітому стані.

Однак цей ефект, спричинений в основному, процесами карбідоутворення, та спостерігається тільки в термічно поліпшеному стані і за умови, якщо робоча температура сталі не перевершує 600-650°.

Висновки

Встановлено, що для виготовлення бурильних труб в переважній більшості випадків марка сталі не регламентується, але для досягнення максимальних характеристик буріння було взято методом випробування великої кількості марок сталі лише одну 40ХМФА, яка володіє значною міцністю та має знижену долю відсотку шкідливих домішок таких як сірка та фосфор, за рахунок чого сталь має гарну оброблюваність.

Виявлено, що потрібний набір властивостей може бути найефективніше досягнутий шляхом термічної обробки сталі для отримання в'язкості, твердості та міцної мікроструктури, необхідних для належного функціонування бурильної труби, але після виходу з ладу труби потрібна операція відновлення тому трубу спочатку відпускають, а потім наплавляють та після наплавлення трубу уже не потрібно знову нагрівати оскільки при наплавленні уже була досягнута температура термічної обробки та посилена зовнішня частина шару металу за рахунок легуючих елементів у порошковому дроті.

РОЗДІЛ 3

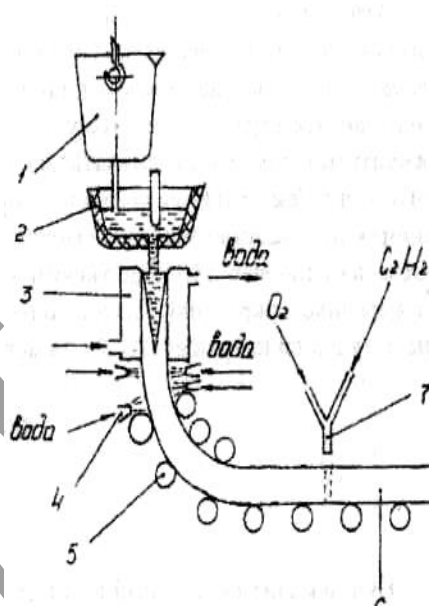
ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУРИЛЬНИХ ТРУБ

Сталеві бурильні труби виготовляють таких конструкцій:

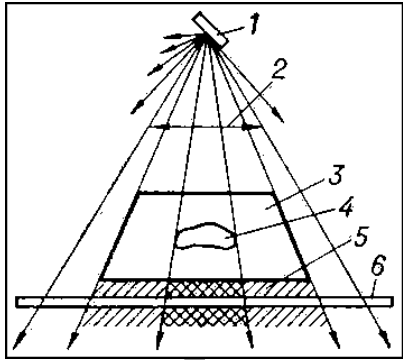
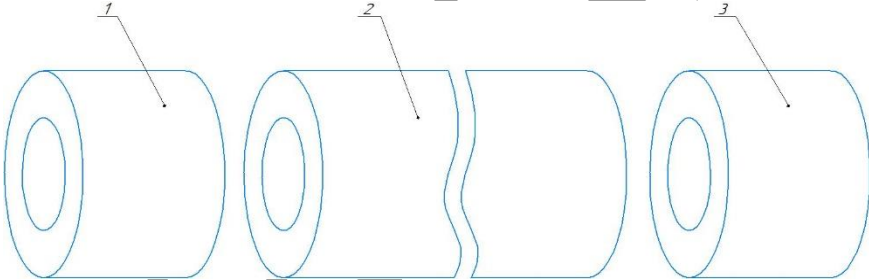
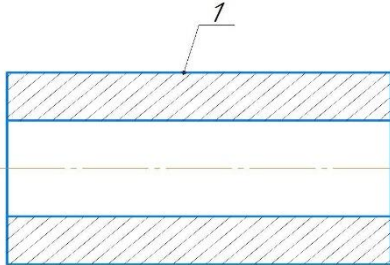
- з висадженими всередину кінцями і накрученими замками по трубній конічній різьбі трикутного профілю - тип 1, труби В [19];
 - з висадженими назовні кінцями і накрученими замками по трубній конічній різьбі трикутного профілю - тип 2, труби Н [19];
 - з висадженими всередину кінцями і конічними стабілізуючими поясками і накрученими замками по трубній конічній різьбі трапецієподібного профілю - тип 3, труби ВК [19];
 - з внутрішньою (труби ПВ), комбінованою всередину і назовні (труби ПК) та зовнішньою (труби ПН) висадкою і привареними по висадці замками [20].
- Виготовлення бурильних труб виконуються відповідно до таблиці 3.1 [19].

Через особливості геологічних будов різних регіонів, можуть бути об'єднані або виключені із загального циклу регіонального геологічного вивчення. Геологорозвідувальні свердловини, мають менші відомості про корисні копалини ґрунту, ніж гірничі видобудки, проте цей метод широко застосовується через менші витрати на матеріальні засоби на 1 м видобутку. Цей метод має дуже велику перевагу над іншими тому, що він дозволяє розвідувати дуже глибокі залягаючі родовища. Для багатьох корисних копалин, буріння - це основний або навіть єдиний засіб видобутку. Геологорозвідувальні свердловини бурять з метою видобутку гірських зразків по всій довжині свердловини або її частини, складання геологорозвідувального розрізу і дослідження складу і властивостей порід. Різні геофізичні дослідження проводяться с метою вивчення фізичних та інших властивостей порід та нового уявлення про глибинні шари ґрунту. Буріння це основний вид розвідки корисних копалин в ґрунті як твердих так і рідких і газоподібних.

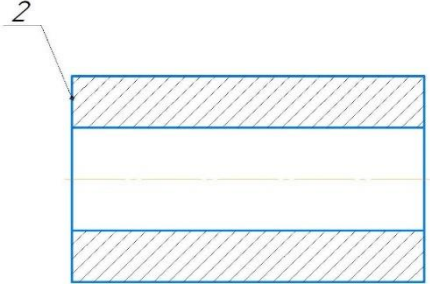
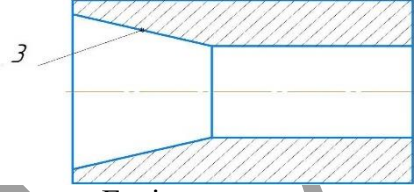
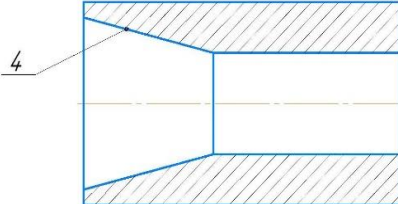
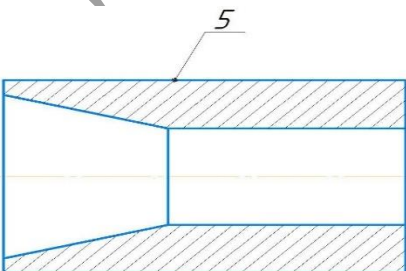
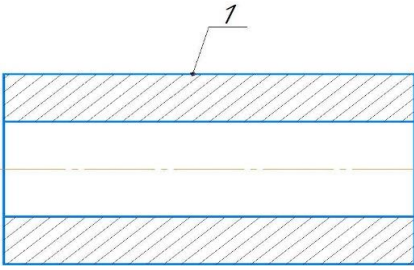
Блок схема виготовлення бурильної труби

Етап технології	№ операції, назва операції	Номер переходу	Тип обладнання, інструмент	Ескіз операції, обладнання
Розливання сталі	1. Безперервне розливання сталі	Зливання сталі у проміжні розливні ємності	Проміжний ківш	 <p>Схема машини безперервного лиття заготовок з радіальним згином зливка: 1 - ковш для розливання сталі; 2 - розливний проміжний пристрій; 3 - кристалізатор; 4 - водня форсунка; 5 - тяговий валок; 6 - частина зливка; 7 - ацетиленокисневий різак.</p>
		Первинне поверхневе охолодження зливку	Виливниця без дна - водоохолоджуваний кристалізатор	
		Вторинне охолодження з обтисканням зливку	Обтискні валки, форсунки з водою	
		Витягування	Витягувальні валки	
		Розрізання зливку на мірні заготівки	Ацетилен-кисневий різак	
		Охолодження та зачищення заготівки	Зачисні абразивні машини	

