

РОБОТА БАКАЛАВРА

КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ

Група ЗТ-23-1К

Владислав Михайлюк

2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Михайлюк Владислав Віталійович

(підпис)

Група ЗТ-23-1К

Розроблення технології зварювання ковша бульдозера

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів
“Інжиніринг зварювальних технологій”
спеціальністю 131 “Прикладна механіка”**

Керівник: <u><i>к.т.н., доц.</i></u> <u><i>Біщак Р.Т.</i></u> _____ <i>підпис</i>	Завідувач кафедри будівництва: <u><i>к.т.н., доц.</i></u> <u><i>Андрусяк А.В.</i></u> _____ <i>підпис</i>
---	---

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

Інститут

архітектури та будівництва
"ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Кафедра будівництва

ОПП

"Інжиніринг зварювальних
технологій"

Спеціальність

131 "Прикладна механіка"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри БУД

А.В. Андрусяк

(ініціали, прізвище)

(підпис)

" ____ " _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на випускню кваліфікаційну роботу бакалавра студента Михайлюка Владислава Віталійовича

1. Тема роботи Розроблення технології зварювання ковша бульдозера

Затверджена наказом по університету № ____ від _____ 2026 р.

2. Термін здачі закінченої роботи _____

3. Вихідні дані до роботи

Технічні умови на зварювання ковша бульдозера, креслення виробу, умови експлуатації
зварної ферми, матеріал виробу сталь 10ХСНД.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити:

1. Загальний розділ. 1.1 Загальна характеристика зварної конструкції ковша бульдозера, та його елементів. 1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу. 1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності. 1.4 Технічні умови на виготовлення ферм 2 Технологічний розділ. 2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування. 2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання. 2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів. 2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання. 2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування. 2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції. 2.2.1 Заготівельні операції. 2.2.2 Розробка технології складання та зварювання. 2.2.3 Технічний контроль якості та виправлення браку. 3. Конструкторський розділ. 3.1 Компонування складальних та зварювальних установок. 3.2 Розрахунок важільного механізму затискання виробу 3.3 Розробка плану цеху. 4. Безпека праці.

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

1. Загальний вигляд ковша бульдозера. 2. Схема технологічного процесу виготовлення ковша бульдозера. 3. Пристосування для складання ковша. 4. Пристосування для зварювання ковша бульдозера. 5. Пристосування для зварювання ковша. 6. Кондуктор для зварювання ковша бульдозера. 7. План зварювальної дільниці цеху.

6. Дата видачі завдання _____

Керівник

Завдання прийняв до виконання

Біщак Р.Т.

Михайлюк В.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Найменування роботи	Термін виконання	Фактичне виконання
1.	Вибір теми, її затвердження		
2.	Ознайомлення з рекомендованою літературою		
3.	Загальний розділ		
4.	Технологічний розділ		
5.	Конструкторський розділ		
6.	Безпека праці		
7.	Виконання розрахунково-графічної частини, додатків та ілюстрацій до роботи		
8.	Ознайомлення керівника з чорновим варіантом роботи		
9.	Оформлення роботи		
10.	Представлення роботи на кафедрі		
11.	Направлення на рецензування		

Студент_____ Михайлюк В.В.

Керівник_____ Біщак Р.Т.

РЕФЕРАТ

Робота бакалавра складається із 10 слайдів презентації, пояснювальної записки із 52 аркушів, 19 рисунків, 3 таблиці та 23 посилань на використану літературу.

Об'єкт роботи - технологічний процес зварювання ковша бульдозера.

Мета роботи - розроблення технології зварювання ковша бульдозера, вибір раціонального зварювального обладнання, зварювальних матеріалів та технологічної оснастки.

У випускній кваліфікаційній роботі вирішені питання, спрямовані на підвищення ефективності збирання та зварювання ковшів будівельної техніки на прикладі ковша бульдозера. На основі попередньої оцінки виконано обґрунтування вибору способу зварювання, для побудови проектної технології пропонується застосувати зварювання в захисних газах дротом суцільного перерізу. Для прихоплення елементів пропонується застосувати механізоване зварювання.

Ключові слова: ЗВАРЮВАННЯ, КОВШ БУЛЬДОЗЕРА, НАПІВАВТОМАТ, КОНДУКТОР, РАМА, ПЛАНЕР.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 10 presentation slides, an explanatory note of 52 sheets, 19 figures, 3 tables and 23 references to the literature used.

The object of the work is the technological process of welding a bulldozer bucket.

The purpose of the work is to develop a technology for welding a bulldozer bucket, select rational welding equipment, welding materials and technological equipment.

The final qualification work addresses issues aimed at increasing the efficiency of assembling and welding buckets of construction equipment using the example of a bulldozer bucket. Based on the preliminary assessment, a justification for the choice of welding method is made; for the construction of the design technology, it is proposed to use welding in protective gases with a wire of a solid cross-section. For the attachment of elements, it is proposed to use mechanized welding.

Keywords: WELDING, BULLDOZER BUCKET, SEMI-AUTOMATIC, CONDUCTOR, FRAME, PLANER.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальний розділ.....	7
1.1 Загальна характеристика зварної конструкції ковша бульдозера, та його елементів.....	7
1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу.....	9
1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності.....	10
1.4 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу.....	12
2 Технологічний розділ.....	14
2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування.....	14
2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання.....	14
2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів.....	18
2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання.....	19
2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування.....	23
2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції ковша бульдозера.....	26
2.2.1 Заготівельні операції.....	26
2.2.2 Розробка технології складання та зварювання.....	27
2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями.....	29
2.2.4 Технічний контроль якості	30

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ			
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.	Михайлюк В.В.				Розроблення технології зварювання ковша бульдозера	Лім.	Арк	Аркушів
Перевір.	Біщак Р.Т.						4	53
Рецензент						ІФНТУНГ ЗТ-23-1К		
Н. контр.	Матвієнків О.							
Затверд.	Андрусяк А.В.							

3 Конструкторський розділ.....	32
3.1 Компонування складальних та зварювальних установок.....	32
3.2 Розрахунок важільного механізму затискного пристосування....	36
3.3 Розробка плану цеху.....	39
4 Безпека праці.....	42
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	42
4.2 Заходи щодо забезпечення безпеки праці.....	45
Висновки.....	48
Список використаних джерел.....	49
Додатки.....	52

ВСТУП

При виготовленні ковшів бульдозера знайшли застосування ручне дугове зварювання покритими електродами та напіваавтоматичне зварювання у вуглекислому газі. Оскільки ковш (відвал) бульдозера сприймає основне навантаження у процесі виконання робіт, для його виготовлення пред'являються високі вимоги щодо якості. Основна конструкція ковша виконана із сталі підвищеної міцності та зносостійкості, на яку кріпляться робочі зубці – двосторонні ножі з ріжучими кромками. Ресурс роботи ковша бульдозера обмежується через важкі умови експлуатації, у зв'язку з чим відбувається постійна їх заміна на працюючій техніці [1], [2]. Оскільки проводиться значна кількість робіт, пов'язаних із порятунком людей та розгрібанням уламків, необхідне збільшення обсягів випуску ковшів бульдозера, для чого необхідно розглянути питання переходу від ручних способів зварювання до механізованих та автоматизованих. Необхідно розробити технологію виготовлення масивних металомістких витратних елементів бульдозера.

На основі вищевикладеного слід зробити висновок про високу актуальність поставленої мети – підвищення ефективності зварювальних технологій під час виготовлення бульдозерних ковшів.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		6

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика зварної конструкції ковша бульдозера, та його елементів

Головним робочим інструментом бульдозера є його ковш, який призначений для вирішення завдань різної складності при розчищенні місцевості, вирівнюванні ґрунту, згрібанні сміття під час проведення дорожньо-будівельних, рятувальних, комунальних та інших видів робіт.

Конструкція ковша бульдозера складається із планера 1 виготовленого із листового прокату, планер є основною частиною відвалу, та з'єднаний із бульдозером за допомогою жорсткої рами 2 виготовленої із сортового та листового прокату. На рисунку 1.1 зображено загальний вигляд ковша бульдозера.

На рисунку 1.2 представлений встановлений на бульдозері Shantui SD32 ковш, призначений для розчищення снігу, а також для переміщення зсувом ґрунту, щебеню, піску та інших сипучих матеріалів.

Ширина захвату ковша становить 2500 мм, повна маса ковша складає 1090 кг. Термін експлуатації ковша становить 5 років за гарантійного періоду експлуатації 1 рік. Ковш є знімним, що дозволяє виконувати його оперативну заміну під час оснащення бульдозера іншим навісним обладнанням та проведення ремонту ковша. Ріжучі кромки також є знімними, що дозволяє виконувати їх оперативну заміну та знімання для проведення відновлювального наплавлення.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		7

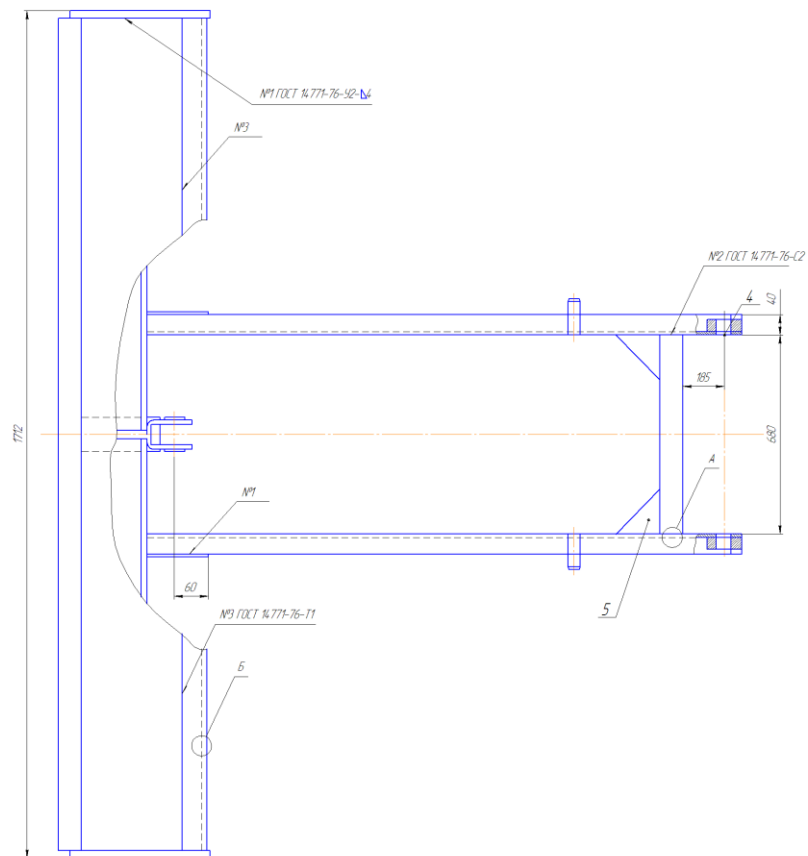


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд ковша бульдозера Shantui SD32



Рисунок 1.2 – Ковш встановлений на бульдозері Shantui SD32

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		8

Товщина елементів з яких виконаний ковш, становить 6...10 мм. Застосування заготовок різної товщини в залежності від місця встановлення дозволяє істотно зменшити масу ковша без втрати його характеристик міцності і жорсткості конструкції.

