

**КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА БАКАЛАВРА
КРБ.ЗТ – 01.00.000 ПЗ**

Група ЗТ-21-1

Андрій Петранюк

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Кафедра: Будівництва

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА БАКАЛАВРА**
за освітньо-професійною програмою підготовки
бакалаврів “Інжиніринг зварювальних технологій ”
спеціальність 131 “Прикладна механіка”

Тема: «Розроблення технології складання
та зварювання понтонної переправи»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
КРБ.ЗТ-01.00.000 ПЗ

Студент групи ЗТ-21-1 Петранюк А.В.
(шифр групи) (підпис) (розшифрування підпису)

Допускається до захисту

Керівник : доцент Матвієнків О.М.
(посада) (підпис) (дата) (розшифрування підпису)

2025

					КРБ.ЗТ-01.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Кафедра: Будівництва

ОПП: Інжиніринг зварювальних технологій

Спеціальність: 131 - Прикладна механіка

Курс 4

Група ЗТ-21-1

Семестр 8

ЗАВДАННЯ

на випускню кваліфікаційну роботу бакалавра

Студенту: Петранюку Андрію Васильовичу

1. Тема роботи: Розробка технології складання та зварювання понтонної переправи.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи 12.06.2025
3. Вихідні дані до роботи: креслення виробу, виробництво – малосерійне, матеріал марки 09Г2С, технічні умови.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ

1 Загальний розділ

- 1.1 Загальна характеристика зварної конструкції виробу, та елементів
- 1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу
- 1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності
- 1.4 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу

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

					КРБ.ЗТ-01.00.000 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.1 Заготівельні операції

2.2.2 Розробка технології складання та зварювання

2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями

2.2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку

3 Конструкторський розділ

3.1 Компонування складальних та зварювальних установок

3.2 Розрахунок окремих елементів пристосувань

3.3 Розробка плану цеху

4 Безпека праці

Висновки по роботі

Список використаних джерел

Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу:

Додаток 1 – загальний вигляд понтонної переправи.

Додаток 2 – пристрій складальний.

Додаток 3 – пристрій складальний під вузла.

Додаток 4 – технологічний процес виготовлення понтонної переправи.

Додаток 5 - план складально-зварювального цеху

6.Дата видачі завдання: 18 березня 2025

					КРБ.ЗТ-01.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер і назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів	Примітки
<i>1 Вибір та ознайомлення з літературою для написання роботи</i>	<i>18.03.25р. ...20.03.2025р</i>	
<i>2 Ознайомлення з матеріалами, на базі яких виконується робота</i>	<i>21.03.25р. ...24.03.2025р</i>	
<i>3 Визначення літературних джерел та написання першого розділу роботи</i>	<i>25.03.25р. ...15.04.2025р</i>	
<i>4 Вивчення практичного матеріалу і написання наступних розділів роботи</i>	<i>16.04.25р. ...11.05.2025р</i>	
<i>5 Виконання розрахунково-графічної частини, додаткові та ілюстрації до роботи</i>	<i>12.05.25р. ...28.05.2025р</i>	
<i>6 Ознайомлення керівника з чорновим варіантом роботи</i>	<i>29.05.25р. ...30.05.2025р</i>	
<i>7 Оформлення роботи</i>	<i>31.05.25р. ...05.06.2025р</i>	
<i>8 Представлення роботи на кафедрі</i>	<i>07.06.2025р.</i>	
<i>9 Направлення на рецензування</i>	<i>09.06.2025р.</i>	

Студент: _____ Петранюк А.В.
 (підпис) (розшифрування підпису)

Керівник: _____ Матвієнків О.М.
 (підпис) (розшифрування підпису)

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк. 5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Анотація

Пояснювальна записка: 67 сторінок, 16 рисунків, 13 таблиць, 5 додатків.

Об'єктом дипломної кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення зварної конструкції – понтонної переправи та організація зварювального виробництва відповідно розробленого процесу.

В роботі проведено: аналіз зварного виробу, матеріалу виготовлення, виріб відповідних зварювальних матеріалів, вибрано способи зварювання, розраховані параметри режиму зварювання, вибрано основне та допоміжне зварювальне обладнання, розглянуті процеси зварювального та допоміжного виробництва, заходи з охорони праці при налагоджуванні даного зварювального виробництва. Вирішене завдання підвищення продуктивності праці та якості продукції існуючого виробництва, що повинно привести до зниження затрат: людських, матеріальних та енергетичних. Розглянуті фактори, які можуть негативно впливати на здоров'я, життя працюючого персоналу при організації запроектованого зварювального виробництва, запропоновані заходи по усуненні чи зведення до мінімуму впливу цих факторів.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Загальна характеристика зварної конструкції виробу, та елементів.	9
1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу	11
1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності.....	13
1.4 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування	17
2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання	19
2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів	21
2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання	22
2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування.....	28
2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	33
2.2.1 Заготівельні операції.....	33
2.2.2 Розробка технології складання та зварювання	38
2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями.....	41
2.2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку	43
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	46
3.1 Компонування складальних та зварювальних установок	46
3.2 Розрахунок окремих елементів пристосувань.....	48
3.3 Розробка плану цеху	56
4 БЕЗПЕКА ПРАЦІ	59
ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ.....	67

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

В бакалаврській роботі розроблений технологічний процес складання та зварювання понтонної переправи і пристосування для його складання. Актуальність проблеми, яку вирішує даний проект полягає в покращенні умови праці, збільшення продуктивності і зменшення собівартості виготовлення виробу.

Понтонна переправа є дуже важливим виробом на даний момент, так як дозволяє швидко переправити техніку, людей, та необхідне обладнання із одного берега на інший за короткий час. Оскільки він є легкий в транспортуванні та не займає багато часу для спускання на воду.

Складність виготовлення полягає в тому, що наявні методи збирання понтонної переправи є не досконалими в процесі складання та зварювання. При розробленні технологічного процесу виготовлення виробу вирішувались такі завдання:

- Максимальне застосування механізованих способів зварювання і отримання заготовок;
- Вибір простих та однакових деталей для збільшення продуктивності;
- Застосування спеціальних пристосувань для збільшення продуктивності праці при складанні – зварюванні вузла.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика зварної конструкції виробу, та елементів.

Понтонна переправа – це тимчасова інженерна споруда, що дозволяє переміщати техніку, вантаж та людей через водні перешкоди. Перевага цієї конструкції – це здатність швидко спускати та загрузати в умовах обмеженого часу та наявних ресурсів.

Понтонна переправа, як правило, являє собою герметичну металеву ємність, прямокутного перерізу, виготовлених з листового прокату. Конструкція повинна витримувати вагу транспорту, динамічні навантаження від води та температурні зміни. Корпус та елементи конструкції мають бути корозійно стійкими та покриватися спеціальними фарбами для захисту металу від води та ударів при експлуатації.

Щоб забезпечити міцність та герметичність конструкції необхідно дотримуватися вимог до якості зварювання, згідно з нормативними документами. Потрібно виконувати контроль якості на кожному етапі виробництва деталей та вузлів що уникнути браку в готовому виробі. Для зменшення дефектів в деталях та вузлах потрібно максимально усунути людський фактор та максимально на скільки це можливо механізувати процес заготівельних і зварювальних робіт.

Окрім того понтонна переправа повинна бути розроблена з урахуванням експлуатаційних стандартів. Весь вузол має бути зручним, безпечним, легким у використанні в польових умовах та обслуговуванні. Тому проектування понтонної конструкції має передбачати оптимальне співвідношення між міцністю, вагою та технологічністю виробу.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

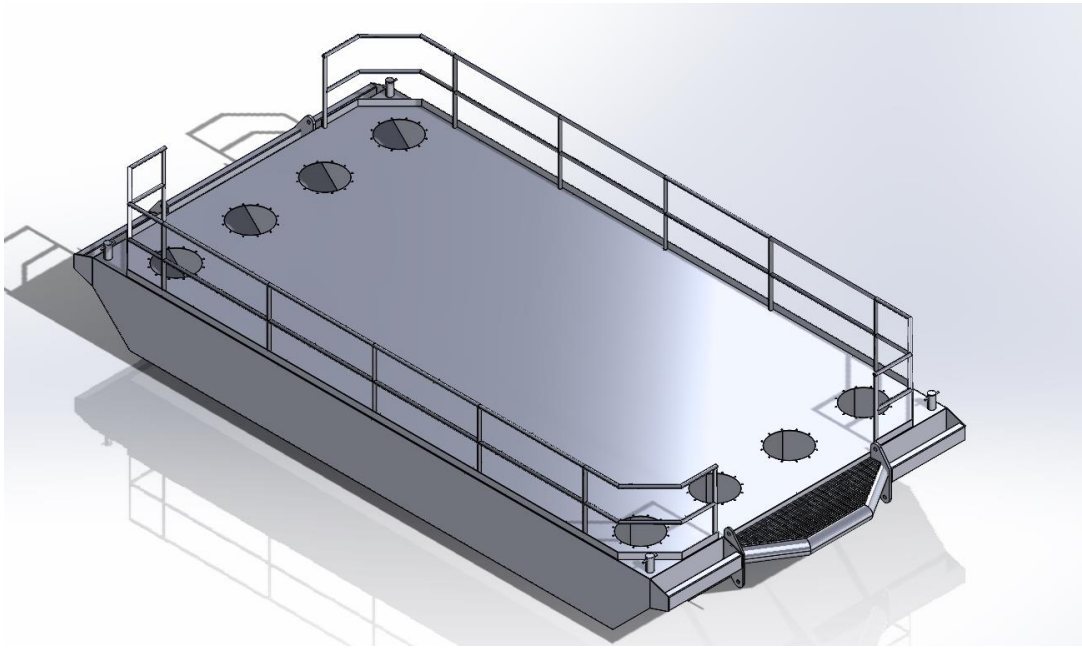


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд понтонної переправи

Даний вузол складається із таких деталей та під вузлів:

- Днище (поз.1) – 1 шт.;
- Підлога (поз.2) – 1 шт.;
- Боковини (поз.3) – 2 шт.;
- Перегородки (поз.4) – 3 шт.;
- Перегородки (поз.5) – 5 шт.;
- Торцева стінка (поз.6) – 2 шт.;
- Відбійник (поз.7) - 2 шт.;
- Лижі (поз.8) – 2 шт.;
- Вуха (поз.9) – 4 шт.;
- Перила (поз.10) – 2 шт.