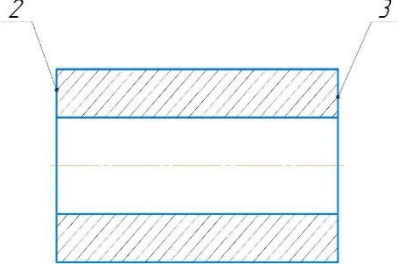
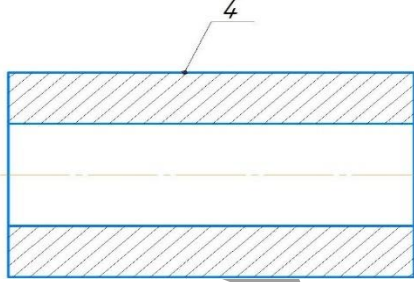
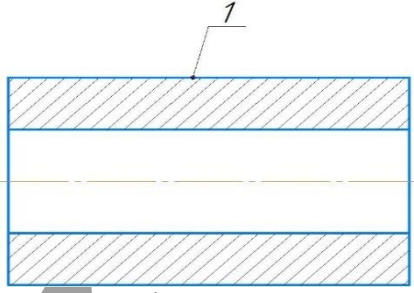
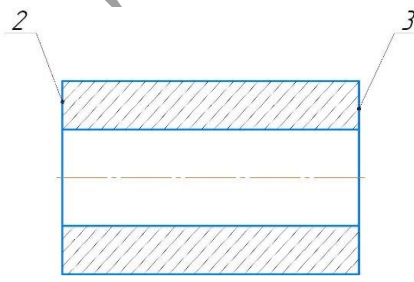
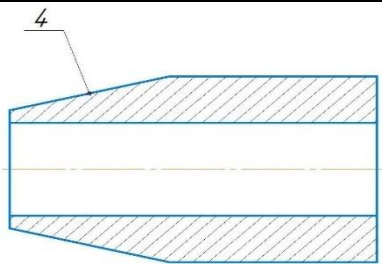
Продовження таблиці 3.1

	Контроль якості	Контроль якості	Твердоміри, дефектоскопи, вимірювальний інструмент	 <p>Схема рентгівського просвічування: 1 – джерело рентгівського випромінювання; 2 – пучок рентгівських променів; 3 – деталь; 4 – внутрішній дефект в деталі; 5 – рентгівське зображення за деталю; 6 – регістратор рентгівського зображення</p>
Виготовлення труби	Токарна	 <p>Заготовки для виготовлення бурильної труби - 1 - ніпельна частина; 2 - основна частина; 3 - муфтова частина</p>		
		Чорнове точіння поверхні 1 першої частини	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець прохідний відігнутий правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>

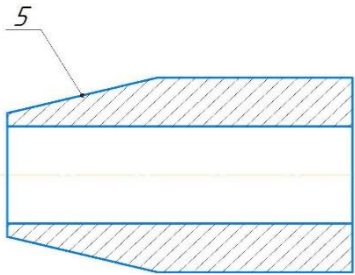
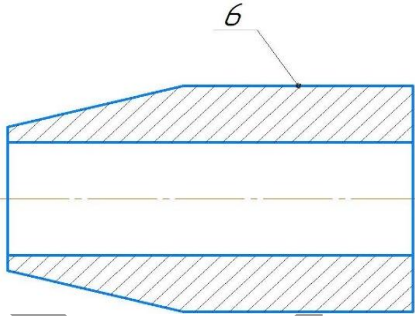
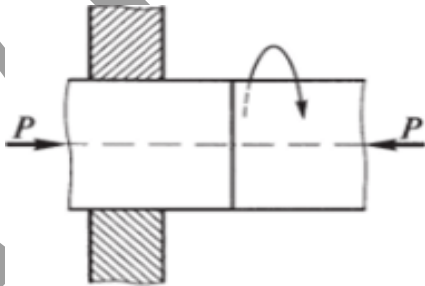
Продовження таблиці 3.1

		Торцювання 2 сторони	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець прохідний відігнутий правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Точіння внутрішньої конусності поверхні 3 для різьблення	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець розточний правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Нарізання конусного різьблення на поверхні 4	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець внутрішньо-різбовий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Чистове точіння зовнішньої поверхні 5 першої частини	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець прохідний відігнутий правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Чорнове точіння поверхні 1 другої частини	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець прохідний відігнутий правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>

Продовження таблиці 3.1

		Торцювання обох сторін 2 і 3	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець прохідний відігнутий правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Чистове точіння поверхні 4 другої частини	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець прохідний відігнутий правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Чорнове точіння поверхні 1 третьої частини	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець прохідний відігнутий правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Торцювання обох сторін 2 і 3	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець прохідний відігнутий правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Точіння зовнішньої поверхні 4 під конусне різьблення	Токарно-гвинторізний станок ДП-300, різець зовнішньорізьбовий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>

Продовження таблиці 3.1

		Нарізання конусного різьблення на поверхні 5	Токарно-гвинторізний станок ДШ-300, різець розточний правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Чистове точіння поверхні 6 третьої частини	Токарно-гвинторізний станок ДШ-300, різець прохідний відігнутий правий з БНП	 <p>Ескіз заготовки</p>
		Зварювання тертям двох заготовок	Токарно-гвинторізний станок ДШ-300	 <p>Ескіз зварювання тертям</p>

Використовують дуже велику кількість різноманітних бурових труб але основним критерієм вибору труб є їх призначення. Для твердосплавного буріння використовується труби великого діаметра з сталі та муфтово-замковим з'єднанням. Ці труби виготовляють з конічним різьбленням. Для зменшення числа витків різьблення застосовують нарізання різьблення на самій трубі або зварювання частин з трубою на яких є різьблення. Також використовують центруючі шийки які забезпечують поперечні та згинальні зусилля при відкручуванні труби та при її роботі [21].

Бурильні труби виготовляють із сталей груп міцності Д, К, Е, Л, М та Р. Механічні властивості цих сталей наведені у таблиці 3.2 [19, 22].

Механічні властивості матеріалів бурильних труб

Параметр	Сталеві бурильні труби						
	Д	К	Е	Л	М	Р	Т
Границя міцності при розтягу σ_B , МПа	637	687	735	784	882	980	1078
Границя міцності при розтягу σ_T , МПа	373	490	539	637	735	882	980
Відносне видовження δ_5 , %	16	12					
Відносне звуження після розриву Ψ , %	40						
Ударна в'язкість KCV, кДж/м ²	392					294	
Модуль пружності при розтягу E, МПа	2,06*10 ⁵						

Висновки

Встановлено, що для виготовлення бурильних труб економічно вигідно виготовляти їх методом безперервного лиття з встановленим стрижнем по центру, за рахунок чого збільшується продуктивність безперервного лиття та зменшуються втрати основного металу через уже створений отвір в середині виробу. Описана технологія виготовлення бурильних труб із сплаву 40ХМФА, що включає операції безперервне лиття сталі, контроль якості виливків, токарні операції підготовки частин труби, зварювання між собою частин труби методом тертя двох заготовок. Для геологорозвідувальних операцій, буріння є основним, якщо не єдиним способом розвідки шарів ґрунту та корисних копалин під ними. Тому розробка технологічних процесів виготовлення та відновлення бурильних труб є на даний момент дуже актуальним. При виготовленні замкових частин труб було встановлено, що ці частини є найбільш вразливими при бурінні глибоких свердловин і мають найбільш різноманітну структуру ґрунту, яка має в своєму складі велику кількість абразивних матеріалів, що в свою чергу дуже швидко зношують замкові частини бурильних труб.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ НАПЛАВЛЕННЯ НА ПОВЕРХНЮ ТРУБИ

4.1. Підготовка поверхні до наплавлення

З метою відновлення бурової труби, поверхню потрібно зачистити від слідів зносу, тріщин та видалити забруднення для якісного наплавлення шару металу [23].

4.2. Технологія наплавлення

Бурильні труби, які працюють зі різними ґрунтами, наплавляють уздовж зношеної поверхні. Великі брили породи будуть контактувати з напавленою поверхнею, та не буде зношуватись основний матеріал [24].

Суть наплавлення в захисних газах полягає в тому, що в зону контакту електричної дуги підводиться газ під тиском та захищає і електричну дугу і розплавлену ванну від зовнішніх окислювачів.

Для створення захисної атмосфери використовують суміш інертних і активних газів.

Найбільше застосування в ремонті труб отримала наплавлення в середовищі сумішей газів, дроту, що плавиться. Використовують порошковий дріт діаметром 1,6 мм і струми відносно великою щільністю. Зона відновлювальної частини та електричної дуги значною мірою охолоджується захисними газами, що надходить з соплового наконечника, через це може падати напруга на одиницю довжини стовпа тому потрібно збільшити напругу в декілька разів в порівнянні з дуговим зварюванням без подачі захисного газу. Крім того, зварювання в суміші газів ведеться короткою дугою. При таких умовах роботи, дуговий розряд повинен мати зростаючу або жорстку характеристики для саморегулювання дуги. Для наплавлення деталей застосовують струм зворотної полярності.

У процесі наплавлення, труба не повинна розігріватися більше ніж на 500 °С. Присутність в металевому шарі $> 0,2\% \text{ Si}$ і $> 0,4\% \text{ Mn}$ перешкоджає утворенню пір. Зазначені елементи повинні міститися в легованому порошковому дроті.