1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу

Конструкція ковша повинна бути простою, містити мінімальну кількість деталей і зварних з'єднань. Елементи ковша мають просту геометричну форму, що полегшує їх виготовлення та складання. Зварні шви доступні для виконання, переважно в нижньому положенні.

Доцільно використовувати типові з'єднання (стикові, кутові) та зменшувати довжину швів без зниження міцності. Матеріали зварної конструкції добре зварюються та є сумісними між собою.

Для робочих поверхонь ковша застосовують зносостійкі сталі, а для інших елементів - конструкційні сталі. Необхідно забезпечити симетричність конструкції, правильно вибрати послідовність зварювання та використовувати ребра жорсткості. Це дозволяє зменшити деформації після зварювання. Конструкція ковша має базові поверхні для фіксації, є уніфікованою та взаємозамінною. Це дає змогу використовувати складальні пристрої та скорочує час складання [3].

Технологічна конструкція ковша дозволяє застосування механізованого різання, гнуття та автоматичного або напівавтоматичного зварювання, особливо в умовах серійного виробництва.

Конструкція забезпечує легкий доступ до зношуваних елементів і є можливість їх заміни або відновлення (наплавлення) без значного розбирання.

Економічність досягається за рахунок зменшення витрат матеріалу, трудомісткості виготовлення, а також скорочення обсягів післязварювальної обробки.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
						9
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Таким чином, зварна конструкція ковша бульдозера є технологічною, оскільки вона проста, зручна у виготовленні та зварюванні, економічна, надійна в експлуатації та придатна до ремонту.

1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності

Розглянутий у цій випускній кваліфікаційній роботі ковш бульдозера виготовляється з листів зі сталі 10ХСНД, вміст хімічних елементів в якій представлено в таблиці 1.1. Зазначена сталь знайшла застосування при виконанні відповідальних металевих конструкцій, до яких пред'являються вимоги підвищеної порівняно з низьковуглецевою сталлю міцності. Конструкції зі сталі 10ХСНД призначені для роботи при температурі від -70 до +450 °С [4].

Таблиця 1.1 - Склад сталі 10ХСНД [4]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	N	P	S
до 0,12	0,8...1,1	0,5...0,8	0,6...0,9	0,5...0,8	0,4...0,6	до 0,008	до 0,035	до 0,04

Сталь, що розглядається, є низьколегованою конструкційною і характеризується підвищеними характеристиками міцності, що пояснюється елементами, що містяться в ній - хромом, нікелем і марганцем. Ці елементи також підвищують корозійну стійкість сталі [2].

Далі розглянемо вплив кожного елемента на властивості сталі 10ХСНД. Вуглець позитивно впливає на властивості міцності сталі, підвищуючи твердість, міцність, межу плинності і тимчасове видовження сталі. При цьому підвищення вуглецю сталі знижує холодостійкість і ударну в'язкість, погіршує зварюваність.

Кремній надає позитивний вплив практично на всі властивості сталі, підвищує характеристики міцності, але при цьому знижуючи стійкість проти корозії і відносне видовження сталі [3]. На зварюваність і холодостійкість

кремній має суперечливу дію, до певного відсотка вмісту сталі кремнію ці показники підвищуються, далі – різко знижуються.

Марганець підвищує характеристики міцності сталі і її стійкість по відношенню до корозії. При цьому ударна в'язкість та відносне подовження при підвищенні відсоткового вмісту сталі марганцю знижується.

Нікель і хром є елементами, що підвищують корозійну стійкість сталі та її характеристики міцності. Мідь підвищує характеристики міцності і корозійну стійкість сталі, але негативно впливає на зварюваність.

При зварюванні конструкцій зі сталі 10ХСНД, особливо товстостінних, доводиться зважати на високу небезпеку виникнення гарячих тріщин, які можуть з'являтися в результаті зниження нагрітим металом здатності сприймати навантаження, що характеризується температурним інтервалом крихкості. При кристалізації сталі в ній виникають розтягувальні напруження, величина яких може перевищити межу плинності нагрітої сталі, що стає причиною зародження та розвитку тріщини, яка візуально може бути визначена за розгалуженою формою і металу, що окислився, по краях тріщини. При зварюванні на схильність до утворення гарячих тріщин впливає не тільки товщина металу, що зварюється, а й особливості конструкції виробу. Виступаючі елементи та різкі переходи, зміна напрямку зварного шва, можуть виступити концентраторами напружень, навколо яких спостерігатиметься утворення гарячих тріщин [4].

Для усунення небезпеки виникнення гарячих тріщин при виконанні зварних конструкцій зі сталі 10ХСНД необхідно правильно проектувати конструкцію, уникаючи концентраторів напружень, призначати та підтримувати параметри режиму зварювання, що забезпечують мінімальну погонну енергію при зварюванні, застосовувати попередній та супутній підігрів. Також успішно боротися з гарячими тріщинами дозволяє застосування електродного матеріалу із спеціальною системою легування, накладання на зварювальну ванну імпульсів та ультразвуку [3].

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		11

1.4 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу

При виготовленні ковша бульдозера, зварювання виконують ручним дуговим способом електродами УОНІ 13/55 діаметром 3 мм та діаметром 4 мм. Струм зварювання при використанні електродів діаметром 3 мм становить 90...100 А. Струм зварювання при використанні електродів діаметром 4 мм становить 120...150 А [5].

Напівавтоматичне зварювання виконують із застосуванням дроту Св-08ГА діаметром 4 мм. Струм зварювання задають 670...700 А, напруга на дузі 28...30 В, швидкість зварювання становить 22...23 м/год.

При виконанні базової технології складання та зварювання виробу значна кількість зварних швів виконується із застосуванням ручного дугового зварювання покритими електродами. Порівняно з автоматичними та механізованими способами застосування ручного дугового зварювання має ряд недоліків, які відзначені дослідниками та авторами низки робіт [2], [4], [6].

Першим недоліком є погіршення умов праці зварювальника в порівнянні з іншими способами побудови виробництва, що стає причиною швидкої втомлюваності працівника та небезпеки отримання професійних захворювань. Другим недоліком є низька продуктивність робіт. Третім недоліком є підвищена витрата електродного металу на недопалки та розбризкування. Четвертим недоліком є значна кількість дефектів, виправлення яких додатково підвищує трудомісткість технологічного процесу. Значне підвищення економічних показників виробництва може бути досягнуто при застосуванні засобів автоматизації та роботизації виробництва, при цьому ефективність такого виробництва може бути забезпечена за умови застосування перспективних зварювальних технологій, що дозволяють забезпечити просторову стабільність горіння дуги та стабільну якість зварних з'єднань при автоматичному регулюванні протікання зварювальних операцій [7].

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		12

Наведений вище аналіз дозволяє позначити напрями подальших вишукувальних робіт, спрямованих на підвищення ефективності складання та зварювання виробу, що розглядається.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		13

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування

2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання

При побудові проектної технології зварювання необхідно обґрунтувати вибір способу зварювання, що дозволяє виконувати складання і зварювання виробу, що розглядається, з максимальною продуктивністю і показниками якості.

На основі попереднього аналізу для побудови проектної технології було прийнято до розгляду такі способи зварювання. Ручне дугове зварювання, що має значну частку в базовій технології і має максимальну універсальність. Другим способом, застосування якого може бути здійснено для збирання та зварювання даного виробу, є автоматичне зварювання під флюсом, із застосуванням цього способу зварювання може бути виконано кілька прямолінійних швів, що мають достатню довжину для того, щоб автоматичне зварювання під флюсом могло виявити ефективність. Третім способом є зварювання в захисних газах дротом суцільного перерізу, цей спосіб може бути реалізований як із застосуванням ручної праці (механізоване зварювання), так і із застосуванням засобу роботизації. Четвертим способом є зварювання порошковим самозахисним дротом, цей спосіб дозволяє поєднувати позитивні особливості ручного дугового зварювання та зварювання в захисних газах [7].

Таким чином, на основі знань, отриманих у ході навчання належить виконати оцінку прийнятих до розгляду способів з критичним аналізом властивих їм переваг та недоліків.

На рисунку 2.1 представлена схема виконання ручного дугового зварювання, цей спосіб зварювання до теперішнього часу продовжує займати лідируючі позиції через високу універсальність, низьку вартість устаткування.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		14

Крім того, практично на кожному профільному підприємстві є необхідне обладнання для ручного дугового зварювання та персонал відповідної кваліфікації, що дозволяє впроваджувати проектні технології зварювання та наплавлення із застосуванням ручного дугового зварювання без істотних капітальних витрат. Процес ручного дугового зварювання характеризується високою універсальністю і може бути здійснений у всіх просторових положеннях. За рахунок придбання електродів зі спеціальним покриттям та складом можлива побудова технології зварювання виробів з різних матеріалів, що розширює технологічні можливості способу зварювання [6].

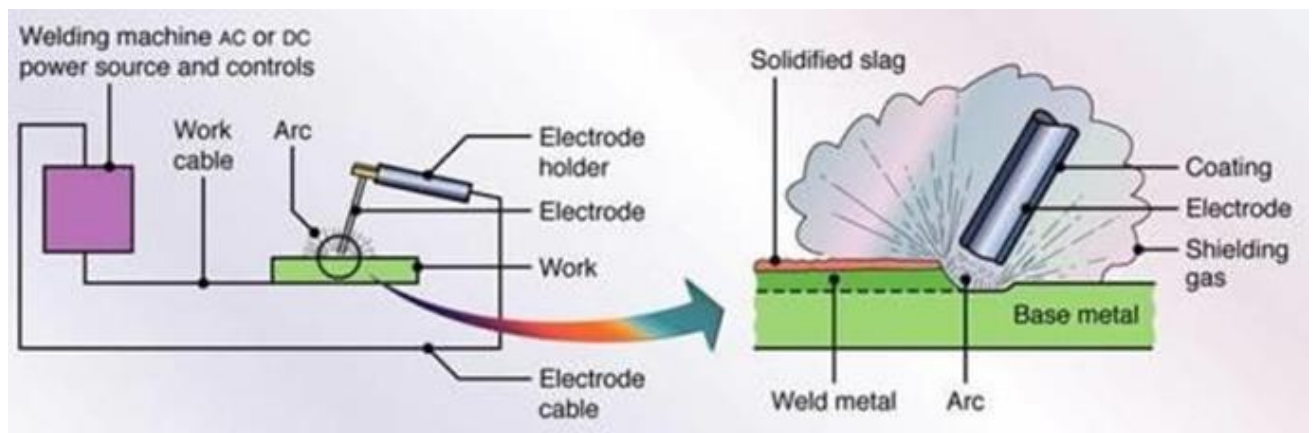


Рисунок 2.1 – Схема ручного дугового зварювання покритими електродами [5]

Недоліком ручного дугового зварювання є необхідність переривання процесу на заміну електрода, що негативно позначається на продуктивності та якості зварювальних робіт. Крім того, втрати електродного металу призводять до збільшення витрат на зварювальні матеріали. Ще одним недоліком є необхідність очищення наплавленого металу від шлаку, що суттєво збільшує трудомісткість зварювання та підвищує ймовірність отримання у зварному шві шлакових включень. Також слід зазначити важкі умови праці зварювальника та неможливість автоматизації процесу із застосуванням сучасних технічних рішень [5].