Габаритні розміри зварної конструкції:

- довжина – 10000 мм;
- ширина – 4800 мм;
- висота – 2224 мм.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу

Технологічність зварної понтонної переправи визначається тим як вона пристосована для ефективного виготовлення, складання, зварювання, транспортування та експлуатації з мінімальними витратами.

Так як понтонна переправа складається з великих модульних елементів, технологічність досягається завдяки стандартизованих секцій, симетричній геометрії вузлів. Використовуючи плоскі та злегка зігнутих поверхонь значно полегшує процес розкрою і гнуття металу, а також забезпечує зручне розташування швів під зварювання.

Головними технологічними рисами є: - однакові деталі та вузли, симетрія, модульність, що полегшують складання під вузлів та їх зварювання. Використання прямолінійних з'єднання та елементів конструкції із мінімальною кількістю криволінійних поверхонь для уникнення появи дефектів у зварних швах.

Головною перевагою даної понтонної переправи є те що вона цілком виготовляється в цеху та транспортується до місця експлуатації уникаючи польових робі під час яких є велика ймовірність допуску дефектів як у конструктивних елементах так і в зварних швах.

Головною проблемою яка знижує технологічність даного зварного вузла є внутрішні перегородки так як вони обмежені за простором в них складно виконувати зварювальні роботи та дефектоскопію.

Для підвищення технологічності конструкції потрібно застосувати:

- Стандартизовані елементи конструкції;
- Однакові типорозмірів деталей;
- Спроекувати зручний доступ для контролю та обслуговування після виготовлення;

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Використовувати технологічне оснащення для збільшення продуктивності;
- Зменшення ваги виробу за рахунок зменшення товщини не конструкційних елементів не втрачаючи міцності конструкції;
- Використання автоматичних способів зварювання для підвищення продуктивності.

Однією із важливих аспектів технологічності понтонної переправи є можливість відновлення пошкоджених ділянок. Конструкція на етапі розробки повинна враховувати легкий демонтаж у разі пошкодження якоїсь секції та швидкий ремонт в польових умовах з задовільною якістю.

Використання змішаних способів зварювання наприклад зварювання під шаром флюсу та напівавтоматичним в захисних газах, підвищать продуктивність роботи та зменшать час на виготовлення одного виробу. Так як даний зварний вузол складається з листового прокату в ньому є велика кількість прямолінійних швів тому доцільніше використовувати змішані способи зварювання для різних просторових положень.

Велику роль у технологічності відіграє просторове розміщення зварних швів. У даній зварній конструкції більшість швів виконуються в нижньому положенні, що дозволить використати автоматичне зварювання під шаром флюсу, який зарекомендував себе як високопродуктивний спосіб з хорошою якістю зварних з'єднань.

До недоліків конструкції можна віднести наявність замкнутих порожнин, що ускладнює контроль якості швів і обслуговування. Проте ці труднощі можна усунути за рахунок розбиття даної конструкції на вузли та під вузли, що збільшить ефективність складання та зменшить виникнення браку при зварюванні.

Також варто відзначити, що розбиття даної понтонної переправи дасть змогу використати більше пристроїв складальних для різних вузлів та

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

під вузлів зменшить час на складання та дасть змогу не виконувати розмітки, які потрібно провести щоб викласти деталі згідно з технічним креслення вузла.

1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності

Для виготовлення зварної конструкції понтонної переправи є доцільно використовувати низьколеговані конструкційні сталі. Вони забезпечують потрібну міцність, зручність в обробці та зварюваність. Для даної конструкції підібрана сталь 09Г2С, яка широко використовується в різних галузях: машинобудуванні, будівництві мостів та суден, та інших галузях промисловості.

Сталь 09Г2С належить до класу низьколегованих сталей перлітного класу. Вона відзначається підвищеною міцністю, високою пластичністю, гарною в'язкістю при низьких температурах та стійкістю до динамічних навантажень. Основними легуючими елементами є марганець (до 2%) і кремній (до 0,6%), що сприяють покращенню механічних властивостей, не погіршуючи зварювальність. Завдяки цьому, матеріал гарантує надійність зварних з'єднань навіть за нерівномірних навантажень, за нерівномірних навантажень, характерних для понтонних конструкцій при експлуатації на воді.

Нище в таблиці наведено хімічний та механічні властивості сталі 09Г2С.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 09Г2С в процентному співвідношенні [14]

C	Si	Mn	Ni	S	P	As	Cu	V	Cr	Fe
0,12	0,5-0,8	1,3- 1,7	0,30	0,030	0,030	0,008	0,030	0,12	0,30	~96- 97

					КРБ.ЗТ-01.00.000					Арк.
										13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 09Г2С [14]

Властивості	Значення
Границя плинності, δ_v Н/мм ²	не менше 345
Тимчасовий опір розриву δ_v Н/мм ²	510-660
Відносне подовжування, δ_v , %	не менше 21
Ударна в'язкість, Дж/см ²	не менше 343
Твердість за Брінеллем, НВ	170-210
Щільність, кг/м ³	7850

Властивості сталі вказують на те, що сталь виявляє відмінну опірність до динамічних та імпульсивних навантажень, також демонструє хорошу здатність до деформацій, що гарантує ефективне поглинання енергії при ударі. Це є надзвичайно важливим для понтонних переправ, так як вони регулярно піддаються коливанням, вібраціям та ударам від води, транспортних засобів чи навантажень.

Дана сталь відноситься до добре зварювальних так як в ній вуглицю до 0,12% це дозволяє виконувати зварювання без використанні попередніх підігрівів які збільшують час на виготовлення та вартість виробу. Зменшується ймовірність утворення гарячих тріщин які призводять до розгерметизації та руйнуванню виробу які не допустимі.

Важливим аспектом використанні сталі 09Г2С є її здатність зберігати високі експлуатаційні властивості в агресивному середовищі зокрема при контактів із водою, яка містить розчини солі та інші забруднення. Тому застосовують додаткове антикорозійне покриття чи цинкування для захисту металу та продовження експлуатаційних можливостей.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.4 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу

В більшості підприємствах які виробляють зварні конструкції зокрема понтони, використовують стандартний технологічний процес він включає в себе такі послідовні операції: розкрій, чищення деталей, складання, зварювання, перевірка якості та нанесення антикорозійного покриття. Етапи цього процесу можуть коригуватися, зважаючи на умови виробництва, але в загальному зберігаються стандартну структуру.

Розкрій сталевого листа, з якого виготовляють обшивку та елементи каркасу понтона. Зазвичай виконують плазмовим різанням, так як воно забезпечує потрібну точність та якість різки деталей. Далі деталі передають на зачищення та підготовки фасок під зварювання. На цьому етапі перевіряють геометричні розміри даних деталей для усунення браку.

Складання понтонних секцій здійснюється з використанням шаблонів, кондукторів, що гарантують точність взаємного розташування деталей. На даному етапі встановлюються поперечні перегородки, монтажні вуха. Для зменшення деформацій від зварювання застосовують прихвачування в деяких місцях з наступним зварюванням в оптимальній послідовності.

Зварювання переважно здійснюється напівавтоматичним або ручним дуговим методом, в залежності від умов доступу до шва. Для забезпечення герметичності зварних з'єднань застосовують багато шарове зварювання з ретельним контролем проміжної зачистки. Перевірка якості швів проводиться візуально вимірювальним методом та дефектоскопією або ультразвуковим неруйнівним контролем.

Після проведення зварювання потрібно очистити біля шовну зону та самі шви від шлаку, бризок та інших забруднень поверхні металу.

Останньою операцією є нанесення захисного покриття ґрунтування та фарбування або гаряче цинкування.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головним недоліком базового процесу можна відзначити велику трудомісткість операцій, залежність якості від кваліфікації персоналу а також потенційні деформації внаслідок температурної дії дуги. Труднощі виникають на етапі зварювання внутрішніх перегородок в обмеженому просторі які можуть призвести до утворення дефектів. Тому потрібно вдосконалити процес впровадженням автоматизованих або механізованих зварювальних систем, розробки більш ефективної технології послідовності та підвищення рівня контролю якості.