Термічна обробка після наплавлення не використовується, так як властивості сталі, задовольняє замовника по поверхневим якостям. Зварне з'єднання міцніше без термічної обробки [25].

4.3. Виготовлення порошкового дроту марки CORED WIRE SF 350 HB

Виготовлення порошкового дроту проводилося відповідно до операцій, що подані у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Схема виготовлення порошкового дроту

Розділ	Підрозділ	Операції
Підготовка порошкових матеріалів	Дроблення	Розмелювання
		Просівання
		За необхідності пасивація
		Просів
Виготовлення рецепту	Дозування кожного компоненту	
Прокалювання	Прокалювання порошку	
Виготовлення порошкового дроту	Волочіння	
Зварювання	Наплавлення шару металу	
Черна та чистова підготовка поверхні металу	Механічні операції	Шліфування
Дослідження	Вимірювання твердості	
	Спектральний аналіз	
	Макро-, мікроструктура	
	Висновки, відомості	

4.3.1. Попередні операції по виготовленню

4.3.1.1. Дроблення кускових компонентів

Дроблення кускових компонентів проводять на щоківій дробарці.

Щокова дробарка – це дробарка, яка для руйнування матеріалу використовує стиснення між спеціальними плоскими поверхнями, званими щоками. Одна дробить поверхню при цьому нерухома, а дроблення відбувається за рахунок наближення рухомої щоки до нерухомої.

Розмелювання кускових компонентів виробляти в кульових млинах безперервної або періодичної дії. Кульовий млин являє собою пустотілий барабан, закритий завантажувальної та розвантажувальної торцевими кришками, який заповнений розмелювальними кулями і обертається навколо своєї осі. Барабан кульової млини являє собою сталевий порожнистий циліндр, викладений всередині броньовими футеровочними плитами, що оберігають його від ударного і тертьового впливу куль. Футеровки барабанів кульових млинів, що працюють на великому вихідному матеріалі, мають ребра. Для млинів, що працюють на дрібному матеріалі, застосовуються футеровки з дрібними ребрами або зовсім гладкі.

4.3.1.2. Просіювання і контроль гранулометричного складу

Просіювання мармуру, крейди, плавиково-шпатового концентрату, польового шпату необхідно проводити через сітку №02 або №025 відповідно до стандарту [28].

Феросплави просіюють через сітку №02 або №0224 відповідно до таблиці 4.2[28].

Розмелені на ділянці компоненти покриття піддаються операційному контролю па гранулометричний склад відповідно до вимог таблиці 4.2. Контроль гранулометричного складу мармуру, кварцового піску проводять мокрим способом.

Гранулометричний склад матеріалів для виготовлення порошкового дроту
[28, 29]

Матеріал	Розмір сита, мм. Залишок на ситі, %			Просіювання, у % через сито 0,063
	0,45	0,315	0,063	
Мрамур, крейда, плавиково-шпатовий концентрат, польовий шпат	0	< 1	< 39	< 60
Феросиліцій і хром металевий	0	< 2	< 68	< 30
Феротитан	0	< 2	< 58	< 40
Фероніобій, ферованадій, феромолібден	0	< 1	< 39	< 60
Феромарганець і марганець металевий	0	< 1	< 59	< 40

4.3.1.3. Пасивація

Пасивація металів – перехід поверхні металу в неактивний, пасивний стан, пов'язаний з утворенням тонких поверхневих шарів з'єднань, що перешкоджають корозії.

Феросиліцій, феромарганець, феросилікомарганець і марганець металевий перед введенням в шихту повинні бути піддані пасивації.

Пасивування прожарюванням: розмелений і просіяний феросплав насипають на листи шаром не більше 30мм і завантажують в піч для прожарювання:

- феромарганець і марганець металевий при температурі 250-300°C протягом 1 години.

4.3.1.4. Визначення кількості компонентів, які входять в порошковий дріт

Для виготовлення порошкового дроту були використанні матеріали, які вказанні в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Матеріали які входять в порошковий дріт

Матеріал	Кількість, %
Залізний порошок	15-30
Феротитан	5-20
Хром	5-25
Марганець	5-15
Феромолібден	3-12
Феросиліцій	1-10
Графіт	1-5
Мармур	7-20
Плавикий шпат	5-15

Відношення мармуру до плавикого шпату повинно бути 1,0-2,0% тому, були проведені дослідження які показали що відношення мармуру до плавикого шпату 1,0-2,0% мають найпозитивніші показники захисту металу при зварюванні[30]. Встановлено, що плавикий шпат підвищує рідкотекучість шлаку; зміною співвідношення мармур - плавикий шпат можна регулювати коефіцієнти виходу шлаку і шлакоутворення, а також відокремлюваність шлаку.

Відношення мармуру до плавикого шпату визначається за формулою:

$$R = \frac{M}{\Pi}, \% \quad (4.1)$$

де R - відношення мармуру до плавикого шпату, %

M – кількість мармуру в шихті, кг

П – кількість плавикового шпату в шихті, кг

4.3.1.5. Характеристики та властивості компонентів які входять в порошковий дріт

Газоутворюючі компоненти забезпечують газовий захист зони зварювання від повітря. При нагріванні вони розкладаються з виділенням газів, що витісняють повітря. У якості газоутворюючих компонентів зазвичай виступають складові покриття такі як: мінерали (мармур, магнезит) або органічні речовини (борошно, крохмаль, декстрин).

Шлакоутворюючі компоненти забезпечують захист розплавленого металу під час кристалізації від шкідливого впливу повітря. захист розплавленого і кристалізуючого металу від повітря. При розплавленні вони утворюють шлак, який спливає на поверхню зварювальної ванни. Шлакоутворюючі компоненти (кислі окиси SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 ; основні окиси CaO , MnO , MgO) містяться в мармурі, граніті, гематиті, кварцовому піску, рудах, ільменітовому і рутиловому концентраті.

Розкисляючі компоненти дозволяють відновити частину металу, що знаходиться в зварювальної ванні у вигляді оксидів. До них відносяться залізовмісні сполуки — феромарганець, феротитан і феросиліцій.

Стабілізуючі компоненти забезпечують стабільне горіння дуги за рахунок присутності в них елементів з низьким потенціалом іонізації — натрію, калію, кальцію та ін. Останні містяться в мармурі, крейді, польовому шпате, кальцинованій соді, поташі і інших речовинах.

Легуючі компоненти надають металу шва додаткові властивості, наприклад, підвищену міцність, корозійну стійкість і ін. додаються в покриття у вигляді залізовмісних сплавів — ферохрома, феротитана, ферованадія.

Додавання в покриття залізного порошку (до 60% від маси покриття) дозволяє підвищити продуктивність зварювання.

Деякі матеріали покриття виконують кілька функцій. Наприклад, мармур є газоутворюючим, шлакоутворюючим і стабілізуючим мінералом.

4.3.1.6. Прокалювання

Прокалювання порошку проводиться в камерних електричних печах (рис. 4.1). Температура прожарювання для конкретного порошку повинна бути 250-270°C. Температура в печі при завантаженні повинна бути не вище 100°C. Підвищення температури в печі повинен тривати не більше 40 хвилин. Тривалість процесу прокалювання в печі порошку повинна сягати від 2 -3 годин.



Рисунок 4.1 – Камерна піч СНО-4.6.4/12,5

4.3.1.7. Виготовлення порошкового дроту

Волочіння дроту - це процес обробки металу тиском, що характеризується поступовим одноразовим або багаторазовим протягування останнього через спеціальний волочильний інструмент, призначений для поетапного зменшення поперечного перерізу вихідної заготовки (рис.4.2).

Процес волочіння супроводжується не тільки зміною геометричної форми і розмірів заготовки, а й істотними змінами фізико-механічних властивостей і структури оброблюваного металу [31].