На рисунку 2.2 представлена схема автоматичного зварювання під флюсом, яка дозволяє отримати максимальну продуктивність процесу зварювання з способів, що розглядаються в цій роботі. Оскільки горіння дуги проходить під шаром гранульованого флюсу, шлаку, що розплавився, усувається проблема розбризкування електродного металу і шкідливого випромінювання від зварювальної дуги. Це суттєво підвищує енергетичні характеристики зварювання в порівнянні з іншими способами, знижується витрата електродного металу, витрати електричної енергії, покращується зовнішній вигляд зварного з'єднання та умови праці зварювальника [7].

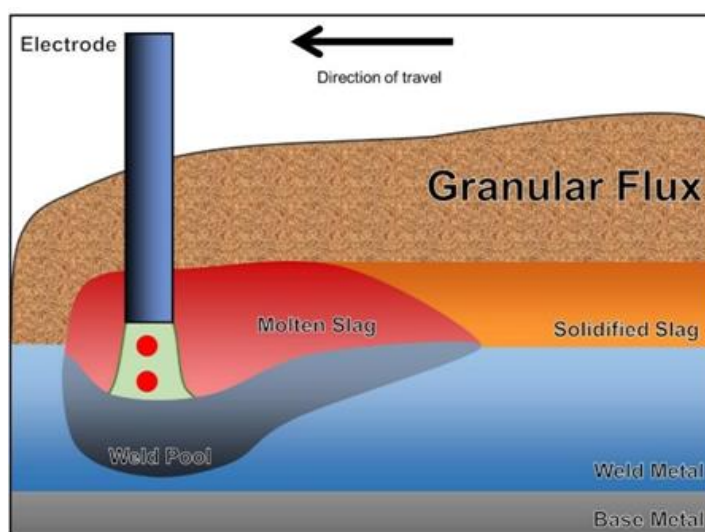


Рисунок 2.2 – Схема автоматичного зварювання під шаром флюсу [5]

У числі недоліків автоматичного зварювання під флюсом слід відзначити низьку ефективність при зварюванні швів малої протяжності та у просторових положеннях, відмінних від нижнього. Крім того, при зварюванні під флюсом спостерігається значний перегрів основного металу, що сприяє укрупненню структури та зниження експлуатаційних властивостей з'єднання. Незважаючи на те, що в даний час спосіб автоматичного зварювання починає роботизуватися, зварювання з його застосуванням коротких різноспрямованих швів ускладнене не [5].

На рисунку 2.3 представлена схема зварювання в захисних газах дротом суцільного перерізу. Істотне підвищення продуктивності при цьому способі в порівнянні з ручним дуговим зварюванням досягається за рахунок відсутності необхідності переривати зварювання на зміну електрода і відбиття шлаку, який утворюється в гранично малих кількостях, які не впливають на якість зварного шва. Висока в'язкість розплавленого металу зварювальної ванни уможливорює зварювання у всіх просторових положеннях без небезпеки витікання зварювальної ванни під дією гравітаційних сил [9].

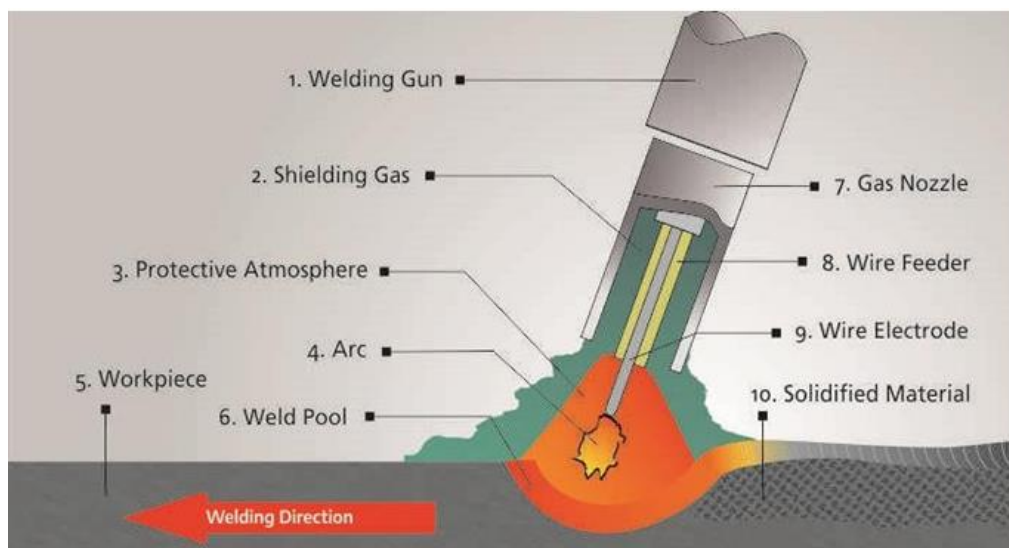


Рисунок 2.3 – Схема зварювання у захисних газах дротом суцільного перерізу [5]

Недоліком зварювання в захисних газах є значне розбризкування, яке спостерігається через малу стабільність перенесення електродного металу. Також при зварюванні суттєво підвищується небезпека виникнення пор та тріщин у зварному шві через малу текучість розплавленого металу, ускладнюється виконання кореневого шару шва. Істотне підвищення технологічних можливостей способу досягається шляхом імпульсного керування дугою, реалізованої на багатьох зразках зварювальної техніки.

На рисунку 2.4 представлена схема зварювання порошковим самозахисним дротом. Опціонально зварювання може виконуватися із

застосуванням додаткового газового захисту, що підвищує якість з'єднання, що виконуються, і розширює спектр застосовуваних зварювальних дротів. Зварювання порошковим дротом дозволяє зменшити витрати на виготовлення зварювальних матеріалів, оскільки суттєво розширюються можливості для легування металу шва без ускладнення технології виготовлення дроту. Також слід відзначити суттєве покращення захисту зони зварювання порівняно зі зварюванням у захисних газах дротом суцільного перерізу та продуктивності порівняно з ручним дуговим зварюванням [6].

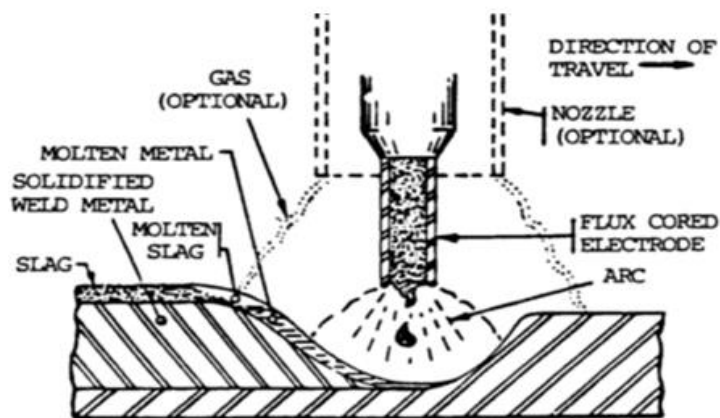


Рисунок 2.4 – Схема зварювання порошковим самозахисним дротом

У числі недоліків застосування порошкового дроту слід зазначити його підвищену м'якість, що знижує стабільність подачі при автоматичному та роботизованому зварюванні. Також висока плинність розплавленого металу збільшує складність виконання допоміжних операцій. Нерівномірне плавлення дроту по перерізу стає причиною прокидання частини флюсу у зварювальну ванну та підвищеної пористості металу зварного шва.

На основі вищевикладеного для складання проектної технології пропонується застосувати зварювання в захисних газах дротом суцільного перерізу – механізоване та роботизоване.

2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів

Враховуючи те, що вміст оксидних включень при зварюванні маловуглецевих сталей дротом Св-08ГС складає 0,014 %, а дротом Св-08Г2С –

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		18

0,009 %. Менша забрудненість металу шва оксидними включеннями при зварюванні маловуглецевих сталей дротом Св-08Г2С обумовлена більш раціональним вмістом кремнію і марганцю в металі шва (0,23 % Si, 0,72 % Mn), при якому продукти розкислення формуються у вигляді рідких силікатів.

Беручи до уваги, що вміст оксидних включень під час зварювання маловуглецевих сталей становить 0,014 % при використанні дроту Св-08ГС і 0,009 % – при застосуванні дроту Св-08Г2С, можна зробити висновок про меншу забрудненість металу шва у другому випадку. Це пояснюється більш оптимальним співвідношенням кремнію та марганцю в металі шва (0,23 % Si та 0,72 % Mn), за якого продукти розкислення утворюються у вигляді рідких силікатів [4].

З огляду на наведене, для зварювання сталі 10ХСНД доцільно обрати зварювальний дріт марки Св-08Г2С. Його хімічний склад наведено в таблиці 2.1. Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту марки Св-08Г2С, % (за ГОСТ 2246-70) [3]

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			не більше			
0,05-0,11	0,70-0,95	1,8-2,1	0,20	0,25	0,025	0,03

Під час виготовлення ковша бульдозера, як захисне середовище застосовується газова суміш (МІКС-1) 82% Ar + 18% CO₂. Це дозволяє зменшити розбризкування електродного металу й покращити формування зварного шва. Склад суміші, що подається в пальник, регулюється шляхом зміни витрат окремих газів. Кожен із них подається через власний редуктор, а його витрата контролюється за допомогою ротаметрів.

2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання

Зварювання ковша бульдозера виконується стиковими та кутовими швами з катетом 4 мм.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		19

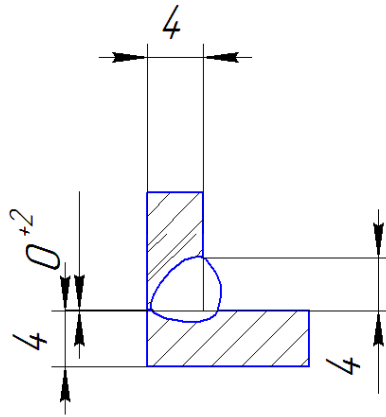


Рисунок 2.5 - Схема зварного з'єднання У2

На рисунку 2.5 наведено схему зварного з'єднання У2 відповідно до ГОСТ 14771-76.