Для збільшення продуктивності виготовлення понтонної переправи доцільним є розбити виріб на вузли та під вузли для рівномірного розподілення вузлів по робочих місцях, та виконувати складання та зварювання безпосередньо на них. При цьому використовуючи пристрої складальні для кожного із вузлів для швидкого збирання та зварювання із зменшенням часу на вимірювання кожного позиціонованої деталі.

Також для збільшення продуктивності потрібно застосовувати автоматичні способи зварювання під вузлів в яких є доволі великі протяжності швів, це дасть змогу більш раціонально розподілити час на виготовлення різних вузлів. Автоматичні способи зварювання забезпечують більш якісні зварні з'єднання, що в свою чергу зменшить витрати на усунення дефектів.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування

Вибір методу зварювання є одним з найважливіших етапів під час розробки технології виготовлення зварної конструкції понтонної переправи. Враховуючи всі специфіки виробу, особливості геометрії вузлів та значну довжину зварних з'єднань, потрібно забезпечити не тільки високу якість швів, а й оптимальну продуктивність та технологічність процесу.

Зварна конструкція містить великі за площею деталі, а також вертикальні та внутрішні перегородки. Ці деталі зварюються в різних просторових положеннях, тому для кожного із них доцільніше використовувати найбільш ефективний метод зварювання. З цією метою у виробництві слід передбачити комбіновану схему зварювання, яка передбачає:

- застосування зварювання під шаром флюсу для стикових з'єднань листів днища;
- застосування дугового напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів для зварювання вертикальних та просторових швів на станках та перегородках понтона.

У конструкції понтона деталь днище складається з двох листів товщиною 8мм кожен які потрібно з'єднати прямолінійним стиковим швом великої протяжності. Щоб прискорити процес виготовлення цієї деталі та забезпечити належну якість та герметичність стикового з'єднання, необхідно застосувати зварювання під шаром флюсу. Даний спосіб забезпечить високу швидкість зварювання, глибоке проплавлення основного металу та дозволить зменшити температурні впливи дуги та мінімізує деформації.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання даного з'єднання доцільно використати автомат АДФ-1000, який забезпечить стабільне горіння дуги та може працювати в безперервному режимі

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики установки АДФ-1000 [15]

Основні параметри	Величина параметру
Номинальний зварювальний струм	до 1000 А
Напруга дуги	20...50
Діаметр електродного дроту	2...5 мм
Флюс	АН-348А або АН-26
Регулювання подачі дроту	плавне, до 10 м/хв

Процес зварювання під шаром флюсу повинне проводитися на спеціально підготовленому горизонтальному майданчику. Шви повинні бути суцільними, без пропусків, з повним проплавленням по всій товщині металу та повинні використовуватися відвідні пластини на початку та кінці листа для усунення дефектів не провару та кратера шва. Зона шва повинна бути очищена від шлаку після кожного проходу.

Напівавтоматичне зварювання для бокових стінок та перегородок

Зварювання елементів, які виконуються у вертикальному, горизонтальному або стельовому положенні (перегородки, ребра жорсткості, бокові стінки), потрібно виконувати способом MIG зварюванням. Цей спосіб забезпечить високу якість з'єднання, маневреність у важкодоступних місцях та можливість виконання швів у будь-якому положенні.

Для даного виробу в якості основного обладнання доцільно використати напівавтомат Fronius TransSteel 3500, який має в собі сучасні технології які дозволять точно налаштувати режими зварювання. Його технічні характеристики ідеально підходять для виконання всіх просторових з'єднань та забезпечить безперервну роботу.

Таблиця 2.2 - Основні характеристики апарата Fronius TransSteel 3500 [13]

Основні параметри напівавтомата	Величина параметру
Номінальна напруга мережі трифазного змінного струму, В.	380
Частота мережі живлення, Гц	50-60
Номінальний зварювальний струм, А при ТВ=60% та циклі зварювання 10 хв/40с	300
Номінальний зварювальний струм, А при ТВ=100% та циклі зварювання 10 хв/40с	250
Вид струму	Постійний
Межі регулювання зварювального струму, А.	10÷350
Діаметр дроту, мм.	До 2
Напруга холостого ходу, В	14,5-38,8
Габаритні розміри напівавтомата, мм: довжина, ширина, висота.	747, 300, 497
Маса напівавтомата, кг.	28,2

2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання

При виготовленні понтонної переправи критично важливі як герметичність зварних з'єднань, так і продуктивність процесу. Враховуючи особливість конструкції виробу та вимоги до міцності, герметичності і швидкості збирання вузла, найдоцільнішим є застосування комбінації різних методів зварювання, залежно від типу з'єднання та просторового положення шва.

Враховуючи значну довжину стикових з'єднань деталей днища та їх товщину, задля прискорення виробництва конструкції, краще використати зварювання під шаром флюсу. Цей метод дасть змогу досягнути високої швидкості зварювання, надійного проплавлення основного металу, а також надійне герметичне з'єднання, що дуже важливо для конструкції, яка використовуватиметься у водному середовищі.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Для цього процесу доцільно використати автоматичну установку зварювання під шаром флюсу АДФ-1000 у комплектації з джерелом живлення ПДГ-630.

Такий апарат забезпечить стабільне горіння дуги, автоматичне подавання зварювального дроту, контроль над режимом зварювання, а також рівномірне поширення тепла, що зменшить залишкові деформації.

Переваги зварювання під флюсом:

- Висока продуктивність зварювання
- Висока якість шва по всій довжині з мінімальними дефектами
- Автоматизація процесу
- Відсутність бриз

Недоліки:

- Зварювання лише в нижньому положенні
- Потребує рівної поверхні та попередньої підготовки

Для зварювання бокових стінок, вертикальних ребер, перегородок, стиків понтона між собою, де присутні різні просторові положення шва, доцільніше застосувати напівавтоматичне зварювання у захисному газі. Цей метод забезпечить гнучкість в процесі зварювання, дозволяє виконати складальні операції без перевертання конструкції. Даний спосіб зварювання більш затратний по зварювальних матеріалах ніж ручне дугове зварювання, але його продуктивність більша та можливість виконувати довший шов без зупинки це зменшує ймовірність виникнення дефекту в зварному з'єднанні тому доцільніше використати (MIG).

Переваги напівавтоматичного зварювання в захисних газах:

- Можливість виконувати зварювання у будь-якому просторовому положенні;
- Плавне регулювання режимів зварювання
- Велика продуктивність зварювання

Недоліки:

- Необхідність в постійному захисті зварювальної ванни від навколишнього середовища
- Необхідність чистої поверхні для зварювання
- Висока вартість зварювальних матеріалів

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів

Правильний вибір зварювальних матеріалів є головним фактором, що визначає якість зварного з'єднання, довговічність конструкції та безпечну експлуатацію. Зварювальні матеріали, які поставляються повинні відповідати хімічному складу та мати сертифікат якості. Підбір зварювальних матеріалів здійснюється відносно основного металу, щоб забезпечити відповідні механічні та хімічні властивості зварного шва.

В конструкції понтонної переправи застосовуються низьколегована сталь марки 09Г2С, яка широко використовується в будівництві зварних конструкцій, що піддаються динамічним навантаженням і працюють у складних кліматичних умовах. Дана сталь має високу зварюваність, добру ударну в'язкість при низьких температурах і стійкість до утворення тріщини.

Вибір дроту для зварювання під шаром флюсу

При зварюванні стикових з'єднань деталей днища доцільно застосувати зварювальний дріт марки Св-08Г2С, діаметром 3мм. Цей дріт містить марганець і кремній, що забезпечать стабільне горіння дуги, покращить формування шва. Його механічні властивості повністю відповідають основному металу.

Таблиця 2.3 - Хімічний склад дроту Св-08Г2С [14]

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
					не більше	
0,05-0,11%	0,70-0,95%	1,80-2,10%	0,20%	0,25%	0,025%	0,030%

Таблиця 2.4 - Механічні характеристики наплавленого металу повинні бути не менше [14]

Гранична пластичність, МПа	Тимчасовий опір, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість при -40 °С, Дж/см ²
355	510	20	80

Для даного дроту підбираємо агломерований флюс АН-348А, який сумісний із дротом Св-08Г2С і забезпечить стабільне горіння дуги та її захист. Даний флюс має хорошу вологостійкість, не потребує сушки перед використанням, легко відновлюється і повторно використовується.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Переваги флюсу АН-348А:

- Рівномірно покриває шов та захищає його від навколишнього середовища;
- Знижує ймовірність пористості;
- Забезпечує якісне формування кореня шва при одному проході;
- Легко відстає від шва

Вибір матеріалів для напівавтоматичного зварювання в захисних газах

Для зварювання бокових стінок, внутрішніх перегородок та інших конструктивних елементів, які вимагають зварювання у різних просторових положеннях, доцільно використати той самий дріт Св-08Г2С, але з меншим діаметром 1,2 мм, що забезпечить кращий контроль зварювальної ванни.

У якості захисного газу доцільніше використати суміш $Ar + CO_2$ у співвідношенні 80/20. Застосування газової суміші дозволить зменшити розбризкування металу, стабілізувати дугу та покращити якість поверхні шва.

2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання

Режим зварювання включає в себе низку основних параметрів: силу зварювального струму, напругу на дузі, діаметр зварювального дроту, швидкість зварювання, витрату захисного газу чи флюсу а також форму та розміри підготовку фасок. Обґрунтування цих показників зумовлена за врахуванням властивостей основного металу та обраного способу зварювання, типу зварного з'єднання та просторового положення.