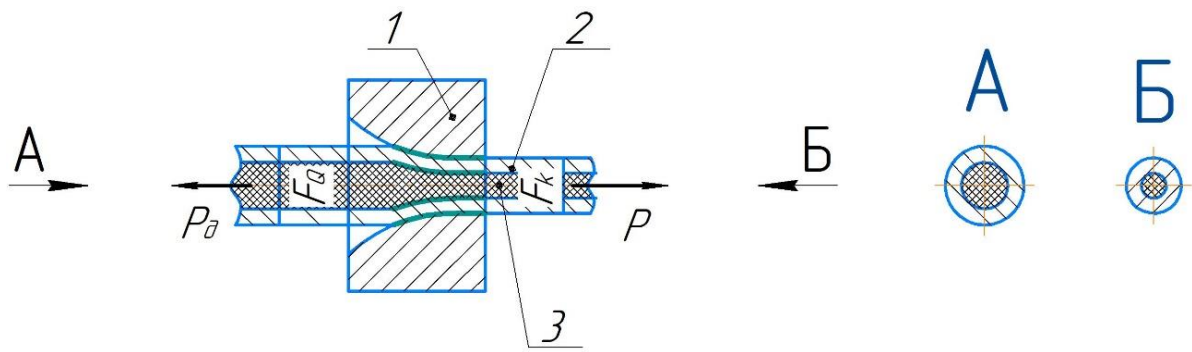


Рисунок 4.2 – Схема волочіння дроту: 1-волока; 2-дріт; 3-порошок; F_0 - площа поперечного перерізу на вході в волоку; F_k -площа поперечного перерізу на виході з ВОЛОКИ

Основний інструмент при волочінні - волоки різної конструкції. Волока працює в складних умовах: велика напрута поєднується зі зносом при протягуванні, тому їх виготовляють з твердих сплавів. Для отримання особливо точних профілів волоки виготовляють з алмазу. Конструкція інструменту представлена на рисунку 4.3.

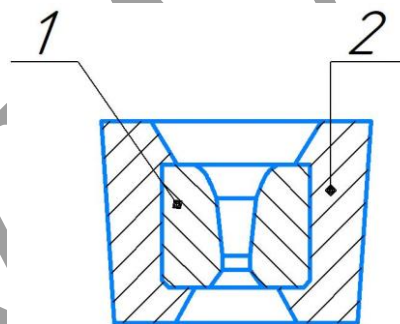


Рисунок 4.3. - Схема інструменту для волочіння дроту:

1 – фільера; 2 – обойма.

Процес волочіння характеризується параметрами: коефіцієнтом витяжки і ступенем деформації.

Коефіцієнт витяжки λ визначається відношенням кінцевої l_1 і початкової l_0 довжини або початкової F_0 і кінцевої F_1 площі поперечного перерізу:

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0} = \frac{F_0}{F_1} \quad (4.2)$$

де λ - коефіцієнт витяжки дроту;

l_0 – початкова довжина дроту;

l_1 – кінцева довжина дроту;

F_0 – початкова площа поперечного перерізу дроту;

F_1 – кінцева площа поперечного перерізу дроту.

Ступінь деформації визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{(F_0 - F_1)}{F_0} \times 100\% \quad (4.3)$$

де ε – ступінь деформації дроту

За один прохід коефіцієнт витяжки λ не перевищує 1,3, а ступінь деформації ε – 30 %.

При необхідності отримати велику величину деформації виробляють багаторазове волочіння.

Зміцнення металу, що виникає внаслідок пластичної деформації при волочінні, називається наклепом, а структура волоченого металу у вигляді витягнутих у напрямку волочіння зерен - текстурою.

При виготовленні порошкового дроту повинен враховуватися коефіцієнт заповнення дроту.

Для перевірки коефіцієнта заповнення порошкового дроту від відібраних касет беруть 2 зразка довжиною 100-150 мм. Зразок зважують на вагах з точністю до 0,01 г, потім розкривають і ретельно очищають оболонку від шихти. Зважують оболонку з точністю до 0,01 г. коефіцієнт заповнення дроту у відсотках визначають за формулою :

$$K_3 = \frac{C_{\text{дп}} - C_{\text{об.}}}{C_{\text{дп}}} \times 100\% \quad (4.4)$$

де $C_{\text{дп}}$ – маса відрізка порошкового дроту;

$C_{\text{об}}$ – маса відрізка оболонки, з якої видалений порошок.

4.3.1.8. Наплавлення

Напівавтомат VarioSynergic5000 (рис.4.4) для дугового наплавлення електродними дротами діаметрами 0,8-2,0мм при постійному та перемінному струмі призначений для виконання широкого кола робіт наплавлення.



Рисунок 4.4 – Напівавтомат VarioSynergic5000

Наплавлення здійснюють на прямій полярності з підключенням «мінуса» на електроди і «плюса» на трубу. Вибраний струм: 200А, 25-27В.

4.3.1.9. Чорнова підготовка поверхні

Операція проводиться для створення поверхні, на якій буде реалізовуватися наплавлення захисного покриття, безпосередньо чорнова підготовка поверхні буде проводитися на токарно-гвинторізний верстат ДІП-300.

4.3.1.10. Чистова підготовка поверхні

Для отримання високоякісної поверхні зразків для подальшого визначення поверхневого твердості та хімічного складу. Для цієї операції було використано площино-шліфувальний верстат 3Л722В (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 – Площино-шліфувальний верстат 3Л722В.

4.3.2 Методика дослідження

Для проведення досліджень в ході виконання роботи було застосоване промислове обладнання виготовлено порошковий дріт по спец. замовленню та установки лабораторних випробувань.

Камерна піч з вентилятором і газощільним корпусом для просушки та прожарювання матеріалів СНО-4.6.4/12,5.(рис.4.1).

Напівавтомат VarioSynergic5000 (рис.4.4) для дугового наплавлення електродними дротами діаметрами 0,8-2,0мм при постійному та перемінному струмі призначення для виконання широкого кола наплавлюваних робіт.

Наплавлення здійснюють на прямій полярності з підключенням «мінуса» на електроди і «плюса» на трубу. Вибраний струм: 200А, 25-27В.

Твердоміри: ТШ-2 для визначення твердості по шкалі Бринеля (рис. 4.7), та NOVOTEST ТС-Р для вимірювання твердості по шкалі Роквела (рис. 4.6).

Металографічний, аналіз отриманих покриттів проводили за стандартними методиками з використанням оптичного мікроскопа «МИМ-7».

Спектральний аналіз хімічного складу наплавленого металу проводилися на приладі спектрометр “SPECTROLAB”(рис. 4.9).

4.3.2.1. Вимірювання твердості

Вимірювання твердості приладом Роквелла проводиться шляхом вдавлювання в досліджуваний зразок алмазного конуса з кутом 120° . Принципова схема твердоміра представлена на рис.4.7 [32].

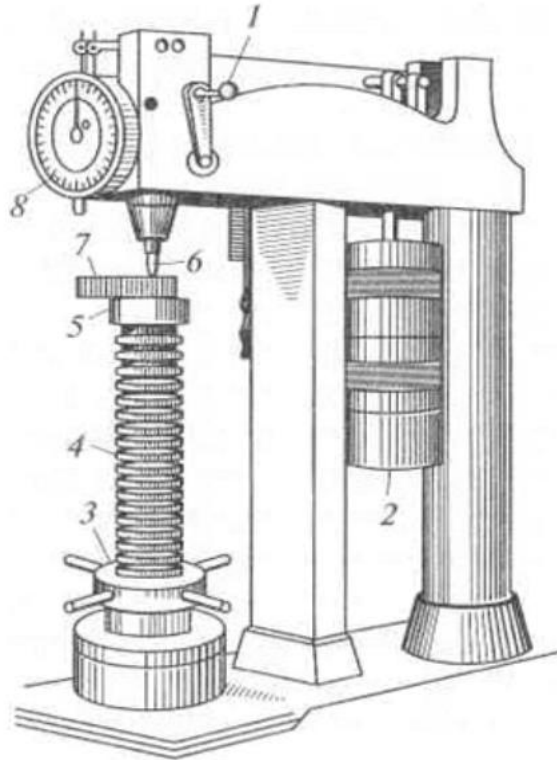


Рисунок 4.6 – Схематичне зображення приладу типу Роквелла для вимірювання твердості. 1 – руків'я для вивільнення вантажу; 2 – вантаж; 3 – маховик; 4 – підйомний гвинт; 5 – столик; 6 – наконечник приладу; 7 – досліджуваний матеріал; 8 – шкала-індикатор.

Вимірювання твердості за Бринелем проводять шляхом втискування у досліджуваний матеріал сталюї кульки певного діаметра під дією заданого навантаження впродовж певного часу [33].

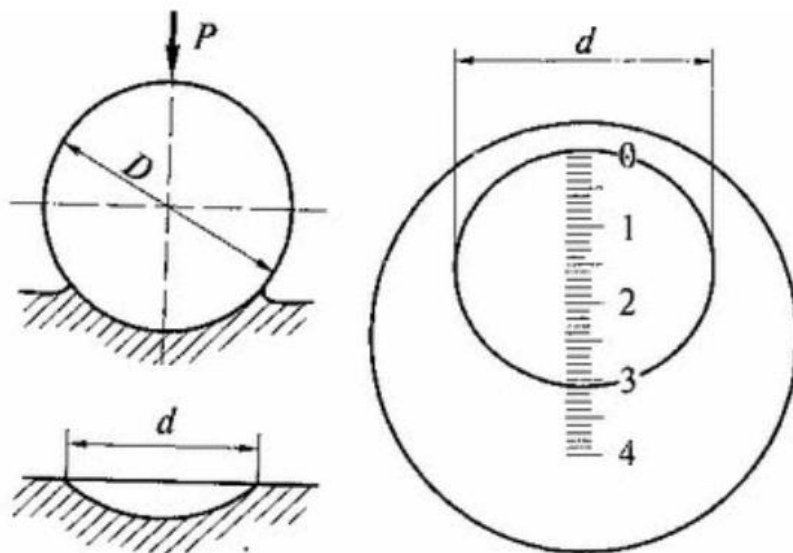


Рисунок.4.7. Схема вимірювання твердості за Бринелем та визначення діаметра відбитка за допомогою лупи Бринеля.