Під час розрахунку параметрів режиму зварювання насамперед необхідно забезпечити отримання заданого катету шва.

Далі виконуємо розрахунок параметрів режиму зварювання для шва №1 із катетом 4 мм. Спочатку визначаємо площу поперечного перерізу шва без урахування випуклості за відповідною формулою:

$$F_H = k^2/2, \quad [5] \quad (2.2)$$

де k – катет шва, мм.

$$F_H = 4^2/2 = 8 \text{ мм}^2.$$

Висота наплавленого металу:

$$h_H = \sqrt{F_H}, \quad [5]; \quad (2.3)$$

$$h_H = \sqrt{8} \approx 2,83 \text{ мм}^2.$$

Ширину шва визначаємо за формулою:

$$e = \sqrt{2k^2}, \quad (2.4)$$

$$e = \sqrt{2 \times 4^2} \approx 5,6 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальну висоту шва:

$$H = e/\psi_{\text{пр}}, \quad [5] \quad (2.5)$$

$\psi_{\text{пр}}$ – коефіцієнт форми проплавлення; $\psi_{\text{пр}} = (0,8 \div 4)$.

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		20

Приймаємо $\psi_{\text{пр}}=0,8$ [10];

$$H=5,6/0,8=7 \text{ мм.}$$

Глибина проплавлення основного металу :

$$h_0=H-h_N, [5] \quad (2.6)$$

$$h_0=7-2,83=4,17 \text{ мм.}$$

Визначаємо величину сили струму зварювання:

$$I_{\text{зв}}= (h_0/K_{\text{п}}) \times 100, [5] \quad (2.7)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт пропорційності що залежить від умов зварювання ,

$K_{\text{п}}=1,75$, тоді :

$$I_{\text{зв}}=4,17/1,75 \approx 238,3 \text{ А .}$$

Приймаємо силу струму 240 А.

Визначаємо діаметр електродного дроту:

$$d_{\text{ел}}=1,33 \sqrt{\frac{I_{\text{зв}}}{j}}, [10] \quad (2.8)$$

де j – густина струму, А/мм²; приймаємо $j=130$ А/мм² [10].

$$d_{\text{ел}}=1,33 \sqrt{\frac{240}{130}} = 1,47 \text{ мм ;}$$

Приймаємо діаметр електрода = 1,4 мм.

Напругу на дузі визначаємо за формулою :

$$U_d=20+ \frac{50 \times 10^3}{d_{\text{ел}}^{0.5}} I_{\text{зв}}^{+1}, [10] \quad (2.9)$$

$$U_d=20+ \frac{50 \times 10^3}{1,4^{0.5}} 240^{+1} = 34 \text{ В }^{+1} .$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту :

$$V_{\text{п.е.}}= \frac{4\lambda_{\text{н}} I_{\text{зв}}}{\pi d_{\text{ел}}^2 j}, [5] \quad (2.10)$$

де j – густина металу електродного дроту ($j = 7800$ кг/м³);

$\lambda_{\text{н}}$ – коефіцієнт наплавлення металу, кг/А×год.

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		21

При зварюванні на постійному струмі зворотньої полярності:

$$\lambda_n = 11,6^{+0,4} \text{ г/А} \times \text{год}, \quad [5].$$

Приймаємо $\lambda_n = 12 \times 10^{-3} \text{ кг/А} \times \text{год}$.

$$V_{п.е.} = \frac{4 \times 12 \times 10^{-3} \times 240}{3.14 \times 0,0014^2 \times 7800} \approx 183,7 \text{ м/год}.$$

Приймаємо $V_{п.е.} = 185 \text{ м/год}$.

Швидкість зварювання :

$$V_{зв} = \frac{\lambda_n I_{зв}}{F_n \times j}, \quad [5] \quad (2.11)$$

$$V_{зв} = \frac{12 \times 10^{-3} \times 240}{8 \times 10^{-6} \times 7800} \approx 46,2 \text{ м/год}.$$

Приймаємо $V_{зв} = 46 \text{ м/год}$.

Аналогічним чином виконуємо розрахунок параметрів режиму зварювання для швів №2 та №3.

Отримані розрахункові параметри режиму напівавтоматичного дугового зварювання відвалу бульдозера в газовій суміші $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ узагальнено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Режими зварювання ковша бульдозера

Номер шва	Сила струму $I_{зв}, \text{А}$	Напруга на дузі $U_d, \text{В}$	Діаметр дроту $d_e, \text{мм}$	Швидкість зварювання $V_{зв}, \text{м/год}$	Швидкість подачі дроту $V_{п.д.}, \text{м/год}$
№1	240	34	1,4	46	185
№2	125	20	1,4	14,7	92
№3	228	24	1,2	27	245

2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування

Для живлення зварювальної дуги при напівавтоматичному зварюванні застосовується представлене на рисунку 2.6 джерело Artsen Pro 500 PR Megmeet, яке оснащено блоком подачі зварювального дроту. Також зварювальне джерело забезпечується мікропроцесорним блоком водяного охолодження зварювального пальника, який представлений на рисунку 2.7 і дозволяє підвищити продуктивність зварювання без ризику перегріву обладнання [3].



Рисунок 2.6 – Джерело зварювального струму, блок подачі дроту та блок водяного охолодження

Застосування зварювального джерела живлення Artsen Pro 500 PR Megmeet дозволяє усунути розбризкування, забезпечує просторову стабільність дуги, простоту запалювання та високу надійність горіння дуги без залипання зварювального дроту на виріб.

Подана на рисунку 2.7 станція обслуговування зварювального пальника забезпечує автоматичну підтримку пальника в робочому стані, для чого виконується очищення її поверхні від бризок металу, обрізання кінця зварювального дроту та вприскування на пальник антипригарного складу.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		23



Рисунок 2.7 – Станція обслуговування зварювального
пальника SC200A GSK

Збільшення потреби української дорожньо-будівельної техніки змушує вести пошук рішень щодо підвищення продуктивності виготовлення елементів техніки. На рисунку 2.8, представлений стенд для роботизованого зварювання ковшів будівельної техніки, що дозволяє враховувати різну товщини елементів, що зварюються. Застосування роботизованого зварювання дозволяє усунути недоліки, властиві ручному дуговому зварюванню та механізованому зварюванню. Незважаючи на те, що трудомісткість допоміжних операцій при роботизованому зварюванні вище, ніж у разі застосування ручної праці, підвищення продуктивності та якості виконання основної (зварювальної) операції дозволяє забезпечити ефективність виробництва [4].

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		24



Рисунок 2.8 – Стенд для роботизованого зварювання ковшів

На рисунку 2.9 представлена комплектація зварювального робота із застосуванням описаного вище обладнання для зварювання в захисних газах дротом суцільного перерізу.



Рисунок 2.9 – Комплектація зварювального робота

Зварювальний роботизований комплекс забезпечує не тільки зварювання, а й переміщення та надійну фіксацію елементів ковша з високою точністю, що забезпечує взаємозамінність ковшів та суттєво знижує витрати праці при подальшому обслуговуванні техніки. Для побудови типового комплексу роботизованого зварювання виробу потрібен промисловий зварювальний робот з

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		25

шістьма ступенями рухливості, двоосьовий позиціонер деталі, джерело живлення зварювальної дуги і механізм подачі дроту, контролер зварювального робота, система обслуговування зварювального пальника, набір з'єднувальних шлангів і кабелів. Проте, цей комплекс є високотехнологічним дорого вартісним обладнанням, яким не завжди є можливість оснастити зварювальні дільниці [5].

2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

2.2.1 Заготівельні операції

Правлення листів проводять із застосуванням багатовалкової листопрямуючої машини, до складу якої входять два горизонтальні ряди роликів.

Різання листового прокату проводять із застосуванням представлених на рисунку 2.10 ножиць НГ-32Г/02 з гідравлічним приводом. Такі ножиці дозволяють виконувати [8] різання металу з високою точністю завтовшки до 32 мм.



Рисунок 2.10 – Гільйотинні ножиці НГ-32Г/02

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		26

Для фіксування заготовок служить спеціальний складальний пристрій, оснащений набором стійок, ложементів, гідравлічними та ручними притисками. Для виконання зварних швів застосовується ручне дугове зварювання та напівавтоматичне у середовищі захисних газів.

Перед виконанням зварювальних операцій проводять перевірку допуску зварювальників до виконання робіт, маркування та стан зварювальних матеріалів, якість складання, стан зварювального обладнання.

2.2.2 Розробка технології складання та зварювання

Перед виконанням операцій проводять контроль стану поверхні прокату, на якому не повинно бути таких дефектів, як здуття, окалини, раковини та наскрізні тріщини [10]. Допускається хвилястість листа та прогин не більше 15 мм на 1 метр, при перевищенні цієї величини необхідно провести правлення листа із застосуванням листопрямильної машини. Якщо поверхні листа виявлено дефекти, їх слід видалити механічним способом за умови, що товщина листа не зменшиться більш ніж 0,4 мм від номінальної товщини. При огляді кромek слід переконатися у відсутності розшарування, тріщин та пошкоджень.

Якість поверхні листів контролюється візуально на всіх листах по всій поверхні.

Попередньо при складанні виконується прихоплення із застосуванням механізованого зварювання в захисних газах дротом суцільного перерізу Далі відбувається автоматичне зварювання на роботизованому комплексі із застосуванням зварювання в захисних газах дротом суцільного перерізу [11].

При прихопленні та зварюванні застосовується обладнання, описані в попередньому підрозділі цієї випускної кваліфікаційної роботи.

Для захисту зварювальної ванни пропонується застосувати газову суміш, до складу якою водить 82% аргону, 18% вуглекислого газу, на зварювальну ділянку суміш надходить у балонах.

Процес формування та зварювання бульдозерного ковша здійснюється поетапно:

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		27

1. Елементи розміщують у спеціальному пристрої.
2. Зафіксовані складові надійно закріплюють за допомогою пневматичного механізму.
3. Виконують зварювальні роботи у передбачених зонах.
4. Після цього вузол звільняють із пристрою та вилучають.
5. На завершальному етапі проводять остаточне зварювання всієї конструкції.

Прихоплення та зварювання виконують на режимах: сила зварювального струму 150...170 А при піковому струмі 400...420 А і базовому струмі 35...55 А; витрати захисного газу 10...12 літрів за хвилину, виліт зварювального дроту 10...16 мм, швидкість зварювання становить 2,2...4,3 метри за хвилину.