Конструкція понтонної переправи виготовленої зі сталі 09Г2С, зварювання виконується за двома основними способами зварювання: напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів та автоматичне зварювання під шаром флюсу. Для кожного із цих методів потрібно визначити параметри режиму зварювання, що відповідають умовам конкретного з'єднання: товщини металу, необхідній глибині проплавлення, типу шва, довжині з'єднання.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розрахунку режимів зварювання потрібно враховувати оптимальний термічний цикл, який дозволить уникнути перегріву або переохолодження зони термічного впливу, що особливо важливо для низьколегованих сталей типу 09Г2С. Термічний цикл повинен забезпечити рівномірне нагрівання, стабільне проплавлення та мінімізацію залишкових напружень, які можуть викликати тріщини та деформацію металу виробу.

Основними параметрами режиму зварювання у суміші газів, які суттєво впливають на розміри і форму шва, є:

- діаметр і марка електродного дроту d_e мм;
- зварювальний струм $I_{зв}$, А;
- напруга на дузі U_d , В;
- швидкість подачі електродного I_d , мм;
- виліт електроду I_d , мм;
- швидкість зварювання $V_{зв}$ м/год;
- витрата захисного газу Q_T , м/с.

При розрахунку режимів зварювання потрібно забезпечити необхідний катет та посилення шва, для забезпечення щільності та міцності шва.

Розрахунок кутового шва кутового з'єднання У5 з катетом 8мм

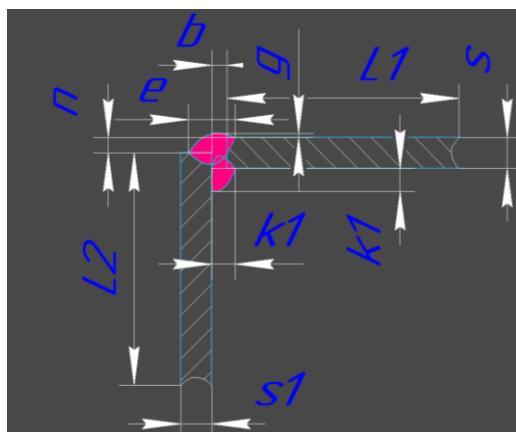


Рисунок 2.1- Загальний вигляд кутового зварного з'єднання У5

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Визначаємо площу наплавленого металу F_B за формулою [1]:

$$F_B = \frac{K^2}{2}, \quad (2.1)$$

де K -катет шва, $K=8$ мм,

$$F_B = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу за формулою [1]:

$$a = \sqrt{F_B n}, \quad (2.2)$$

$$a = \sqrt{32} = 5,6 \text{ мм.}$$

Визначаємо ширину шва b за формулою [1]:

$$b = \sqrt{2K^2}, \quad (2.3)$$

$$b = \sqrt{2 * 8^2} = 11,31 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальну висоту шва H із формули [1]:

$$\psi_{M=\frac{b}{H}}, \quad (2.4)$$

тоді

$$H = \frac{b}{\psi_M}$$

Прийmemo $\psi_M=0,9$, отже:

$$H = \frac{11,31}{0,9} = 12,56 \text{ мм} \quad (2.5)$$

Визначаємо глибину проплавлення h_0 за формулою [1]:

$$h_0 = H - a, \quad (2.6)$$

$$h_0 = 12,56 - 5,6 = 6,96$$

Вибираємо дрiт діаметром 1.2 мм, для зварювання конструкції із маловуглецевої сталі катетом 8 мм.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо зварювальний струм $I_{зв}$ за формулою[1]:

$$I_{зв} = \frac{h_0}{K_a} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де

K_a - коефіцієнт пропорційності $K_a = 2,2$ [1],

$$I_{зв} = \frac{6,96}{2,2} \cdot 100 = 315 \text{ А}$$

$$I_{зв} = 315 \text{ А.}$$

Визначаємо швидкість подачі дроту за формулою [1]:

$$V_{n.e} = \frac{a_p \cdot I_{зв}}{F_{ел} \cdot \gamma}, \quad (2.8)$$

де a_p - коефіцієнт розплавлення, $a_p = 15$ Г/А×год [1],

γ – густина електродного дроту, для сталі $\gamma = 7.8 \times 10^3$ кг/м³,

$F_{ел}$ – площа поперечного перерізу електрода,

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14159 \cdot 1.2^2}{4} = 1.13 \text{ мм}^2$$

Отже:

$$V_{n.e} = \frac{0,015 \cdot 315}{1,13 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} = 534,38 \text{ м/год}$$

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [1]:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 315}{1000 \cdot \sqrt{1.2}} \pm 1 = 34 \pm 1 \text{ В.} \quad (2.9)$$

Приймаємо $U_d = 34$ В.

Визначаємо швидкість зварювання за формулою[1]:

$$V_{зв} = \frac{F_{ел} \cdot V_{n.e}}{F_n} \quad (2.10)$$

$$V_{зв} = \frac{1,13 \cdot 534,38}{32} = 18,89 \text{ м/год}$$

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою[1]:

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{зв}}{\gamma}} \quad (2.11)$$

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1.2 мм $\gamma = 100 \dots 300 \text{ А/мм}^2$ [1],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{150}{160}} \approx 1.09 \text{ мм,}$$

Виліт електрода приймаємо $I_{д=15} \text{ мм}$ [1].

Витрати захисного газу $Q_{г=2,0} \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ [1].

Розрахунок параметрів режиму для зварювання під шаром флюсу стикового шва стикового з'єднання С18.

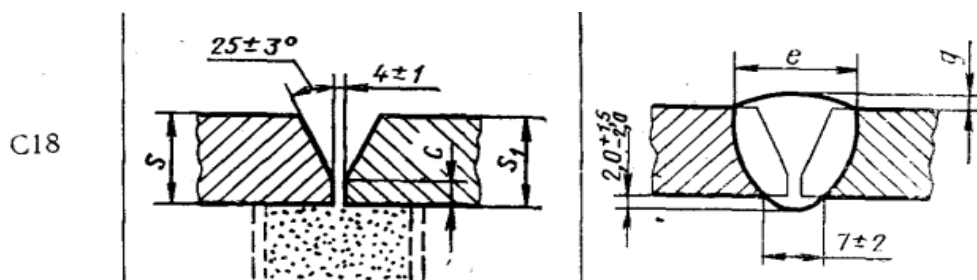


Рисунок 2.2 - Загальний вигляд стикового зварного з'єднання

Розрахунок сили зварювального струму за формулою [1]

$$I = K * d \quad (2.12)$$

d – діаметр зварювального дроту 3 мм

K – коефіцієнт струмонавантаження = 100...130А/мм²

$$I = 110 * 3 = 330 \text{ А}$$

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Напряга дуги U за формулою [1]

$$U = 20 + 0,04 * I = 20 + 0,04 * 330 = 33,2 \text{ В} \quad (2.13)$$

Швидкість зварювання V за формулою [1]

$$V = Q/q \quad (2.14)$$

де:

Q – кількість металу, що плавиться, г/хв

q – витрата металу на 1 см шва, г/хв

Визначаємо Q

$$Q = 0,02 * I * \eta \quad (2.15)$$

де:

η - коефіцієнт корисної дії плавлення (підбираємо 0,9)

$$Q = 0,02 * 330 * 0,9 = 5,94 \text{ г/хв}$$

Визначаємо витрату металу на 1 см шва за формулою [1]

$$q = p * F \quad (2.16)$$

де:

p – густина сталі (7,85 г/см³)

F – площа поперечного перерізу шва, см²

$$F = \frac{(8 + 3)}{2} * 0,8 = 0,44 \text{ см}^2$$

$$q = 7,85 * 0,44 = 3,45 \text{ г/см}$$

$$V = \frac{5,94}{3,45} = 1,72 \text{ см/с} \approx 62 \text{ м/год.}$$

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 - Параметри режиму зварного вузла

Вид з'єднання	Тавщина металу, мм	Діаметр дроту, мм	Катет шва, мм	Зварювальний струм, А	Напруга, В	Швид. звар., м/год	Виліт електр., см/хв	Витрата газу, л/хв
С18	8	3		330	32	62		
С21	6	1,2		180	24-28	18	40	18±20
С2	3	1,2		150	20-24	20	40	18±20
У5	8	1,2	8	315	34	19	46	18±20
У4	5	1,2	4	240	24-28	18	36	18±20
Т3	8	1,2	8	220	24-28	18	40	18±20
Т3	5	1,2	5	190	24-28	18	36	18±20
Т1	8	1,2	6	180	24-28	18	40	18±20
Т1	6	1,2	3	140	24-28	18	36	18±20

2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування

Для забезпечення якісного та продуктивного зварювання в даній конструкції застосовується два види зварювання: напівавтоматичне в захисних газах а також автоматичне під шаром флюсу. Застосування цих способів забезпечить високу продуктивність виготовлення понтонної переправи та дасть змогу зменшити виникнення дефектів у зварних швах.