Таблиця 4.4

Твердість наплавленого порошкового дроту

Твердість	
НВ	HRC
326	32.1

Визначення твердості за методом Бринеля

Твердість					
По Бринелю D=10мм, P=3000кг					
Діаметр відбитку в мм	Число твердості НВ	Діаметр відбитку в мм	Число твердості НВ	Діаметр відбитку в мм	Число твердості НВ
3,1	388	3,28	345	3,46	309
3,12	383	3,3	341	3,48	306
3,14	378	3,32	337	3,5	302
3,16	373	3,34	333	3,52	298
3,18	368	3,36	329	3,54	295
3,2	363	3,38	325	3,56	292
3,22	359	3,4	321	3,58	288
3,24	354	3,42	317	3,6	285
3,26	350	3,44	313	3,62	282

4.3.2.2. Металографічний аналіз

Для оцінки якості наплавленого матеріалу проводимо металографічний аналіз на мікроскопі «МІМ-7» (рис. 4.8).



Рисунок 4.8 – Зовнішній вигляд мікроскопа «МІМ-7»

4.3.2.3. Спектральний аналіз

Спектральний аналіз проводили на спектрометрі «SPECTROLAB» M11 (рис.4.9).



Рисунок 4.9 – Спектрометр “SPECTROLAB” M11

Зробити як найменш два паралельних випала зразка. Перед кожним випалом потрібно пересувати поверхню зразка на нове місце так, щоб випалені плями не перекривали один одного.

Виходячи з хімічного складу, що показано в таблиці 4.6 ми бачимо, що кількість вуглецю та кількість хрому в наплавленому шарі металу призводить до появи карбідів, що в свою чергу надають сталі додаткових властивостей, а саме головне додають сталі твердості, що ми бачимо в результатах вимірювання твердості які показані в таблиці 4.4.

Таблиця 4.6

Хімічний склад порошкового дроту

C	Si	Mn	Cr	Ti	Mo	S	P
0,15	0,28	1,46	1,22	0,16	0,5	0,012	0,012

Висновки

Описана методика підготовки поверхні зразків та наплавлених матеріалів при наплавочних роботах. Показано, що наплавлення необхідно виконувати порошковим дротом та гранулометричним складом порошку діаметром порошку не більше 2,0мм.

Вибрано оптимальне значення сили струму та напруги для наплавлення та забезпечив мінімізацію розбризкування металу чим збільшив відсоток наплавлення без втрати механічних властивостей наплавленого металу.

Розглянуті методи волочіння, які супроводжується не тільки зміною геометричної форми і розмірів дроту, а й істотними змінами фізико-механічних властивостей і структури оброблюваного металу.

Розглянуті методи контролю наплавленого матеріалу — макро- та мікроаналіз, визначення хімічного складу, випробування на твердість. Описано методику випробувань на твердість та вимірювання хімічного складу матеріалу. Запропонований оптимальний склад порошкового дроту для наплавлення.

За результатами досліджень впливу товщини наплавленого шару на комплексні фізико-механічні властивості встановлено, що товщина наплавного шару становить 2-3 мм, що не призведе до перегріву металу під час наплавлення та змін в мікроструктурі металу. Три шари безперервного наплавлення 2-3 мм дозволяють якісно відновити виріб з'єднання бурильної труби.

Обрано основне обладнання та установки для проведення лабораторних випробувань.

РОЗДІЛ 5

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження якості наплавленого шару виготовляли зразки зі сталі 40ХМФА після наплавлення дротом марки CORED WIRE SF 350 НВ. Зразки для дослідження представлені на рис. 5.1 – 5.2.



Рисунок 5.1 – Зразок з трьома шарами наплавлення



Рисунок 5.2 – Зразок з двома шарами наплавлення

Після наплавлення визначали загальну поверхневу твердість наплавленого металу за методом Брінеля та Роквела. Отримано твердість 326 НВ та 32,1 НРС. Протокол випробувань представлений у ДОДАТКУ Б.

Для визначення загального хімічного аналізу наплавленого матеріалу проводили спектральний аналіз. Показано, що поверхневий шар містить передбачувану кількість вуглецю, хрому та молібдену, а саме $C = 0,15\%$, $Cr = 1,22\%$, $Mo = 0,5\%$, які в свою чергу надають підвищену твердість металу, що задовольняє вимогам. Протокол випробувань поданий у ДОДАТКУ В.

Для оцінки якості наплавленого матеріалу проводили металографічний аналіз. Протокол випробувань поданий у ДОДАТКУ Г.

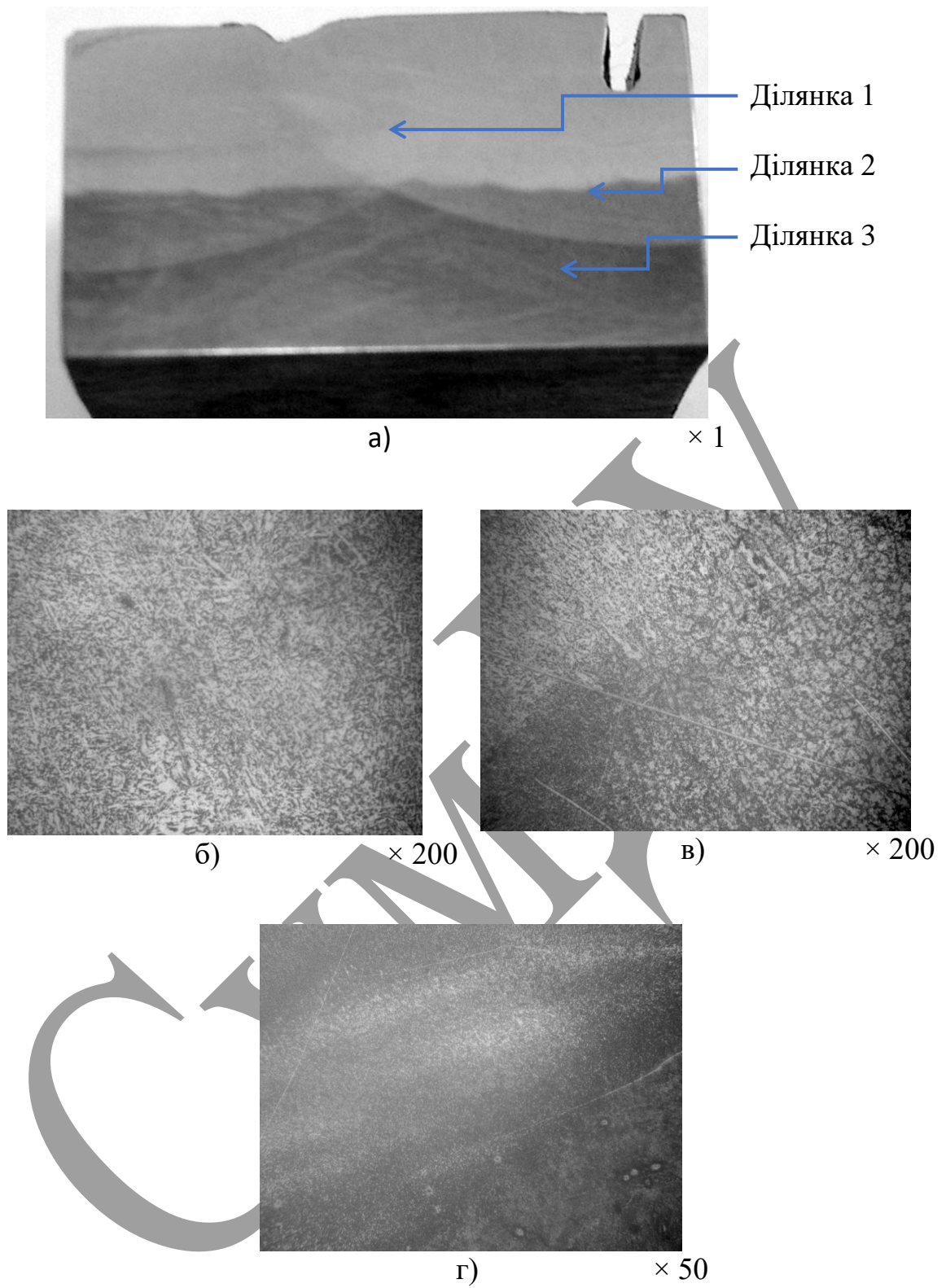


Рисунок 5.3 – Мікроструктури ділянок зразка:

а) – зовнішній вигляд зразка; б) – ділянка 1; в) – ділянка 2; г) – ділянка 3

Мікроструктурний аналіз зварного з'єднання показав, що основний метал має ферито-перлітну структуру з невеликою строкатістю (рис. 5.3 г). Перший шов має дрібнозернисту структуру перекристалізованого металу. До зони шва примикає зона перегріву з великою неорієнтованою структурою. Для інших зварних з'єднань мікроструктура аналогічна.