Із застосуванням універсального складального пристрою виконують складання та прихоплення деталей. Висота прихоплення має бути 3...4 мм. До прихваток пред'являються такі ж вимоги щодо якості, як і до кореня зварного шва, при виявленні під час візуального контролю неприпустимих дефектів прихватки зрізують та переплавляють. Довжина прихватки становить 30...50 мм при кроці між прихватами 100...250 мм залежно від місця розташування прихваток та довжини зварного шва на кожен шов має припадати не менше двох прихваток при довжині шва до 300 мм і щонайменше трьох прихваток при довжині шва до 500 мм. Прихватки для виконання швів більшої протяжності розташовуються конструктивно з виконанням наведених вище вимог щодо довжини та кроку між прихватами [8].

Після виконання складання та прихватки елементів ковша він надходить на ділянку роботизованого зварювання, де відбувається автоматичне виконання всіх зварних швів на параметрах режиму, зазначених вище.

Після виконання зварювання та охолодження зварного шва слід виконати очищення поверхні деталей від бризок розплавленого металу. Далі проводять візуальний контроль якості та ультразвуковий контроль якості.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		28

2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями

При виготовленні зварної конструкції ковша бульдозера важливо враховувати, що внаслідок нерівномірного нагрівання та охолодження металу під час зварювання виникають внутрішні напруження і деформації. Для їх зменшення застосовується комплекс конструктивних, технологічних та організаційних заходів.

Перш за все, на етапі проектування конструкції передбачають раціональну форму та симетрію виробу. Симетричне розташування елементів і зварних швів дозволяє врівноважити теплові деформації. Також зменшують кількість зварних з'єднань і уникають надмірної концентрації швів в одному місці.

Важливим заходом є правильний вибір послідовності зварювання. Зварювання виконують у такому порядку, щоб забезпечити рівномірний розподіл теплових напружень - наприклад, від центру до країв або симетрично відносно осі конструкції. Часто застосовують зворотно-ступінчастий (розбивка шва на короткі ділянки) метод [12].

Для зменшення деформацій використовують жорстке закріплення деталей у складальних пристроях (кондукторах). Це дозволяє утримувати форму конструкції під час зварювання. Разом із цим застосовують прихоплення, які забезпечують точне взаємне розташування елементів.

Ефективним методом є попереднє деформування (зворотній вигин) елементів. Деталі спеціально деформують у напрямку, протилежному очікуваній деформації після зварювання, щоб після охолодження отримати правильну форму.

Також застосовується раціональний вибір режимів зварювання: зменшення тепловкладення, використання оптимального струму, напруги та швидкості зварювання. Перевагу надають методам, які дають менше теплове навантаження (наприклад, напівавтоматичне зварювання).

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		29

Для зниження залишкових напружень використовують термічну обробку - попередній підігрів і, за потреби, післязварювальний відпал. Це особливо актуально для товстих і відповідальних елементів ковша.

Крім того, важливим є раціональне розміщення ребер жорсткості, які підвищують стійкість конструкції до викривлення.

У процесі виготовлення також застосовують механічне вирівнювання (правлення) після зварювання, якщо деформації все ж виникли.

Зменшення зварювальних напружень і деформацій при виготовленні ковша бульдозера досягається комплексним підходом: від правильного проєктування конструкції до вибору технології зварювання, використання спеціальних пристроїв і термічної обробки. Це забезпечує високу точність, міцність і довговічність виробу [13].

2.2.4 Технічний контроль якості

Після виконання зварювання та охолодження слід виконати очищення поверхні деталей від шлаку та бризок розплавленого металу. Далі проводять візуальний контроль якості. Неозброєним оком та із застосуванням комплекту для візуально-вимірювального контролю, представленого на рисунку 2.11 а. До складу комплекту входить футляр для зберігання, в якому вміщено інструкцію для проведення контролю, електричний ліхтарик, набір луп збільшенням 3, 4, 7 і 10 разів без підсвічування.

Лупа збільшенням 3, 5 рази з підсвічуванням, електричний ліхтарик, металева лінійка, штангенциркуль, універсальний шаблон зварювальника, набір радіусних шаблонів, рулетка, маркер по металу, набір щупів. У ході проведення візуального контролю не допускається груба лускатість зварного шва, напливи та подрізи понад 0,5 мм. Не допускаються тріщини всіх видів та напрямків, що виходять на поверхню пори розміром більше 2 мм, заниження зварного шва. Якщо виявлено неприпустимий дефект, дефектне місце вирубують і переплавляють [14]. До наступних методів контролю приступають тільки після позитивного рішення за результатами візуального контролю. Після проведення

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		30

візуального контролю проводять перевірку якості ультразвуковими методами із застосуванням представленого на рисунку 8-б ультразвукового дефектоскопа UCD-50. Обсяг контролю ультразвуковими методами становить 30%. Здебільшого контролю слід вибирати місця з підозрою на наявність недопустимих дефектів [12].



Рисунок 2.11 – Набір для проведення візуально-вимірального контролю (а) та ультразвуковий дефектоскоп UCD-50 (б)

Якщо під час перевірки якості було виявлено неприпустимий дефект, дефектне місце слід вирубати та переварити з проведенням контролю візуального та ультразвукового. Дозволяється не більше двох переварок дефектного місця, так як більша кількість циклів зварювання призводить до погіршення структури основного металу та погіршення експлуатаційних властивостей виробу [15].

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Компонування складальних та зварювальних установок

Прикладом оснастки, що відповідає наведеним вище вимогам, є кондуктор для складання та зварювання ковша бульдозера. Це складально-зварювальне пристосування має достатню жорсткість і призначене для точного збирання елементів зварного вузла з подальшим виконанням зварювання. Використання кондуктора дозволяє уникнути постійного контролю розмірів, заданих кресленням, оскільки їх точність забезпечується раціональним розташуванням фіксаторів і надійною фіксацією вузла в пристосуванні [16].

Кондуктор виконаний у вигляді поворотної рами 1, що оснащена балками 2, призмами 3, відкидними упорами 4, стояками 6, вилками 7, пневмосистемою 8 та притискачами 9. Загальний вигляд кондуктора для зварювання ковша бульдозера наведено на рисунку 3.1.

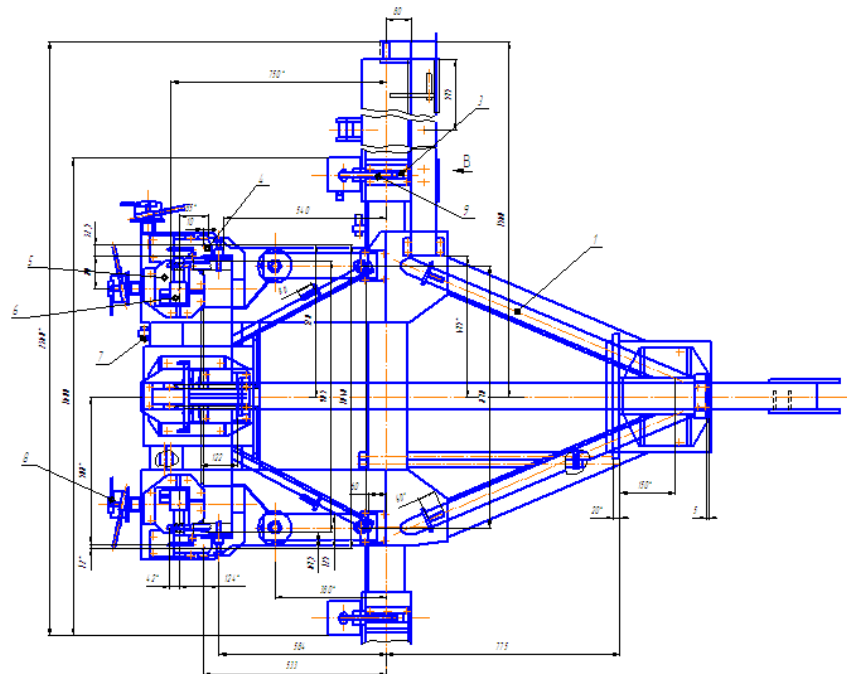


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд кондуктора для зварювання ковша бульдозера

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		32

Для виготовлення планера ковша бульдозера будемо використовувати пристосування зображене на рисунку 3.2.

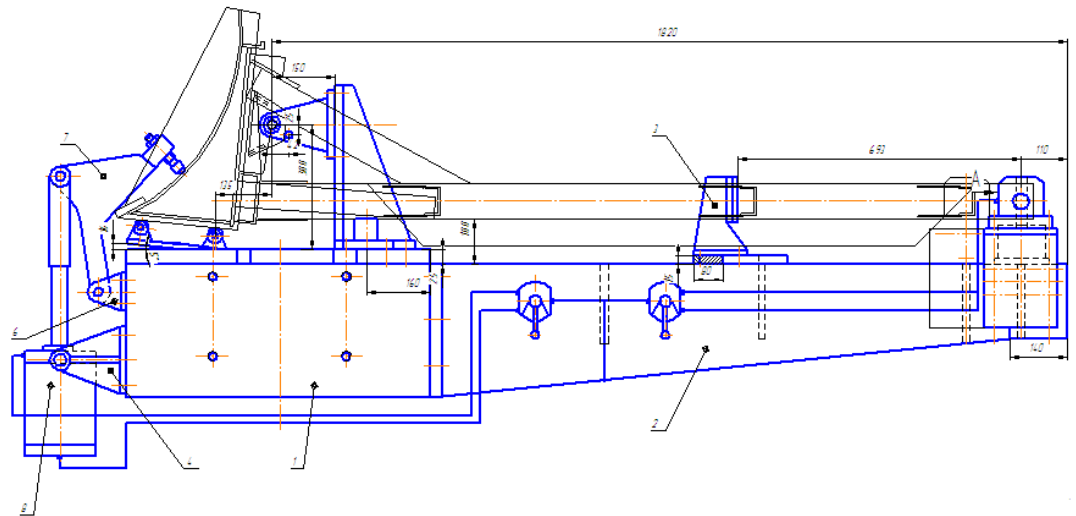


Рисунок 3.2 – Пристосування для виготовлення планера ковша бульдозера

Пристосування для складання планера включає такі основні складальні одиниці: боковини 1, основу 2, упори 3, кронштейни 4, опору 5, притискачі 6, затискний пристрій 7, а також пневмосистему 8.

Дане пристосування призначене для надійної фіксації та закріплення заготовок або окремих вузлів виробу, що зварюється, а також для забезпечення необхідної точності та якості зварних конструкцій.

Основа пристосування (рисунок 3.3) є базовим елементом, який об'єднує всі складові частини в єдину конструкцію. На ній розміщуються опорні та напрямні елементи, упори й опори, що визначають положення деталей, а також кронштейни та фіксатори. Основа сприймає масу виробу та всі навантаження, що виникають у процесі складання і зварювання, забезпечуючи при цьому точність взаємного розташування деталей, а також необхідну міцність і жорсткість конструкції [17].