Основним обладнанням для зварювання під шаром флюсу застосовуємо зварювальний апарат АДФ-1000, з огляду на необхідність забезпечення повного проплавлення та стабільності дуги він є ідеально підходить по технічних характеристиках. Нище в таблиці 2.6 наведені технічні характеристики.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики установки АДФ-1000 [15]

Основні параметри	Величина параметру
Номінальний зварювальний струм	до 1000 А
Напруга дуги	20...50 В
Діаметр електродного дроту	2...5 мм
Флюс	АН-348А або АН-26
Регулювання подачі дроту	плавне, до 10 м/хв
Потужність	до 60 кВт

Зображення даної установки АДФ- 1000 на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Установки АДФ-1000

Допоміжне зварювальне устаткування:

- механізм подачі зварювального дроту ПДГ-508
- пристрій для подачі флюсу (бункер-шлангова система)
- установка відсмоктування флюсу та пилу ОПФ-100
- оснащення та пристосування

Технічні і конструктивні особливості джерела живлення , напівавтомата з приладами керування і регулювання процесу обумовлюються технологічним процесом зварювання в захисних газах.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Джерела живлення зварювальної дуги повинні відповідати таким вимогам :

- забезпечувати необхідні для даного технологічного процесу силу струму і напругу на дузі ;

- мати необхідний вид зовнішньої характеристики , щоб виконати умову стабільного горіння дуги ;

- мати такі динамічні властивості , які б забезпечували нормальне обудження дуги і мінімальний коефіцієнт розбрикування .

Потужність джерела живлення визначається силою зварювального струму , необхідного для виконання даного технологічного процесу.

Для механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу використовують перетворювачі або випрямлячі з жорсткими зовнішніми характеристиками .

Визначившись із способами та знаючи параметри режиму зварювання, вибираємо необхідне обладнання для механізованого зварювання в середовищі суміші захисних газів.

Основним критерієм при виборі обладнання і джерела живлення є забезпечення стабільного горіння дуги. Стійкість дуги, що живиться змінним струмом, нижча ніж стійкість дуги, що живиться постійним струмом, тому при зварюванні відповідальних металоконструкцій та вузлів машин і механізмів вибирається джерело живлення постійного струму. Стійке горіння дуги забезпечується правильним вибором зовнішньої характеристики джерела живлення. Оскільки статична характеристика дуги при механізованому зварюванні в захисних газах жорстка з переходом до зростаючої, тому необхідне джерело живлення з жорсткою зовнішньою характеристикою.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В точці перетину статичної характеристики дуги і зовнішньої характеристики джерела живлення забезпечується стійке горіння дуги, коли напруга на дузі відповідає напрузі у зварювальному колі.

Вибираємо напівавтомат зварювальний фірми Fronius марки TransSteel 3500, який призначений для зварювання дротом суцільного перерізу у середовищі захисних газів стикових, напусткових, кутових і таврових з'єднань з низьковуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей (рис.2.4)



Рисунок 2.4 – Напівавтомат фірми Fronius TransSteel 3500

Основним обладнанням для зварювання понтонної переправи є зварювальний напівавтомат Fronius TransSteel 3500, так як даний напівавтомат ідеально підходить по технічних характеристиках, що забезпечить якість зварних швів, продуктивність праці і універсальність в умовах змінного середовища. Нище в таблиці наведені технічні характеристики.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики Fronius TransSteel 3500 [13]

Параметри	Значення
Тип апарата	Інверторний
Максимальний зварювальний струм	350 А при 40% ПВ
Діапазон струму	10 – 350 А
Напруга живлення	3х400 В
Режими зварювання	MIG/MAG
Клас захисту	IP 23
Охолодження	Примусове повітряне
Вага	35 кг
Габарити	560х250х485 мм

Допоміжним обладнанням є:

- Пальник Fronius MTG 3500i
- Подача дроту
- Редуктор газу
- Масовий затискач

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

2.2.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок, з яких складаються вузли понтонної переправи необхідно виконати наступні заготівельні операції:

- правлення;
- різання на автоматичній плазмовій різці;
- гнуття заготовок
- різання на стрічковій пилі;
- очищення поверхні;

Метал який поступає з метало баз не завжди є рівним, так як в процесі транспортування може бути з деформованим і тому його потрібно правити для отримання якісних деталей, так як від цього буде залежати геометричність конструкції. Правлення металу здійснюємо за допомогою механічних вальці вони зображені на рис. 2,5.



Рисунок 2.5 – Механічні вальці Bendmak CYL 140-12

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики механічних вальців Bendmak [16]

Параметри	Значення
Товщина металу, мм	8
Робоча швидкість, м/хв	5,8
Робоча довжина, мм	2500
Електроспоживання, В	3x380
Споживана потужність, кВт	2,2
Габарити, мм	3200x900x1200

Зварний вузол понтонної переправи складається із листового та трубного прокату. Основа складається з листового прокату в нього входять такі позиції: Днище (поз.1), Підлога (поз.2), Боковина (поз.3), Перегородки (поз.4), Перегородки (поз.5), Торцеві стінки (поз.6), Вуха (поз.9). Вирізаються на автоматичній плазмовій різці з програмним забезпеченням, цей метод забезпечить точність розмірів та технологічних отворів які присутні на деталях вузла. Після різання деталі передаються на очистку від ґрату та шлаку який утворився після різання заготовок.

Установка зображена на рис. (2.6)



Рисунок 2.6 – Установка плазмового різання

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Апарат Powermax85 плазмового різання, який застосовується в установці зображений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Апарат Powermax85 для плазмового різання

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики Powermax85 [17]

Параметри	Значення
Напруга живлення, В	3x380
Діапазон регулювання струму, А	25-86
Тип апарата	Інвенторний
Робочий цикл при 40 °С	60% при 85А
Вага апарата, кг	28
Габарити, мм	500x234x455

Під вузли виготовляються з трубного прокату круглого перерізу Ø48x2 мм Перила (поз.10) заготовки для даного під вузла різуться на стрічковій пилі, після чого заготовки передають для шліфування торців від заусенець. Під вузли Відбійник (поз.7) та Лижі (поз.8) різуться на стрічковій пилі з профільних труб 150x150x6 мм після різання заготовки передають на зняття заусенець з торця труби. Устаткування для різання зображене на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Стрічкопилна пила KASTOmicut U 2.6

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики KASTOmicut U 2.6 [18]

Параметри	Значення
Напруга живлення, В	3x380
Загальна потужність, кВт	2
Швидкість різання, м/хв	20-110
Затиск матеріалу	Механічна
Діапазон різання 90 ⁰ , мм	310x260
Габаритні розміри, мм	760x1620x1690

Деталі торцеві стінки (поз.6) гнуться на гідравлічному листогибі згідно з кресленням в двох місцях. На рисунку 2.9 зображений гідравлічний листозгинальний прес.



Рисунок 2.9 – Гідравлічний листозгинальний прес YANGLI MB-8

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики листозгинальний прес YANGLI MB-8 [19]

Параметри	Значення
Зусилля тиску, кН	1000
Максимальна довжина гнуття, мм	3200
Напруга живлення, В	3x380
Вага, кг	8000
Габаритні розміри, мм	3500x1650x2540

Деталі після різання, гнуття та інших видів операцій потрібно очистити поверхню металу та торці перед початком складання та зварювання. За допомогою ганчірки та розчинника можна зняти з поверхні металу різні види мастил, якщо метал має на поверхні іржу потрібно його обробити спеціальним розчином, який розчиняє іржу після його висихання його потрібно зняти кутовою шліф машинкою, але при зніманні такої речовини з

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

поверхні металу потрібно використовувати індивідуальні методи захисту (окуляри, респіратор, рукавиці, навушники). На деталях із листового прокату після різання на торцях буде шлак який потрібно зняти кутовою шліф машинкою та на торцях труб буде заусениці їх теж потрібно зняти перед складанням та зварювання кутовою шліф машинкою. Нище зображена на рисунку 2.10, кутова шліф машинка Bosch GWS 750-125.



Рисунок 2.10 – Кутова шліф машинка Bosch GWS 750-125

2.2.2 Розробка технології складання та зварювання

Складання понтонної переправи відбувається в таких послідовних етапах:

Початковим етапом є складання та зварювання під вузлів днище (поз.1). Деталі лист 2400x7800x8 2 шт., викладається на зварювальну платформу на якій виставляється зазор між деталями після чого виконується 25 прихвчувань по 30мм з кроком 300мм напівавтоматичним зварюванням в захисних газх. На початку та кінці деталей прихвчуємо відвідні планки для забезпечення якості початку та кінця шва. Для зниження деформацій при зварюванні рекомендується провести попередній підігрів деталей до 100 С⁰ та зафіксувати деталі струбцинами. Зварювання проводиться під шаром флюсу, виконується один стоковий шов стикового з'єднання С18 довжиною

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

7800 мм. Після чого під вузол очищається від зайвого шлаку та перевіряють шви на щільність магнітно дефектоскопією, в подальшому вузол передають на складання основного вузла.

Під вузол підлога (поз.2) складається з листа 2400х9000х8 2 шт., викладається на зварювальну платформу на якій виставляється зазор між деталями після чого виконується 30 прихвчувань по 30мм з кроком 300мм напівавтоматичним зварюванням в захисних газах. На початку та кінці деталей прихвачуємо відвідні планки для забезпечення якості початку та кінця шва. Для зниження деформацій при зварюванні рекомендується провести попередній підігрів деталей до 100 С⁰ та зафіксувати деталі струбцинами. Зварювання проводиться під шаром флюсу, виконується один стоковий шов стикового з'єднання С18 довжиною 9000 мм. Після чого під вузол очищається від зайвого шлаку та перевіряють шви на щільність магнітно дефектоскопією, в подальшому вузол передають на складання основного вузла.