Мікроструктурний аналіз

З отриманих результатів мікроструктурного аналізу наплавленого металу можна виділити чотири структурні зони а саме:

- основний метал;
- зона термічного впливу;
- дифузійна зона;
- наплавлений метал.

Для основного металу була використана трубчаста сталь, яка має типову ферито-перлітну структуру з невеликою строкатістю з низькими механічними властивостями. Такі сталі менш стійкі до сульфідного розтріскування, ніж модифіковані, при тій же межі плинності [33].

Ця структура є результатом дендритної неоднорідності вихідного зливка. Під час виливки дендрити, які спочатку були неорганізованими або перпендикулярними до поверхні зливка, поступово змінюють свою орієнтацію, змінюючи свої основні осі так, щоб вони були паралельні напрямку прокатки. Наявність смугастої структури призводить до сильної анізотропії властивостей, тобто відмінності властивостей зразків, розрізаних уздовж і поперек валку. Анізотропія властивостей металу може призвести до передчасного виходу виробу з ладу.[34]

Наплавлений шар характеризується неоднорідною феритно-перлітною структурою з доменами сорбіту (рис. 5.3 б). Розмір зерна 7-8 балів [35]. Для точкових оксидів максимальне забруднення металів неметалевими включеннями не перевищує 1 бала, а неметалевих включень в інших конфігураціях не існує. Структурної різноманітності немає.

Для сталей з феритно-перлітною структурою за загальноприйнятих умов зварювання характерна тенденція до ослаблення та зниження стійкості до крихкого руйнування в зоні термічного впливу зварного з'єднання.

Матеріал ЗТВ (зони термічного впливу) неоднорідний. У міру віддалення від наплавлення спостерігається поступова зміна мікроструктури з фериту на ферито-перлітну, що свідчить про нерівномірний тепловідвід в процесі наплавлення. Розмір зерна 7-8 балів [35]. Максимальна забрудненість металу неметалевими включеннями 1 бал за точковими оксидами, неметалеві включення іншої конфігурації відсутні. Структурна рядковість відсутня.

При порошковому наплавленні структура і властивості зони сплаву неоднорідні (рис.5.3 в). Область сплаву складається з кристалічного шару КШ, прилеглого до межі розділу підкладка / наплавлений сплав, кристалічного шару з металу шва та дифузійного шару ДШ, прилеглого до підкладки.

Поблизу зони сплаву структура металу (рис. 5.3 в) характеризується зменшенням розміру карбідів хрому та зменшенням евтектичного міжплощинного інтервалу, що можна пояснити більш високою швидкістю кристалізації металу на дні зварювальної ванни через тепловідведення в підкладку порівняно з металом в середній частині ванни.

Дослідження широтних характеристик зварних з'єднань показує, що найслабшою ланкою проти крихкого руйнування є зона зварного шва, а опір росту тріщин, особливо в зоні негативної температури, знаходиться на низькому рівні.

При дослідженні ділянки 1 на (рис.5.3) було виявлено, що наплавлений метал має схожу структуру, як і основний метал, а саме ферито-перлітну структуру з невеликою строкатістю.

Мікроструктура наплавленого сплаву характеризується неоднорідною феритно-перлітною структурою з доменами сорбіту (рис. 5.3 ділянка 1). Розмір частинок 7-8 балів [35]. Для точкових оксидів максимальне забруднення металів неметалевими включеннями не перевищує 1 бала, а неметалевих включень в інших конфігураціях не існує. Структурної різноманітності немає.

Сталі з феритно-перлітною структурою характеризуються відносно високим ступенем зміцнення при зварюванні. З метою зменшення ступеня розм'якшення та довжини секції розм'якшення ефективно підвищувати швидкість охолодження металу за рахунок зниження робочої енергії. Однак ступінь розм'якшення залишається значною навіть при мінімальній робочій енергії. [36].

При швидкості охолодження нижче $1^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ утворюється феритно-перлітна структура, яка не має тенденції до відпускнуї крихкості; збільшення швидкості охолодження приблизно до $10^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ призводить до зменшення частки фериту, утворюється бейніт і різко зростає крихкість; нарешті, при швидкості охолодження понад $10 - 20^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ ступінь розпаду залишається незмінною, коли структура стає майже повністю бейнітною. Однак навіть всередині конструкції чутливість сталі до крихкості відпуску може залежати від рівня міцності [36].

За рахунок введення в сталь вуглецю вона набуває твердості бо виділяється карбід вуглецю, але зменшується пластичність сталі та ускладнюється з'єднання методом зварювання тому в сталі і порошковому дроті виведено середній вміст вуглецю щоб досягнути підвищену зварюваність для наплавлення поверхневого шару металу[37]. Відсоток кремнію, марганцю, титану в порошковому дроті надає підвищену розкисленість в розплавленій ванні металу та виводить з неї в шлак шкідливі включення такі як сірка, водень, фосфор, та інші [38].

Збільшення вуглецю (нормованого стану) у феритно-перлітовій структурі призводить до підвищення порогів міцності та холодноламкості [37].

Висновки

За результатами досліджень, проведеними у роботі, визначено, що наплавлений сплав має не значну збільшену твердість від основного металу, а саме 326 НВ, чим було досягнуто схожість металу по твердості за рахунок введення в наплавлений метал вуглецю та хрому.

В ході проведення досліджень по хімічному аналізу було досягнуто наплавлений шар металу з хімічним складом основного сплаву, вуглецю (С) = 0,15%, хрому (Cr) = 1,22%, та молібдену (Mo) = 0,5%, що в свою чергу надало наплавленому металу підвищеної твердості та запланованому хімічному складу поверхневого шару металу.

По результатам металографічних досліджень було виявлено зони змінення мікроструктури металу при наплавленні, а саме основний метал; зона термічного впливу; дифузійна зона; наплавлений метал, що в свою чергу надає можливість виявлення та передчасне запобігання недоліків в кожній зоні металу.

Було виявлено в зоні термічного впливу змінення мікроструктури, що свідчить про нерівномірний тепловідвід в процесі наплавлення. В зоні сплаву структура неоднорідна за рахунок перемішування основного металу з наплавленим металом, що в свою чергу призводить до зменшенню карбідів хрому та зменшенням евтектичного міжплощинного інтервалу. Пояснюється це тим, що збільшується швидкість кристалізації металу на дні зварювальної ванни через тепловідведення в підкладку порівняно з металом в середній частині ванни.

Отримані результати металографічних досліджень наплавленого шару згідно запропонованої технології відновлення, визначено ферито-перлитну структуру металу яка має схожість структури наплавленого металу та основного металу. Показано, що в результаті наплавлення формуються якісні покриття, і мають невелику кількість пор.

ВИСНОВКИ

1. В роботі розглянуті питання щодо визначення умов роботи виробу – бурильна труба бурової колони, вимог до матеріалу для виготовлення деталі. Розглянуті методи поверхневого наплавлення бурильних труб для відновлення зношених частин труби. Бурильні труби працюють в жорстких умовах абразивного зносу та умовах теплового тертя об ґрунт. Саме тому є так важливим для їх постійних робочих характеристик висока міцність та середня абразивна стійкість поверхні.

2. Встановлено, що в умовах роботи бурильних труб основною вразливою частиною є замкові з'єднання, а саме муфтова та ніпельна частини. Одним із перспективних і економічних способів відновлення труб є наплавлення. Як показав аналіз літературних джерел, наплавлення електродами є не сучасним та економічно-невигідним методом. В роботі запропонований новий метод відновлення труб шляхом наплавлення порошковим дротом в захисних газах.

3. Вирішено питання підвищення довговічності і можливості повторного циклу роботи бурильних труб зі сталі 40ХМФА методом електродугового наплавлення в захисних газах. Описана методика підготовки поверхні зразків та наплавлених матеріалів при наплавочних роботах.