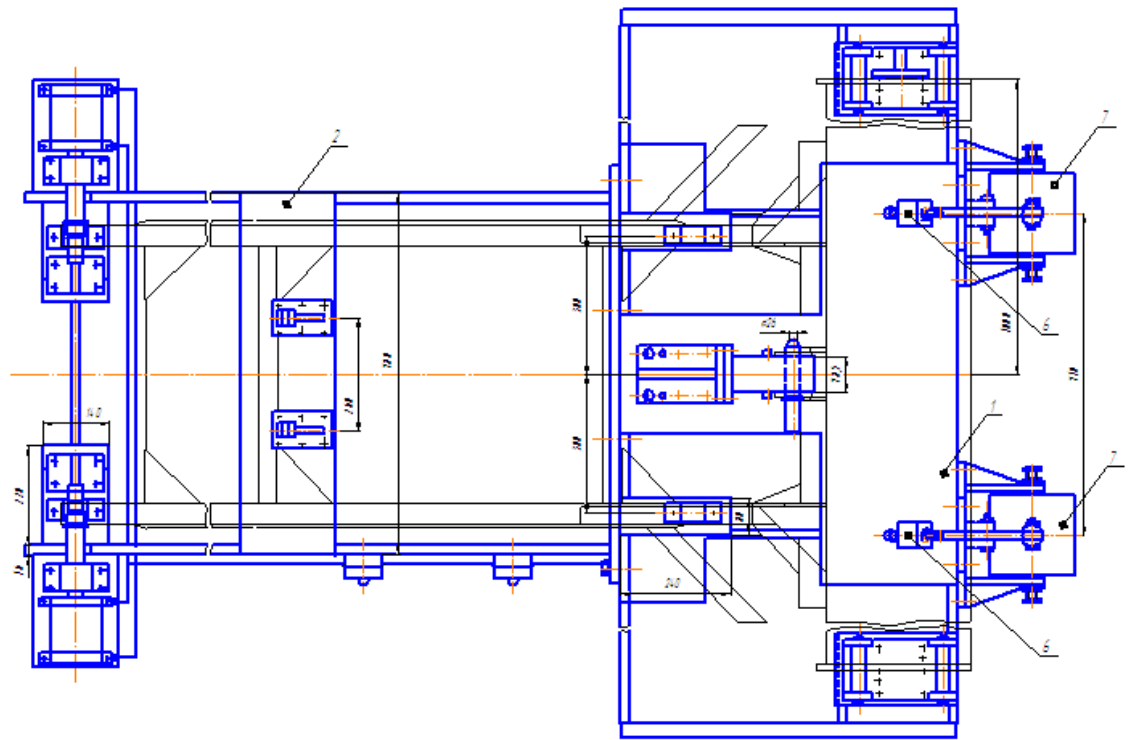


Рисунок 3.3 - Пристосування для виготовлення планера ковша
бульдозера

Форма і розміри основи залежать від конфігурації виробу, який складається в пристосуванні, а також від типу і розташування фіксуючих, затискних та направляючих елементів (рисунок 3.4).

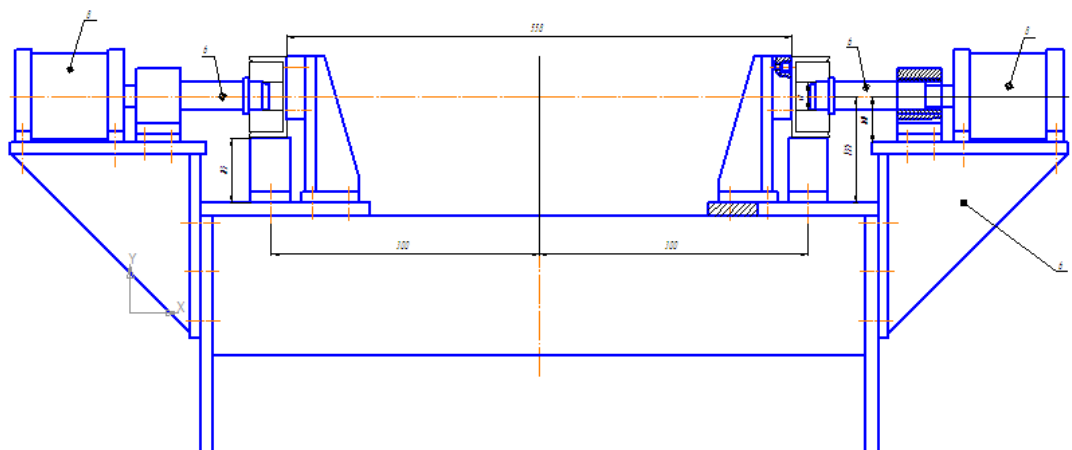


Рисунок 3.4 – Розміщення фіксуючих елементів пристосування для
складання ковша

Установчі елементи пристосування для зварювання планера забезпечують правильне орієнтування деталей відповідно до правила шести точок. Схема пристосування, що застосовується при виготовленні цієї конструкції, гарантує необхідну послідовність виконання складально-зварювальних операцій.

Деталі конструкції встановлюються в пристосування, вирівнюються за допомогою упорів і фіксаторів, після чого надійно закріплюються (рисунок 3.5).

Затискний механізм призначений для надійної фіксації заготовок, деталей і складальних одиниць, установлених у пристосуванні, відповідно до вимог технологічної документації протягом усього процесу складання та зварювання [18].

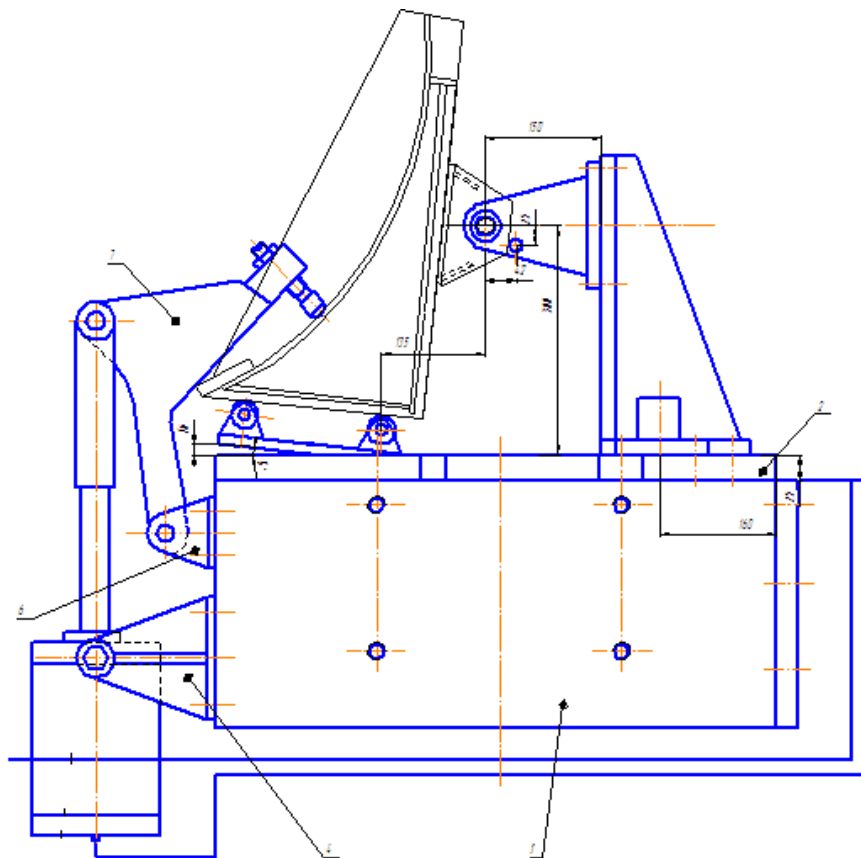


Рисунок 3.5 – Пристосування для складання планера бульдозера

3.2 Розрахунок важільного механізму затискного пристосування

Зусилля $P_{ст}$, що виникає від пневмоциліндра, створюється момент M_1 . Величина якого рівна і у другій частині важільного механізму, тому враховуючи співвідношення довжин плеч важеля можна визначити затискне зусилля P_c на клинах механізму [19].

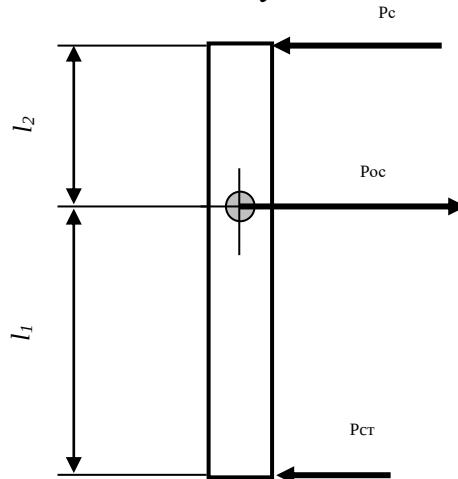


Рисунок 3.6 - Розрахункова схема затискного пристосування

Вихідні дані для розрахунку:

Зусилля затискання, Н - $P_{ст} := 6 \cdot 10^3$

Довжина плеча, м - $l_1 := 140 \cdot 10^{-3}$

Довжина плеча, м - $l_2 := 50 \cdot 10^{-3}$

Робочий діаметр пневмоциліндра, м - $D := 90 \cdot 10^{-3}$

Зусилля $P_{ст}$, що розвивається пневмоциліндром, створює обертовий момент M . Оскільки $P_{ст} = P_{зр}$, то можна визначити зусилля циліндра H :

$$P_c := \frac{P_{ст} \cdot l_1}{l_2} \quad P_c = 1.68 \times 10^4 \quad (3.1)$$

Значення обертового моменту M , Н·м:

$$M := P_c \cdot l_2 \quad M = 840 \quad (3.2)$$

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36

Враховуючи, що $\sum_x F_x = 0$ та $\sum_y F_y = 0$ знаходимо $P_{oc} (H)$ – зусилля,

яке діє на осі планки:

$$P_{oc} := P_{st} + P_c \quad P_{oc} = 2.28 \times 10^4 \quad (3.3)$$

Щоб визначити глибину загвинчування стержня вилки в планку, запишемо умову рівномірності різьби на зріз і стержня на розтяг у такому вигляді:

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot D_1 \cdot H \cdot K \cdot K_m} = 0.6 \cdot \sigma_T = \frac{0.24 \cdot F}{\pi \cdot D_1^2} \quad (3.4)$$

Звідси при $K = 0.87$ і $K_m = 0.6$ отримуємо:

$$H = 0.8 \cdot D_1$$

де D -внутрішній діаметр різьби стержня, м- $D_1 := 25 \cdot 10^{-3}$

$$H := 0.8 \cdot D_1 \quad H = 0.02$$

Зважаючи на те, що осі планки істотно впливають на її габаритні розміри, необхідно виконати перевірку умов міцності осі на зріз і зминання.