З деталей перегородка (поз.4) та перегородка (поз.5) формуємо під вузол. На стіл пристрою складального викладаємо деталі перегородки (поз.4) по упорах та закріплюємо горизонтальними гвинтовими притискачами.

В пази деталей перегородки (поз.4) вставляємо деталі перегородки (поз.5) та закріплюємо їх за допомогою горизонтальних гвинтових притискачів.

Після закріплення деталей виконуємо 240 прихваток довжиною 20 мм з кроком 250 мм, напівавтоматичним зварюванням в захисних газах. Під вузол після виконання прихваток виймаємо із пристрою складального та перевозимо до місця складання основного вузла.

Під вузол днище (поз.1) виставляємо на плиту пристрою складального зверху на деталь днище (поз.1) встановлюється перпендикулярно деталі боковина (поз.3) 2 шт., та виконуються 50 прихваток по 30 мм з кроком 300 мм.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В торець з двох боків під вузла днище (поз.1) встановлюємо деталі торцева стінка (поз.6) та виконуємо між під вузлом днище (поз.1), деталями боковина (поз.3) та торцева стінка (поз.6), 28 прихваток довжиною 30 мм кожна із кроком 250 мм. В середину вставляємо під вузол перегородка (поз.4) та (поз.5) та виконуються 150 прихваток довжиною 30 мм кожна з кроком 320 мм. Після чого виконуються такі зварні шви:

- Один кутовий шов кутового з'єднання У5 з катетом 8 мм по замкнутому контуру довжиною 23 600 мм.
- Шістдесят двох сторонніх кутових швів таврового з'єднання Т3 з катетом 5 мм та кроком 160/320 мм.
- Чотири кутових шва кутового з'єднання У4 з катетом 8 мм довжиною 1250 мм кожний.
- Тридцять кутових швів таврового з'єднання Т3 з катетом 5 мм та кроком 160/320 мм.

На зварений вузла виставляємо по пазах під вузол підлога (поз.2) та виконуємо 60 прихваток довжиною 20 мм кожна з кроком 300 мм. По торцях вузла виставляється під вузол відбійник (поз.7) та виконуємо 16 прихваток довжиною 20 мм кожне. Після чого виконуємо такі зварні шви:

- Вісім кутових швів таврового з'єднання Т3 з катетом 8 мм кожне довжиною 400 мм кожне.
- Один кутовий шов кутового з'єднання У5 з катетом 8 мм по замкнутому контуру довжиною 27 500 мм.

Вузол закріплюємо в кантувач пристрою складального та ви обертаємо вузол на 180 градусі. До дна даного вузла виставляємо під вузол лижі (поз.8) 2 шт., які за допомогою оправи виставляємо по його місцю та виконуємо 56 прихваток довжиною 10 мм кожне по кутах труби. Після чого виконується такі зварні з'єднання:

- Шістнадцять кутових швів таврового з'єднання Т1 з катетом 5 мм по замкнутому контуру довжиною 600 мм кожне.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Один кутовий шов кутового з'єднання У5 з катетом 8 мм по замкнутому контуру довжиною 23 600 мм.

При закінченні зварювання вузол обертаємо на кантувачі на 180 градусів та виконуються наступні складальні операції. На верх вузла по боках виставляється під вузол перила (поз.10) 2 шт., та виконуємо 28 прихваток довжиною 15 мм кожне. Після чого виконується зварювання:

- Чотирнадцять кутових швів таврового з'єднання Т1 з катетом 3 мм по замкнутому контуру та довжиною 48 мм кожне.

2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями

В процесі зварювання виникають власні напруження. Залежно від причини виникнення власні напруження можуть бути:

- теплові, які виникають в наслідок нерівномірного нагріву і охолодження;
- усадочними, які виникають в наслідок зменшення об'єму при переході металу з рідкого стану в твердий;
- структурний, який виникає внаслідок зміни будови металу через вплив високої температури.

Так як напруження мають різні величини в різних ділянках зварної конструкції, тому виникають її деформації.

При виготовленні понтонної переправи здійснюється зварювання листів великих довжин тому потрібно використовувати технологічне оснащення, яке зменшить деформації за рахунок утримання деталі чи під вузлів. Також потрібно здійснювати попередній підігрів для зменшення виникнення напружень.

При зварюванні під вузлів рекомендується використовувати методи зворотньо-ступінчастий спосіб та спосіб врозкид за принципом найхолоднішого місця при зварюванні швів.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані способи потрібно застосовувати з урахування, що шви повинні бути щільними.

В даній понтонній переправі буде найбільший температурний вплив при зварюванні під вузлів: днище(поз.1), підлога (поз.2), та в кінці складеного вузла, так як там буде найбільший коефіцієнт наплавленого металу шва. Тому на цих етапах потрібно використати, як найбільше способів уникнення деформацій, так як від цього буде залежати цілісність конструкції та її геометричність.

При складанні під вузлів днище (поз.1) та підлога (поз.2), які зварюються автоматичним зварюванням під шаром флюсу потрібно використати попередній підігрів основного металу до температури 120 С⁰ та повільне остигання після зварювання. В процесі зварювання цих під вузлів до основного вузла потрібно використати зворотньо-ступінчастий метод зварювання так як зварювання основного вузла буде проводитися напівавтоматичним способом зварювання в захисних газах це дасть змогу зменшити температурний вплив на зварний вузол. Враховуючи що зварювання цих швів проводиться практично послідніми етапами це зменшує ризик короблення всього вузла, так як вузол практично зібраний і за рахунок інших вузлів утримується та не дає коробити. В процесі можуть виникнути впадини на листі на великих прогонах тому потрібно в процесі складання усувати їх термічним методом.

Так як в даній понтонній переправі застосовуються різні зварні з'єднання тому важливим фактором є підбір оптимальних параметрів режимів зварювання.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку

При виготовленні понтонної переправи є важливим етапом перевірки зварних швів на щільність та міцність, так як від цього буде залежати цілісність конструкції в цілому. При зварюванні під вузлів таких як: днище (поз.1), підлога (поз.2) потрібний ретельний контроль якості підготовки кромки деталей, так як зварний шов є одностороннім потрібно забезпечити повний провар основного металу. Та вкінці провести контроль якості зварних швів візуальним оглядом та вимірюванням якщо дефектів не буде видно потрібно перевірити на щільність зварні шви магнітопорошковим способом, якщо все ж таки магнітопорошковим спосіб виявить дефект його потрібно буде усунути вишліфовуванням ділянки шва де був дефект та провести зварювання напівавтоматичним зварюванням в захисних газ та повторно провести перевірку магнітопорошковим способом.

При складанні під вузлів в технологічних оснастках потрібно проводити контрольні заміри для запобігання виникнення браку, а також проводити контрольні заміри після проведення зварювання для перевірки геометричності під вузла та за наявності zdeформованих частин усунути їх підігрівом місця де виникла деформація.

З урахуванням, що в даній понтонній переправі виконується доволі багато зварних з'єднань із значною довжиною потрібно контролювати напрями зварювання та розбивати зварні шви на мені ділянки для зменшення температурної дії дуги на основний метал, так як конструкція понтонної переправи складається в більшості з листового прокату з великими

прогонами можливі деформації та утворення впадин із-за чого вузол не буде відповідати геометричним параметрам, які є у кресленні.

Для запобігання значних деформацій при зварюванні листового металу, як вказано вище будемо застосовувати методику найхолоднішої точки та зварювати від середини до кроїв при цьому забезпечуючи рівномірний нагрів основного металу та забезпечуючи провар основного металу.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Магнітопоршковий метод дефектоскопії – це неруйнівний метод контролю зварних швів способом намагнічування деталей після чого на зону шва наносять магнітний порошок або магнітну суспензію. Нище зображений на рисунку 2.10 спосіб проведення контролю якості зварних швів.



Рисунок 2.11 – Магнітопорошковий метод контролю зварних швів

Магнітопорошковий метод дозволяє виявити за відповідних умов візуально невидимі та слабо видимі поверхневі дефекти з такими мінімальними розмірами: розкриття 0,001мм, глибиною 0,01мм та довжиною 0,5 мм, та більше.

Необхідною умовою для застосування МПК для виявлення дефектів є доступ до шва, який буде проходити перевірку для намагнічування, обробки індикатором матеріалами, огляду та оцінки результатів контролю.

Частинки феромагнітного порошку, що потрапили в зону дії магнітного поля розсіювання, притягуються і осідають на поверхні поблизу місця розташування дефекту. Даний метод є хорошим варіантом для перевірки під вузлів, так як дає змогу перевірити на щільність шви на початкових етапах, що зменшить ризик браку виробу.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

При виконанні контролю якості зварних швів візуальним оглядом та вимірюванням потрібно застосовувати спеціальні катетоміри та шаблони для вимірювання посилення шва, щоб забезпечити точний контроль зварних швів на етапі зварювання під вузлів. Нище на рисунку 2.11 зображені пристосування для вимірювання зварних швів.