4. Встановлено, що для виготовлення бурильних труб економічно вигідно виготовляти їх методом безперервного лиття з встановленим стрижнем по центру, за рахунок чого збільшується продуктивність безперервного лиття та зменшуються втрати основного металу через уже створений отвір в середині виробу. Описана технологія виготовлення бурильних труб із сплаву 40ХМФА, що включає операції безперервне лиття сталі, контроль якості виливків, токарні операції підготовки частин труби, зварювання між собою частин труби методом тертя двох заготовок.

5. Описана методика підготовки поверхні зразків та матеріалів при наплавочних роботах. Показано, що наплавлення необхідно виконувати порошковим дротом та гранулометричним складом порошку діаметром порошку

не більше 2,0мм. Розглянуті методи контролю наплавленого матеріалу – макро- та мікроаналіз, визначення хімічного складу, випробування на твердість. Описано методику випробувань на твердість та вимірювання хімічного складу матеріалу. Запропоновано оптимальний за складом оптимальний склад порошкового дроту за складом.

6. Результати вимірювання твердості показали, що наплавлений метал має не значно збільшену твердість від основного металу, а саме 326 НВ. Проведені дослідження хімічного складу наплавленого шару методом спектрального аналізу показали, що його склад – вуглецю (C) = 0,15%, хрому (Cr) = 1,22%, та молібдену (Mo) = 0,5%, що відповідає очікуваним результатам.

7. По результатам металографічних досліджень було виявлено зони змінення мікроструктури металу при наплавленні, а саме, основний метал; зона термічного впливу; дифузійна зона; наплавлений метал. В зоні термічного впливу спостерігається змінення мікроструктури, що свідчить про нерівномірний тепловідвід в процесі наплавлення. В зоні сплаву структура неоднорідна за рахунок перемішування основного металу з наплавленим металом. Показано, що в результаті наплавлення формуються якісні покриття, і мають невелику кількість пор.

8. В роботі представлені рекомендації щодо впровадження запропонованої технології на підприємстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ 632-80 Трубы обсадные и муфты к ним. // Москва. – 1985. – С. 69.
2. ГОСТ 27834-95 Замки приварные для бурильных труб. Технические условия. – МСК.: Стандартиформ, 2008. – 11с.
3. ГОСТ 50278-92 Трубы бурильные с приваренными замками. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2010. – 13с.
4. ГОСТ Р 54383 Трубы стальные бурильные для нефтяной и газовой промышленности. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2013. – 72с.
5. ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2008. – 40с.
6. Серeda, Н. Г. Бурение нефтяных и газовых скважин / Н. Г. Серeda, Е. М. Соловьев. – М.: Недра, 1974. – 456с.
7. Коржик Н. Ф. Основные закономерности трения и изнашивания элементов бурильной колонны в скважине / Н. Ф. Коржик, Я. В. Коржик, А. Р. Косив. – ИФИНГ – Ивано-Франковск, 1989. – 17 с. – Деп. В УкрНИИТИ 18.05.89, № 1283-Ук.89.
8. Афтанділянца Є. Г. Зварювання металів і сплавів./ Афтанділянца Є. Г., Зазимко О. В., Похиленко Г. М. // Київ НУБіП. – 2020. – №622. – С. 89.
9. Хасуи А., Наплавка и напыление / Пер. с яп. Х12 В.Н. Попова; под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестёркина. – М.: Машиностроение, 1985. – 240с.
10. Якушин Б. Ф. Влияние режима сварки на высокотемпературную деформацию металла шва. / Б. Ф. Якушин, Д. М. Чернавский // Сварочное производство, 1975. – №6. С.9-11.
11. Александров А. Г. Эксплуатация сварочного оборудования / А. Г. Александров, И. И. Заруба, И. В. Пеньковский. – Киев.: Будивэльнык, 1992. – 212с.
12. Ковтунов А. И. Расчет доли участия основного металла в металле шва при наплавке в CO₂ / А. И. Ковтунов, В. П. Сидоров, М. Н. Бородин //

Современные проблемы повышения эффективности сварочного производства. Тольятти: ТГУ, 2006. Ч. 1. С.124–128.

13. Ковтунов А. И. Технологические меры борьбы с пористостью сварного шва при ремонте резервуаров и трубопроводов в производственных условиях / А. И. Ковтунов, А. А. Пудовкин, А. М. Масляев, Н. Г. Пудовкина // Сборник материалов III Международной научно–практической конференции. Чебоксары, 2017. – С.271–273.

14. Завалинич Д. А. Анализ применения современных электродов отечественного и импортного производства при капитальном ремонте магистральных нефтепроводов / Д. А. Завалинич, О. И. Стеклов, О. В. Дзюба // Сварочное Производство. – 2007. – №4 (869). – С. 32–39.

15. Сталь конструкційна 40ХМФА [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа до ресурсу: https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40XMFA.

16. Нов Глава 6.4. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства сталей [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа до ресурсу: <https://ukrintech.com.ua/materialovedenie-metalloobrabotka/107-glava-6-stali/278-glava-6-4-vliyanie-legiruyushchikh-elementov-na-strukturu-i-svoystva-stalej>.

17. Легирование стали [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа до ресурсу: <https://steel-guide.info/klassifikaciya/legirovannye-stali/legirovanie-stali-vliyanie-ugleroda-marganca-i-kremniya.html>.

18. Влияние ванадия на свойства стали [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа до ресурсу: <https://steelfactoryrus.com/vliyanie-vanadiya-na-svoystva-stali/>.

19. ГОСТ 631-75 Трубы бурильные с высаженными концами и муфты к ним. // М. – 1977. – №4589. – С. 29.

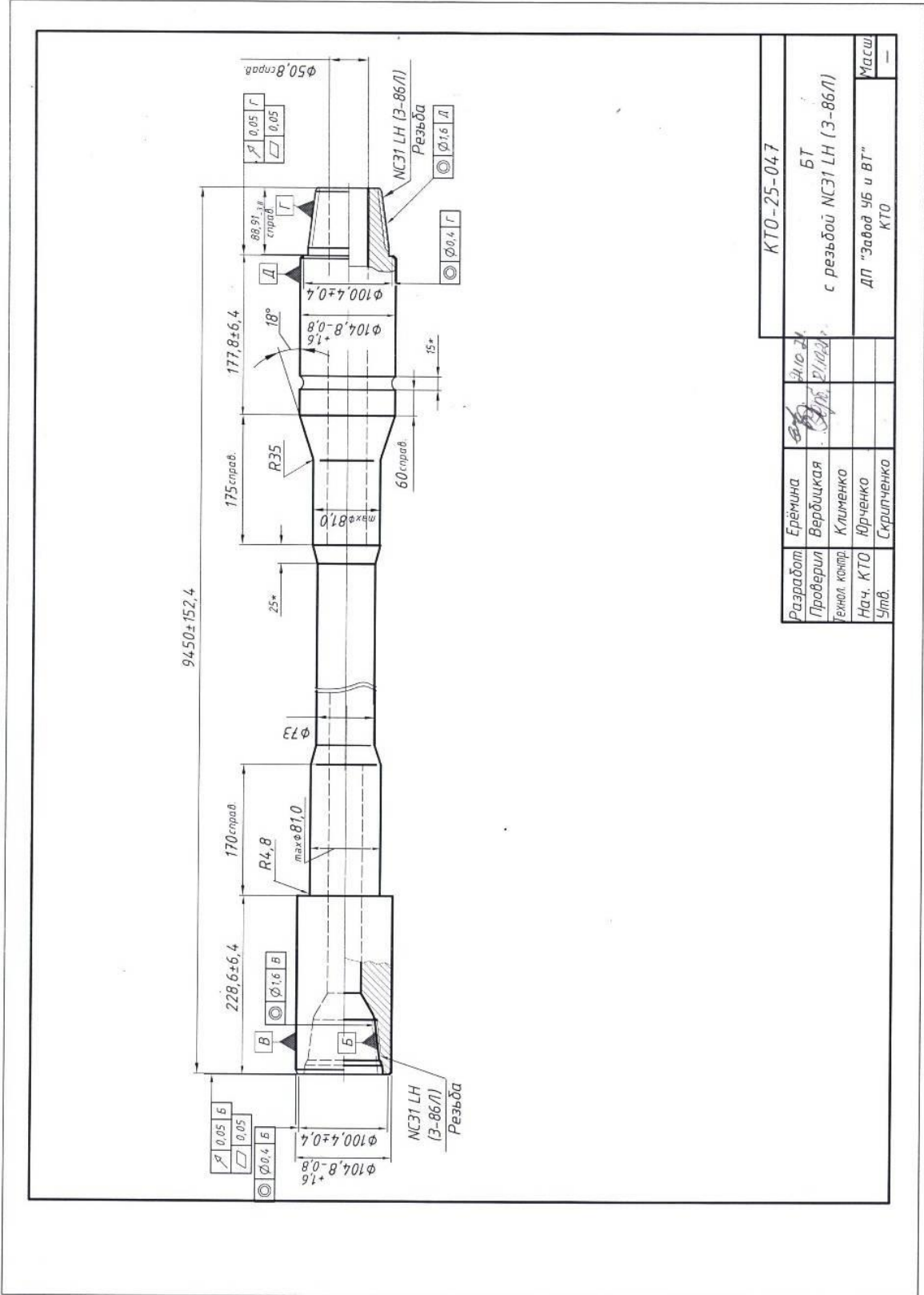
20. ГОСТ Р 50278-92 Трубы бурильные с приваренными замками. // М. – 92. – №4588. – С. 30.