Матеріал осі планки – Сталь 20. $\sigma_b := 490$

$$\tau_{zr} := 0.2 \cdot \sigma_b \cdot 10^6 \quad \tau_{zr} = 9.8 \times 10^7 \quad (3.5)$$

$$\sigma_{zm} := 0.5 \cdot \sigma_b \cdot 10^6 \quad \sigma_{zm} = 2.45 \times 10^8$$

Оскільки в даному механізмові є дві осі, то і розраховуємо два діаметри осей з умови забезпечення міцності на зріз, м:

$$d_{zr1} := \sqrt{\frac{2 \cdot P_{st}}{\pi \cdot \tau_{zr}}} \quad d_{zr1} = 6.243 \times 10^{-3} \quad (3.6)$$

$$d_{zr2} := \sqrt{\frac{2 \cdot P_{oc}}{\pi \cdot \tau_{zr}}} \quad d_{zr2} = 0.012 \quad (3.7)$$

Приймаємо $d_1 = 8 \text{ мм}$ $d_2 = 15 \text{ мм}$

Приймаємо товщину пластини, м:

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		37

$$s := 10 \cdot 10^{-3}$$

Визначаємо діаметри осей з умови забезпечення міцності на зминання, м:

$$d_{zm1} := \frac{P_{st}}{\sigma_{zm} \cdot s} \quad d_{zm1} = 2.449 \times 10^{-3} \quad (3.8)$$

$$d_{zm2} := \frac{P_{oc}}{\sigma_{zm} \cdot s} \quad d_{zm2} = 9.306 \times 10^{-3} \quad (3.9)$$

Вибираємо найбільше розрахункове значення діаметрів осей приймаємо значення діаметрів осей, м:

$$d_1 := 0.01 \quad d_2 := 0.015 \quad (3.10)$$

Визначаємо площу зрізу пластини, м²:

$$d := 0.015$$

$$F_{Zr} := \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad F_{Zr} = 1.767 \times 10^{-4} \quad (3.11)$$

де d - діаметр пальця в м.

Щоб уникнути ослаблення пластини в небезпечному перерізі, у зоні розташування осі необхідно визначити мінімально допустиму товщину перемички та скоригувати габаритний розмір пластини до нормативного значення.

Товщина перемички в критичному перерізі з умови забезпечення міцності на зріз визначається за відповідною залежністю [13].

$$t_{Zr} := \frac{P_{oc}}{\tau_{Zr} \cdot s} \quad t_{Zr} = 0.023 \quad (3.12)$$

Приймаємо товщину пластини між отвором осі та краєм пластини, м:

$$t := 0.045$$

Приймаємо товщину пластини, м:

$$t_{pl} := 2 \cdot t + d \quad t_{pl} = 0.105 \quad (3.13)$$

Перевіряємо міцність пластини на розтяг-стиск:

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		38

$$\sigma_{drpl} := 0.4 \cdot \sigma_b \cdot 10^6 \quad \sigma_{drpl} = 1.96 \times 10^8 \quad (3.14)$$

Дійсний момент інерції перерізу становить:

$$J_z := \frac{s \cdot t_{pl}^3 - s \cdot d^3}{12} \quad J_z = 9.619 \times 10^{-7} \quad (3.15)$$

Визначаємо віддаль від осі інерції пластини до найбільш віддаленої точки, м:

$$y_{\max} := \frac{t_{pl}}{2} \quad y_{\max} = 0.053 \quad (3.16)$$

Визначаємо величини деформацій обох кінців пластини. Модуль Юнга першого роду для обраної марки сталі пластини дорівнює:

$$E := 2.1 \cdot 10^{11}$$

$$F_1 := \frac{P_c \cdot (l_1)^3}{3 \cdot E \cdot J_z} \quad F_1 = 7.607 \times 10^{-5}$$

$$F_2 := \frac{P_{st} \cdot (l_2)^3}{3 \cdot E \cdot J_z} \quad F_2 = 1.238 \times 10^{-6} \quad (3.17)$$

Визначаємо величину кута повороту обох кінців пластини:

$$\Theta_1 := \frac{P_{st} \cdot (l_1)^2}{3 \cdot E \cdot J_z} \quad \Theta_1 = 1.941 \times 10^{-4}$$

$$\Theta_2 := \frac{P_c \cdot (l_2)^3}{3 \cdot E \cdot J_z} \quad \Theta_2 = 3.465 \times 10^{-6}$$

3.3 Планування зварювальної ділянки

Ширину прогону визначають, якщо місця складування розміщені по фронту робочих місць, тобто по обидва боки прогону за формулою (3.18):

$$B_{np} = 2(e_1 + e_m) + e_n \quad (3.18)$$

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		39

де b_1 – відстань від тильної сторони робочого місця до осі колон або до стіни будівлі (1,0–1,6 м);

b_2 – відстань між робочим місцем і місцем складування деталей або складальних одиниць (1,0–1,6 м);

b_m – ширина робочого місця, включаючи складально-зварювальні стенди, яка залежить від габаритів виробу. У загальну ширину робочого місця також включається ширина проходів для робітників (1,4–1,6 м);

b_n – ширина магістрального проїзду між двома лініями робочих місць, розташованих в одному прогоні (3–4 м) [20].

Таким чином, ширина прогону визначається за формулою:

$$B_{np} = 2(1,6 + 1,6 + 1,6) + 4 = 13,6 \text{ м}$$

Остаточний розмір ширини прогону з урахуванням найбільш раціонального розташування устаткування повинен дорівнювати 9, 12, 18, 24, 30 або 36 м. Отже, ширина прогону становить 18 м.

Після цього наносять другий ряд колон. Довжина прогону встановлюється кратною 12 або 6 та визначається розрахунковим шляхом за формулою (3.19):

$$L = l_c + l_1 + n \cdot l_2 + m \cdot l_3 + k \cdot l_4 + l_5 \quad (3.19)$$

де l_c – довжина складу металу; визначається габаритними розмірами та кількістю типорозмірів листів;

l_1 – відстань між складальним та робочим місцем, 1,0-1,6 м;

n, k – кількість стендів;

l_2, l_4 – довжина робочих місць, яка визначається розмірами устаткування, або виробу, для складально-зварювальних ділянок $l = l_b + 2,4$ м;

m – кількість проходів між стендами;

l_3 – відстань між стендами, 1,4-2,2 м;

l_5 – відстань від тильного боку устаткування до осі колон, 1,0-1,6 м [9].

Обчислимо довжину прогону:

$$L = 1,1 + 1 + 3 \cdot 4 + 1,4 \cdot 3 + 3 \cdot 4 + 1 = 36 \text{ м}$$

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		40

Після визначення площі прольоту (дільниці або цеху) підбирають відповідну кількість типових уніфікованих секцій.

Висота складально-зварювального цеху визначається габаритами складальних одиниць і готових виробів, розмірами технологічного обладнання, а також наявністю верхнього транспорту (мостових кранів, кран-балок, монорейкових підвісних візків тощо) [20].

Отримані геометричні параметри компоувальної схеми запроєктованого цеху дають змогу виконати його план у масштабі 1:200 або 1:400. На плані наносять сітку колон, позначають межі розташування виробничих підрозділів і, за наявності площі, допоміжних приміщень.

Кожній одиниці обладнання присвоюють інвентарний номер, після чого складають відповідну специфікацію [21].

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		41

4 БЕЗПЕКА ПРАЦІ

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Вплив хімічних речовин на шкіру та верхні дихальні шляхи

При попаданні на поверхню тіла агресивні рідини можуть спричиняти хімічні опіки, нерідко важкі, здатні призвести до втрати працездатності та навіть інвалідності. При величезних хімічних опіках можливий смертельний результат. Особливо небезпечне попадання агресивних рідин у очі, що може стати причиною безповоротної втрати зору. Причинами місцевих уражень можуть бути не тільки самі агресивні рідини, але й високі концентрації повітря з азотною кислотою та іншими речовинами. При цьому найчастіше уражаються органи дихання та очі, а також волога шкіра. Дія газоподібних речовин на слизові оболонки дихальних шляхів та очей значною мірою залежить від розчинності цих речовин у воді та здатності вступати у хімічну взаємодію з тканинами організму. Гази, добре розчинні у воді володіють високою хімічною активністю, зазвичай мають сильну подразнювальну дію на верхні дихальні шляхи та очі. При цьому спостерігаються почуття першіння в носі та в горлі, різкий біль за грудиною та в очах, кашель, ускладнене дихання, сльозотечу. Вплив особливо агресивних газів здатний спричинити спазм гортані, що може призвести до задухи. Для вивлення структури металу зварного шва застосовується шкідливі речовини, такі як азотна кислота, соляна кислота, фторид натрію. Вони є їдкими речовинами та відносяться до речовин 3-го класу небезпеки. Азотна кислота викликає сильні опіки при контакті зі шкірою, та її пари вражають слизові оболонки, дихальні шляхи [22].

Перевищення рівня шуму.

Шумом називають будь-який небажаний звук чи сукупність таких звуків. Звук хвилеподібно поширюється в пружному середовищі. Джерелом звуку може бути будь-яке тіло, що коливається. При зіткненні цього тіла з довкіллям

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		42

утворюються звукові хвилі. Хвилі згущення викликають підвищення тиску в пружному середовищі, а хвилі розрядження - зниження. Звідси виникає поняття звукового тиску - це змінний тиск, що виникає під час проходження звукових хвиль додатково до атмосферного тиску. Шум є одним із найбільш поширених несприятливих факторів виробничого середовища, вплив якого на працюючих супроводжується розвитком у них передчасної втоми, зниженням продуктивності праці, зростанням загальної та професійної захворюваності, а також травматизму. Основними джерелами в дільниці, де проводиться виготовлення, є зварювальне обладнання, механічне обладнання.

Санітарні норми шуму на робочих місцях встановлюються відповідно до СанПіН 2.2.4.3359-16 за назвою «Санітарно-епідеміологічні вимоги до фізичних факторів на робочих місцях» [22].

Відсутність або нестача природного світла.

Освітлення робочого місця – найважливіший чинник створення нормальних умов праці. Освітленню слід приділяти особливу увагу, тому що при роботі найбільше напруження одержують очі. Освітлення поділиться на природне, штучне та комбіноване.

Правильно спроектоване та виконане виробниче освітлення покращує умови зорової роботи, знижує втомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці, сприятливо впливає на виробниче середовище, надаючи позитивний психологічний вплив на працюючого, підвищує безпеку праці та знижує травматизм.