Рисунок 2.12 – Пристосування для вимірювання зварних швів

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Компонування складальних та зварювальних установок

При виготовленні понтонної переправи буде застосовуватися комплекси обладнань та пристосувань, які будуть розподіленні для виготовлення під вузлів.

Для зварювання будуть використані два види зварювання: напівавтоматичне в захисних газах, автоматичне під шаром флюсу. Для виконання зварювання для кожного із потрібне таке обладнання:

Для напівавтоматичного зварювання в захисних газах:

- зварювальний напівавтомат Fronius TransSteel 3500;
- зварювальний кабель, маса, пальник;
- редуктор для регулювання подачі захисного газу;
- механізм подачі зварювального дроту.

Для автоматичного зварювання під шаром флюсу :

- зварювальний апарат АДФ-1000;
- джерело живлення ВДУ-1000;
- автоматична подача флюсу з бункер;
- флюсозбірник із просіюванням;
- система подачі дроту;
- рейкові направляючі.

Для складання під вузлів та вузлів потрібні різні механічне обладнання для закріплення, обертання та транспортування з однієї ділянки на іншу.

При складанні під вузлів днище (поз.1) та підлога (поз.2) використовується плита на якій встановленні упори для позиціонування деталей та закріплюються гвинтовими притискачами для надійного закріплення. Після чого проводиться їх зварювання автоматичним зварювання під шаром флюсу.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При складанні під вузлів таких як відбійник (поз.7), лижі (поз.8) та перила (поз.10) використовуються столи з отворами які дозволяють розміщати упори, притискачі в місцях де потрібно закріпити деталь це дає змогу зробити технологічне оснащення більш мобільним та гнучким в процесі виготовлення деталей, під вузлів.

Враховуючи що деталі та під вузли є габаритними потрібно застосовувати кран балку для переведення їх із заготівельної ділянки в ділянку де буде проводитися зварювання. Деталі малих габаритів доцільніше перевозити роклю до місця складання та зварювання.

Складання та зварювання відбувається послідовно на кожній ділянці складається, зварюється та перевіряється під вузол після чого перевозиться на ділянку де встановлений кантувач цілого вузла. Організація робочого процесу складається з багатьох процесів, які повинні працювати в унісон для забезпечення продуктивної роботи але при цьому потрібно забезпечити гнучкість з урахуванням на те що обладнання може вийти з ладу і процес виготовлення може зупинитися на деякий час.

При виготовленні зварного вузла застосовуються уніфіковані пристосування для закріплення деталей та вузла це дає змогу використовувати їх в парі з іншими засобами складання та технологічної оснасти на сам перед це змога їх швидко замінити якщо вони зносяться чи ламаються. Так як у виробничих умовах та великій кількості використання обладнання та пристосування швидко зношуються та псуються і їх змога швидко замінити є ключовою, так як може зупинитися увесь процес виготовлення конструкції.

Обладнання яке застосовується при виготовленні понтонної переправи:

- кран балка для транспортування габаритних деталей та вузлів;
- навантажувач чи рокля для транспортування не великих деталей;
- загальна та місцева вентиляція;
- кантувач для вузла;

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- столи зварювальні із отворами;
- плита для зварювальна;
- упори, гвинтові притискачі, ексцентрики.

3.2 Розрахунок окремих елементів пристосувань

Для забезпечення точного збирання зварної конструкції понтонної переправи до виконання складально-зварювальних операцій необхідно розробити надійну систему фіксування: деталей, під вузлів, вузлів на столі. Основними вимогами до таких пристосувань є забезпечення правильного розташування деталей згідно з технічним кресленням, а також створити умови для їх надійного закріплення протягом усього процесу зварювання. Враховуючи розміри деталей та їх вагу окремих частин понтона, зокрема під вузлів: днища (поз.1), підлога (поз.2), відбійник (поз.7), лижі (поз.8), перила (поз.10).

Перед тим як почати розрахунки потрібно з формувати принципову схему пристосування. В ній визначається основні елементи: базові опри, фіксатори, притискачі, а також розрахункові сили, які діють у процесі затиску, деформацій. У даному випадку пристосування передбачає фіксацію деталей з листового прокату товщиною 8 та 5 мм. Для їх фіксації використовуватиметься гвинтові, ексцентрикові притискачі та упори залежно від конструкції точності збирання.

Притискна сила, яка потрібна для закріплення деталей та під вузлів до стола приймається з урахуванням ваги деталей і сил, що виникають при зварюванні. Встановлено, що необхідна сила для надійного закріплення однієї деталі становить 1500 Н, з урахуванням можливих зміщувачів від деформацій при зварюванні, ваги деталі, та моментів від перекосів.

Розрахунок починається з вибору типу притискача, для цього доцільно застосовувати гвинтовий механізм з метричною різьбою М16 та довжиною ручки 150 мм .

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок закріплення упорів

Упори сприймають різні види навантажень такі як: розпірні та стягуючих сил, які утворюються в результаті зварювання деталей. [2]

Розрахунок необхідного моменту опору[2]:

$$F = \frac{P_{\phi} * H}{[\sigma]} \quad (3.1)$$

де

P_{ϕ} – Зусилля, що сприймається упором = 3000 Н;

H – Плече дії сили = 0,25 м;

σ - Допустиме напруження для сталі Ст3 = 150 МПа;

$$F = \frac{3000 * 0,25}{150 * 10^6} = 5 * 10^{-6} \text{ м}^3$$

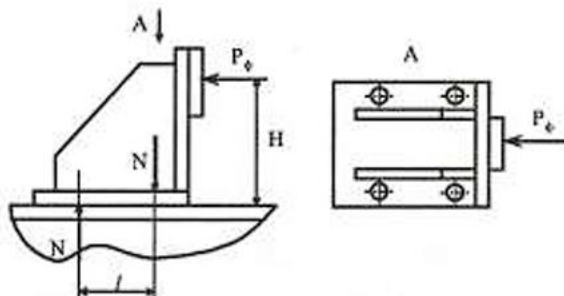


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема закріплення упора

Визначення координати центра ваги Z_0

$$Z_0 = \frac{a*b + 2a*\delta_2(1 + \frac{\delta_2}{2b})}{a + 2b_2} \quad (3.2)$$

Де

a – Ширина основи = 60 мм;

b – Висота упора = 200 мм;

δ_2 – Товщина ребра жорсткості = 6 мм.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_0 = \frac{60 * 200 + 2 * 60 * 6 * (1 + \frac{6}{400})}{60 + 12} = 190 \text{ мм}$$

Розрахунок моменту інерції I_x [3]:

$$I_x = \frac{a*b^3}{12} + 2 * \left(\frac{\delta_2 a^3}{12} + \delta_2 * a \left(Z_0 - \frac{a}{2} \right)^2 \right) \quad (3.3)$$

$$I_x = \frac{60*200^3}{12} + 2 * \left(\frac{6*60^3}{12} + 6 * 60 \left(190 - \frac{60}{2} \right)^2 \right) = 50,768,000 \text{ мм}^4$$

Визначення моменту опору [3]:

$$W_K = \frac{I_x}{h - Z_0} = \frac{50\,768\,000}{200 - 190} = 5\,076\,800 \text{ мм}^3$$

Розрахунок гвинтового притискача

Гвинти в стяжках виготовляють з трикутною, прямокутною і трапецієдальною різьбою.

В більшості випадків гвинти стяжок сприймають деформації розтягу і кручення. Торець гвинта і нарізка гайки і гвинта повинні перевірятися на граничний тиск. [2]

Найменший внутрішній діаметр гвинта (рисунок 3.2) визначається за формулою:

$$d_{Ai} = \sqrt{\frac{1,27P_0}{|\sigma|}}, \quad (3.4)$$

де $P_0 = z_0 \cdot P$ - розрахункове зусилля, яке застосовується для попереднього визначення діаметру гвинта;

$z_0 = 2$; P - осьове зусилля на гвинті.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$|\sigma|$ - допустиме зусилля на гвинті, МПа, $|\sigma| = 80 \text{ МПа}$.

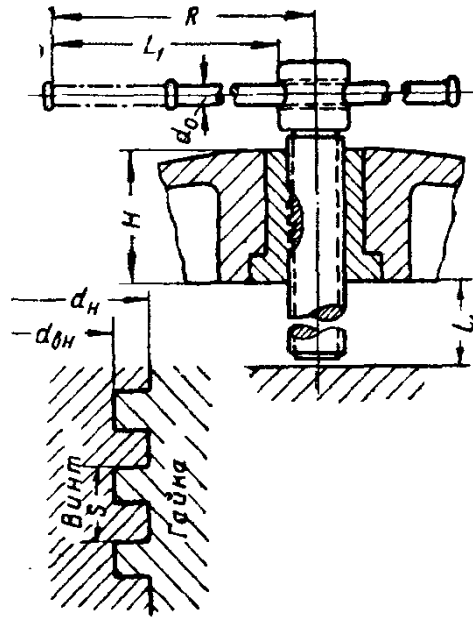


Рисунок 3.2 – Основні геометричні розміри гвинта

Враховуючи те що необхідне зусилля стягування гвинта повинно становити 50кН, підставимо числові значення у формулу 3.4 та визначимо діаметр гвинта

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 2 \cdot 50000}{80 \cdot 10^6}} = 0,024 \text{ м} = 24 \text{ мм}$$