21. Мислюк М. А. Буріння свердловин / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2002. – 380 с. – (1).

22. РД 39-013-90 Инструкция по эксплуатации бурильных труб. // М. – 1990. – С. 29.
23. Сердитов А.Е. Рациональные хладно- и износостойкие стали для горнодобывающей техники и технология их производства : автореф дис. На соискание уч. Степени канд. Техн. Наук. Санкт-Петербург, 2007. 20с.
24. ГОСТ 10051-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. – М.: ИПК изд-востандартов, 2004, с 35.
25. Власов В. И. Литая высокомарганцовистая сталь / Власов В. И., Комолова Е. Ф. / Г13Л – М.: МАШГИЗ, 1963. – 196 с.
26. ГОСТ 6613-86 Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. – УССР.: - 1986. – с 27.
27. ГОСТ 3826-82 Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. – СССР.: - 1982. – с 29.
28. Ворновицкий И. М. Некоторые особенности образования пор при сварке неповоротных стыков труб и способы их предупреждения / И. М. Ворновицкий, Л. Л. Землянська. // Энергетическое строительство. – 1970. – №7.
29. ТИ №СЭ-01.00.01-2016 Изготовление покрытых металлических электродов для ручной дуговой сварки. - ООО «Сумы-Электрод».: - 2016. - с 55.
30. О. М.Дубовий Інженерне матеріалознавство / О. М.Дубовий, Ю. О. Казимиренко, Н. Ю. Лебедева, С. М. Сахомін. – Миколаїв: НУК, 2009. – 444 с.
31. Вимірювання твердості методом Роквелла [Електронний ресурс] // НУК. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: http://www.budarch.chnu.edu.ua/res//budarch/Labs/Lab2/material_science.pdf.
32. Кошелева Н.Н. Применение термически упрочненных низколегированных сталей. – М, Недра, 1977. – 289 с.
33. Зайнуллин Р.С. Ресурс элементов трубопроводных систем. – Уфа, 2005. – 835 с.

34. Пугачева Т. М. Исследование замка буровой трубы после ремонта с предварительным подогревом и наплавкой / Т. М. Пугачева, А. А. Кошечева, К. И. Кошечев. – 2017. – С. 4.
35. ГОСТ 8233-56 Сталь эталоны микроструктуры. – 1956. – с 21.
36. Материалознаводство [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа до ресурсу: <http://mtom.iff.kpi.ua/images/books/Materials%20Aftodilyanec.pdf>.
37. Влияние хрома на свойства стали [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://stankotec.ru/raznoe-2/vliyanie-hroma-na-svoystva-stali-vliyanie-hroma-na-strukturu-i-svoystva-stali.html#i-22>.
38. Афтанділянц Є.Г. Материалознаводство/ Є.Г. Афтанділянц, О.В. Зазимко, К.Г. Лопатько. – Київ, 2013. – 612 с.
39. Speich G.R. //Trans. AIME. 1962. V. 224. № 4. P. 850-858.

Додаток А



КТО-25-047	
Разработ	Ерёмина
Проверил	Вердичкая
Техн. контр.	Клименко
Нач. КТО	Юрченко
Утв.	Скрипченко
Знач. П/И/С	Знач. П/И/С
БТ с резьбой НСЭ1 LH (3-86/Л)	
ДП "Завод УБ и ВТ" КТО	
Удостоверен	—

Додаток Б

О «СМНПО-Инжиниринг»
ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЗАВОДСКАЯ
ЛАБОРАТОРИЯ

ПРОТОКОЛ

Ш. 355-68

ИСПЫТАНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

ГРУППА ПРОЧНОСТИ

25 сверла 20 24 Т.

Заказчик ОК "Сурь-Технол" Заказ № _____

Материал Ст 3 S=14 мм Плавка Н К 7

Наименование деталей, позиция Напильнички метал
71-мм ППН-40ХМ ф 22 мм

№ образцов	Диаметр или толщина	Расчетная длина	Предел текучести, кгс/мм ² (МПа)	Предел прочности разрыва, изгиба, кгс/мм ² (МПа)	Удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость, кгс/см ²	Тип образца	Температура испытания	Твердость	Заключение ОКК
730	<u>Твердость</u>										
			<u>31,5; 32; 32,5</u>	<u>320; 320</u>		<u>38,5</u>	<u>НКС</u>				
		<u>321 ÷ 331 НВ</u>									

Ведущий инженер-лаборант Дудайкина Испытание проводил Радвак
Заключение ЦЗЛ Твердость замерено по мет 9012-59 мет 9013-53
Заключение ОКК _____

« _____ » 20 _____ г.

Додаток В

Ш.355-26

Протокол испытания металлов

Заказчик ОК, Суми - Энердж
 Заказ №
 Материал ППН - 40xMФ 2,2 мм
 Название детали Титановый
металл М-рам

ПАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе»
 Центральная заводская лаборатория
 Спектральная группа 20x2 г.
 № 69

№ образцов	№ плавков	Химический анализ												
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Fe	Ti			
280	партия 7	0,15	0,28	1,46	0,012	0,012	1,22	-	-	-	0,16	0,50	-	-

Ведущий инженер-лаборант Светлана Кривуца Испытание проводил Ю. Шурьга
 Заключение

Додаток Г

АО «СМНПО-Инжиниринг»

Ш.355-44

Центральная заводская
лаборатория

Группа металлографии

«18» февраля 2022 г.

№ 26

ПРОТОКОЛ

металлографического исследования металлов

Заказчик ОК «Сумы- Заказ 69500

Электрод»

Материал образец № 5,

порошок CORED Ø 2,0 мм

WIRE SF 350 HB

Название детали Наплавленный металл

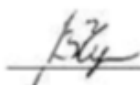
Плавка - 40ХМФА, S = 14 мм

Заключение

При макро- и микроконтроле образца, вырезанного в сечении наплавки, трещин не обнаружено.

На линии сплавления наплавленного металла с основным непровары отсутствуют.

Начальник ЦЛ



/Черный А.В./

Испытание проводил



/Бережная Т.В..

Заключение ОКК _____

« ____ » _____ 20 ____ г.

СМНПО

Додаток Д

Отчет о проведенных испытаниях по внедрению "восстановления наружного диаметра"

ПП-Нп-300 ПС (образец №7)	Испытание №1	Испытание №2	Испытание №3
Общая информация			
Наружный диаметр труб, мм	101,6	101,6	101,6
Кол-во наплавляемых поясков	2 (2 по длине)	4 (2по длине 2по высоте)	6 (2по длине 3по высоте)
Фактическая высота поясков, мм (на сторону)	2,5	5	7,5
Фактическая длина наплавленного слоя, мм	50	50	50
Температура			
Предварительный нагрев	да	да	нет
Температура трубы перед наплавкой	200	200	200
Визуальный осмотр			
Внешний вид	Визуально не отличима по цвету. Проволока сливается с основным металлом. Переход отсутствует	Визуально не отличима по цвету. Проволока сливается с основным металлом. Переход отсутствует	Визуально не отличима по цвету. Проволока сливается с основным металлом. Переход отсутствует
Загрязняющие вещества, окалина, брызги	Значительное окалино и брызгообраз.	Значительное окалино и брызгообраз.	Значительное окалино и брызгообраз.
Профиль покрытия	Равномерный	Равномерный	Равномерный
Трещины	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют
Пористость покрытия	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Пустоты	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют
Отслаивание наплавленного слоя	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Результаты испытания образцов			
Испытание образцов на излом	Кольцо лопнуло в 2-х местах. Поверхностных трещин нет, отслаивания металла нет.	Кольцо лопнуло в 3-х местах. Поверхностных трещин нет, отслаивания металла нет.	Кольцо лопнуло в 2-х местах. Поверхностных трещин нет, отслаивания металла нет.
Замер твердости			
В зоне наплавленного слоя	383-393 НВ	373-383 НВ	363-373 НВ
В зоне основного материала	292 НВ	321 НВ	310 НВ
Заключение			
Заключение по соответствию всем требованиям	Завышенная твердость	Завышенная твердость	Завышенная твердость

Диапазон твердости соответствует диапазону твердости полученной на образцах проволоки ВЕЛТЕК

Начальник КТО
Юрченко В.С.