Недостатність освітлення призводить до напруження зору, послаблює увагу, призводить до настання передчасної втоми. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування та біль в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Перевищення нормативних параметрів освітлення призводить до зниження працездатності, тому що надмірна яскравість і блиск сліпить очі і

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		43

спотворює видимість. Всі ці причини можуть призвести до нещасного випадку або професійних захворювань [23].

Небезпека ураження електричним струмом.

Джерелом небезпеки при експлуатації електричного обладнання є підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини.

Електричний струм є найважливішим небезпечним чинником, дії якого може піддаватися персонал під час роботи. Уражаюча дія електричного струму залежить від наступних факторів:

- значення та тривалість проникнення струму через тіло людини;
- рід та частота струму;
- індивідуальні особливості людини.

Найбільш небезпечним є змінний струм із частотою 20...100 Гц. Встановлюються п'ять класів захисту: 0; 0І; І; ІІ; ІІІ. До класу 0 повинні належати вироби, що мають принаймні робочу ізоляцію та не мають елементів для заземлення, якщо ці вироби не віднесені до класу ІІ або ІІІ. До класу 0І повинні належати вироби, що мають принаймні робочу ізоляцію, елемент для заземлення та провід без заземлювальної жили для приєднання до джерела живлення. До класу І повинні належати вироби, що мають принаймні робочу ізоляцію та елемент для заземлення. У випадку, якщо виріб класу І має провід для приєднання до джерела живлення, цей провід повинен мати заземлюючу жилу та вилку із заземлюючим контактом. До класу ІІ повинні належати вироби, що мають подвійну або посилену ізоляцію та не мають елементів для заземлення. До класу ІІІ слід відносити вироби, призначені для роботи при безпечній наднизькій напрузі, що не мають ні зовнішніх, ні внутрішніх електричних кіл, що працюють при іншій напрузі. Чинним правилам облаштування електроустановок приміщення підрозділені на три класи.

І. Приміщення без підвищеної небезпеки: сухі, з нормальною температурою повітря, з підлогами, що проводять струм. ІІ. Приміщення з підвищеною

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		44

небезпекою: сирі із відотною вологістю повітря (тривалою) понад 75%; жаркі з температурою повітря, що тривало перевищує +30°C; з підлогами із струмопровідних матеріалів; з великою кількістю струмопровідного технологічного пилу, що виділяється, осідає на проводах і проникає всередину електроустановок. III. Приміщення особливо небезпечні: особливо сирі з відотною вологістю повітря, близькою до 100%, хімічно активним середовищем, одночасною наявністю двох і більше умов, властивих приміщенням з підвищеною небезпекою [22].

Загальні травми, спричинені дією електричного струму – електричний удар, можуть призвести до судом, зупинки дихання та серцевої діяльності. Місцеві травми: металізація шкіри, механічні пошкодження, опіки, також дуже небезпечні.

4.2 Заходи щодо забезпечення безпеки праці

Для забезпечення встановлених норм мікрокліматичних параметрів та чистоти повітря на робочих місцях та у приміщеннях застосовують вентиляцію. Загальнообмінна вентиляція використовується для забезпечення у приміщеннях відповідного мікроклімату. У холодну пору року передбачається система опалення. Для опалення приміщень використовують водяні системи центрального опалення. При недостатній ефективності центрального опалення повинні бути використані електричні масляні нагрівачі [23].

При роботі з небезпечними речовинами застосовують засоби індивідуального захисту (латексні рукавички, захисні маски, захисні окуляри). Зберігання та робота небезпечних речовин проводиться у витяжній шафі. При термічних опіках першого ступеня (почервоніння та припухлість) обпечене місце треба обробити спиртовим розчином таніну, 96%-ним етиловим спиртом або розчином перманганату калію. При опіках другого і третього ступеня (бульбашки та виразки) допустимі тільки знезаражуючі примочки з розчину

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		45

перманганату калію. При опіках кислотами необхідно промити уражене місце великою кількістю проточної води, а потім 3% розчином гідрокарбонату натрію, після чого – знову водою. При опіках лугами потрібно промити джерело ураження проточною водою, а потім розбавленим розчином борної чи оцтової кислоти. При попаданні лугу або кислоти в очі необхідно промити їх проточною водою (3 - 5хв), а потім розчином борної кислоти (у разі попадання лугу) або гідрокарбонату натрію (у разі попадання кислоти). При попаданні на шкіру їдких органічних речовин, не розчинних у воді, їх необхідно змити більше. Після надання першої допомоги постраждалий має бути направлений до медпункту [22].

Перевищення рівня шуму

Для зменшення шуму в лабораторії були застосовані такі заходи: обладнання, яке виробляє сильний шум, розташовується в окремих кімнатах, завдяки чому співробітники лабораторії не піддаються впливу шкідливого шуму. Працюючи з шумним устаткуванням видаються засоби індивідуального захисту як протишумних навушників.

Відсутність або нестача природного світла

Приміщення поділяються відповідно до завдань для зорової роботи. Лабораторії відносяться до І групи – приміщення, у яких виконуються розрізнення об'єктів зорової роботи за фіксованого напрямку лінії зору працюючих на робочу поверхню. У лабораторії використовують суміщене освітлення. У науково – технічні лабораторіях середня освітленість має дорівнювати 400 люкс. У лабораторії де знаходяться ЕОМ, дуже важливо, щоб все поле зору було висвітлено рівномірно. Ступінь освітлення приміщення та яскравість екрану ЕОМ повинні бути приблизно однаковими, тому що яскраве світло в районі периферійного зору значно збільшує напруженість очей, що призводить до швидкої втомлюваності очей. Для роботи з ЕОМ рекомендуються приміщення з одностороннім природним бічним освітленням з північною, північно-східною або північно-західною орієнтацією світлопролітів [22].

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		46

Небезпека ураження електричним струмом

Перед допуском до проведення операцій, що виконуються на устаткуванні, проводиться інструктаж з безпеки з реєстрацією в журналі. Інструктаж повинен проводитись періодично.

До робіт з проведення технологічних операцій при проведенні технологічного процесу допускаються особи, які мають кваліфікаційну групу не нижче III з електробезпеки для роботи з електроустановками напругою до 1000 В.

Для запобігання ураженню електричним струмом у лабораторії застосовуються такі основні методи захисту:

- ізоляція, захисне заземлення;
- недоступність струмопровідних шляхів;
- використання подвійної (робочої та додаткової ізоляції);
- захисне відключення;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів;
- організація безпечної експлуатації.

У разі виявлення несправності обслуговуючий персонал зобов'язаний відключити обладнання та вжити заходів до негайного усунення виявлених несправностей [23].

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		47

ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі вирішені питання, спрямовані на підвищення ефективності збирання та зварювання ковшів будівельної техніки на прикладі ковша бульдозера. На основі експертної оцінки виконано обґрунтування вибору способу зварювання, для побудови проектної технології пропонується застосувати зварювання в захисних газах дротом суцільного перерізу. Для прихоплення елементів пропонується застосувати механізоване зварювання.

Технологія виготовлення ковша бульдозера включає технологічний процес складання та зварювання рами та планера бульдозера.

Для зварювання відвалу бульдозера запропоновано напівавтоматичне зварювання в середовищі суміші газів МІКС-1. У відповідності з технологією виготовлення було підібрано основне зварювальне обладнання та оснастка.

Для складання елементів конструкції виробу використаний зварювальний кондуктор та пневмопритискачі, які забезпечують достатнє складальне зусилля та швидке закріплення і вивільнення вузлів, які складаються.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		48

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Координація зварювальних робіт [Електронний ресурс] – Електронні метод. вказ. до практичних занять та самостійної роботи з дисц. для студ. напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр/ Уклад.: О.А. Гаєвський, В. О. Гаєвський – К.: 2012.-48 с.
2. Кривов Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник / Г.О.Кривов, К.О.Зворикін. - К.: КВІЦ, 2012. - 896 с.
3. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. Посібник. – К.: Арістей, 2005. – 268 с.
4. Васильєв М. Основи технології зварювання. - Львів, Видавництво "Світ", 2015. - 256 с.
5. Виробництво зварних конструкцій: Практикум (Частина 1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 114 с.
6. Мельник Л. Зварювальні технології металів та сплавів. - Київ, Видавництво "Наукова думка", 2012. - 416 с.
7. Виробництво зварних конструкцій-4. Проектування засобів механізації зварювального виробництва. Курсовий проект: рекомендації до виконання [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.В. Лисак - Електронні текстові дані (1 файл: 0,64 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 35 с.

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		49

8. Сливінський О.А. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів: Навч. посібник. – К.:НТУУ «КПІ», 2010. – 260 с.
9. Черній О. Зварювання конструкцій зі сталі. - Харків, Видавництво "Основа", 2017. - 368 с.
10. Володимиров В. Зварювання. Технологія та обладнання. - Київ, Видавництво "Академвидав", 2014. - 224 с.
11. Хвалько О. Електрозварювання. - Львів, Видавництво "Світ", 2019. - 288 с.
12. Величко Г. Технологія зварювання. - Київ, Видавництво "Видавничий дім "Університетська книга", 2016. - 352 с.
13. Ігнатенко І. Зварювальні роботи: технологія і організація. - Харків, Видавництво "Основа", 2018. - 416 с.
14. Марчук В. Зварювання металоконструкцій. - Київ, Видавництво "Техніка", 2013. - 288 с.
15. Жуков О. Зварювання та контроль якості зварювання. - Київ, Видавництво "Логос", 2011. - 352 с.
16. Проектування технологічних процесів зварювального виробництва: Практичні заняття [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,27 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 87 с.
17. А.Д. Гітлевич Альбом механічного обладнання зварювального виробництва / Гітлевич А.Д.. - М.: Вища школа, 1974. – 142 с.
18. Зварювання у машинобудуванні. Довідник Т4/За ред. Зоріна Ю. І. - М.: Машинобудування, 1972. – 296 с.
19. Яворський А.В. Контроль якості зварювання: Конспект лекцій/ А.В. Яворський, В.Д. Миндюк - Івано-Франківськ: Факел, 2006. – 21-56 с.
20. Технологічне проектування виробничих площ [Електронний ресурс]. - Електронні метод. вказ. до практичних занять, домашньої контрольної та

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		50

самостійної роботи з кредит. модулю для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні» освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр / Уклад.: В.О. Гаєвський. – К.: 2017. – 37 с.

21.Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.

22.Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник / О.Г. Левченко. – К.: Основа, 2010 – 240 с.

23.Охорона праці та цивільний захист: Курс лекцій для студентів зварювальних спеціалізацій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій: «Технології та інжиніринг у зварюванні», «Автоматизовані технологічні системи у зварюванні», «Споріднені технології зварювання та ресурсозбереження»/ О. Г. Левченко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,84 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 370 с.

					КРБ.3Т-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		51

ДОДАТКИ

					КРБ.ЗТ-18.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		52