Згідно ГОСТ приймаємо діаметр рівним 24 мм. Вільна довжина гвинта $l_1 > 10 \cdot d_{BH} = 240 > 40 \text{ мм}$, то гвинт підлягає перевірці на повздовжній згин за формулою:

$$\sigma_z = \frac{1,27 \cdot P_0}{d_{Ai}^2 \cdot \varphi_0} < |\sigma| = 80 \text{ МПа} \quad , \quad (3.5)$$

де φ_0 - коефіцієнт зменшення основного допустимого напруження на стиск: для сталі Ст.5 вибирається в залежності від $\frac{l}{r_0}$;

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

l – розрахункова довжина при повздовжньому згині, яка приймається рівною $0,5l_1$ при жорсткому закріпленні кінця гвинта;

r_0 – радіус інерції, який рівний $\sqrt{\frac{I_{\min}}{F}}$;

I_{\min} - мінімальний момент інерції, який рівний $0,05d_{Ai}^4$;

F - площа перерізу гвинта по внутрішньому діаметру, яка рівна $\pi \cdot \frac{d_{Ai}^2}{4}$

Тоді $F = 3,14 \cdot \frac{24^2}{4} = 904 \text{ мм}^2$, $I_{\min} = 0,05 \cdot 4^4 = 16588,8 \text{ см}^4$; $r_0 = \sqrt{\frac{16588,8}{904}} = 4,2$,

$l = 0,5 \cdot 240 = 120 \text{ см}$; $\frac{l}{r_0} = \frac{120}{4,2} = 28,5$.

Вибираємо $\varphi_0 = 0,94$.

Тоді

$$\sigma_z = \frac{1,27 \cdot 2 \cdot 500}{24^2 \cdot 0,94} = 23 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа}$$

Перевіримо гвинт на напруження від стиску і кручення за формулами:

$$\sigma_z = \frac{1,27 \cdot P}{d_{Вн}^2} \quad (3.6)$$

$$\sigma = \frac{1,27 \cdot 2 \cdot 5000}{24^2} = 220 \text{ кгс / см}^2$$

$$\tau = \frac{M}{W}, \quad (3.7)$$

де W - момент опору, який визначається як $W = \frac{\pi \cdot d_{Ai}^3}{32}$;

M - момент від зусилля тертя на різьбі;

$$M = P \cdot \text{tg}(\phi + \rho) \cdot r_{cp}, \quad (3.8)$$

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

де φ - кут підйому гвинтової лінії на середньому діаметрі, $\varphi = 30^\circ$;

ρ - кут тертя для пари гвинт-гайка, $\rho = 20^\circ$;

$r_{\text{нб}}$ - середній радіус різьби.

Підставимо числові значення у попередні формули та виконаємо перевірку гвинта на розтяг та кручення.

$$W = \frac{3,14 \cdot 24^3}{32} = 56,52 \text{ см}^3$$

$$M = 500 \cdot \text{tg}(30 + 20) \cdot 12 = 11460 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

$$\tau = \frac{11460}{56,52} = 202 \text{ кг} / \text{см}^2$$

Повні напруження на гвинті визначаються за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\text{я}}^2 + 4\tau^2}, \text{ кг} / \text{см}^2 \quad (3.9)$$

$$\sigma = \sqrt{220^2 + 4 \cdot 202^2} = 460 \text{ кг} / \text{см}^2 < \sigma_{\text{дон}} = 600 \text{ кг} / \text{см}^2$$

Визначимо зусилля на рукоятці при плечі рівному R за формулою:

$$K = \frac{M}{R}, \text{ кг} \quad (3.10)$$

$$K = \frac{11460}{250} = 45,8 \text{ кг}$$

Визначимо діаметр рукоятки за наступною формулою(8.9):

$$d = \sqrt[3]{\frac{K \cdot l_1}{0,1 \cdot \sigma_{\text{дт}}}}, \quad (3.11)$$

Тоді

$$d = \sqrt[3]{\frac{45,8 \cdot 24}{0,1 \cdot 600}} = 2,5 \text{ см}$$

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок ексцентрикового притискача

Ексцентрикові притискач застосовується для швидкого фіксування без використання різьбових механізмів. Зусилля затиску передається обертанням ексцентрика. [2]

При середньому куті α підймання кривої клина та з урахуванням сил тертя, зв'язок між окружною силою на діаметрі ексцентрика і силою притиску заготовки можна визначити формулою

$$P = W[tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1] \quad (3.12)$$

Сила притиску круговим ексцентриком визначається за формулою:

$$W = \frac{Ql}{p[tg(\alpha + \varphi) + tg\varphi_1]} \quad (3.13)$$

де W – сила притиску заготовки;

Q – сила, яка прикладається до рукоятки ексцентрика, 500 Н;

l – плече прикладання сили, 200 мм;

D – діаметр кругового ексцентрика, 40 мм;

p – відстань від осі обертання ексцентрика до точки його дотику з заготовкою, 20 мм;

φ – кут тертя між ексцентриком та заготовкою 6° ;

φ_1 – кут тертя в цапфі ексцентрика 5° ;

α – кут підймання кривої ексцентрика 10° .

$$W = \frac{500 * 0,2}{0,02 * [tg(10^\circ + 6^\circ) + tg5^\circ]} = 13\,377\text{ Н}$$

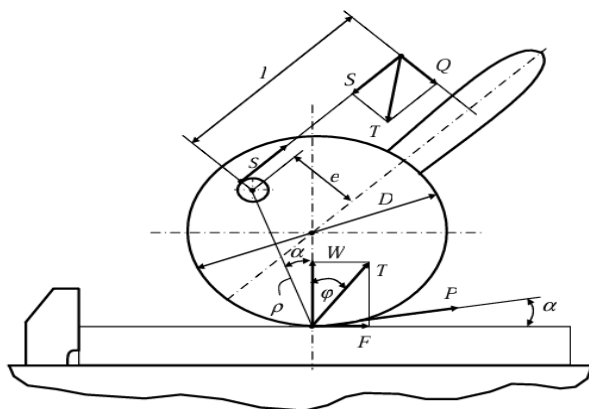


Рисунок 3.3 – Схема дії сил на круговий ексцентрик

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Визначення ширини робочої частини ексцентрика [3]:

$$B = 0,0175 \frac{WE}{R\sigma_{3M}^2} \quad (3.14)$$

де R – радіус робочої частини ексцентрика, 0,02 м;

E – модуль пружності, $2 \cdot 10^5$;

σ_{3M} – допустиме напруження сталі, 150 МПа;

$$B = 0,0175 * \frac{13\,377 * 200\,000}{0,02 * (150)^2} = 105 \text{ мм}$$

Діаметр цапфи ексцентрика також визначається, виходячи з напружень зминання, за формулою [3]:

$$d = \frac{W}{b[\sigma_{3M}]}$$

Де b – ширина цапфи, 0,02м;

$[\sigma_{3M}]$ – допустиме напруження зминання, 150 МПа;

W – сила притиску заготовки, 13377 Н.

$$d = \frac{13377}{0,02 * 150 * 10^6} = 4,46 \text{ мм}$$

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Розробка плану цеху

Планування складально-зварювального цеху, в якому буде здійснюватися виготовлення понтонної переправи, цей етап є одним із ключових етапів технологічного проектування. Від правильності компоновання виробничого цеху залежить не тільки ефективність організації виробничого процес, а також раціональне використання простору. Основою для розробки плану цеху є технологічна схема виготовлення зварної конструкції, яка включає в себе заготівельні, складальні, зварювальні, контрольні.

Проектування плану цеху починається з вибору схеми компоновання. У нашому випадку доцільніше є поздовжньо-потокове розміщення обладнання та ділянок. Це обумовлене характером конструкції – понтонні секції мають подовжену форму, тому технологічно доцільно переміщати їх вздовж, одного напрямку.

Така структура забезпечить ламінарний рух виробничого потоку, включаючи зустрічні перетини вантажопотоків та мінімізує логістичні витрати.

Виробничий потік включає послідовні зони:

- зона розвантаження металу на склад
- заготівельна ділянка
- ділянка механічної обробки
- складальна ділянка з оснасткою
- зварювальна ділянка
- зона контролю якості
- зона складання готових виробів

Проектована споруда цеху завжди є одноповерховою, прямокутною в плані, із прольотами шириною 18 м і кроком колон 6 м. Ширина цеху приймається в межах 60 м.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цех оснащується мостовим електричним краном вантажопідйомністю 3,2-5 т, що дозволить переміщати вузли понтона у процесі складання та зварювання.

Під кожне стаціонарне важке обладнання (зварювальні автомати під шаром флюсу, кантувач, пристрої складальні) проектується індивідуальні фундаменти, які не пов'язані з основною плитою підлоги. Це необхідно для гасіння вібрацій і забезпечення стабільності при динамічних навантаженнях. У разі використання поворотних стендів або електроприводів приводів до них прокладають закриті канали з електрокабелями.

Покриття підлоги використовується із високоміцного залізобетону з антиіскровим шаром. Така поверхня стійка до падіння важких предметів, дії зварювальних бризок, мастил та флюсів. У зоні плазмового різання підлога має додаткове посилення або металічну решітку, що дає змогу збирати відходи розкрою металу.

Освітлення цеху комбіноване: природне через верхні ліхтарі даху (або бічні вікна висотою 2м), та штучне за допомогою світильників потужністю 250-400 Вт з рівномірним розташуванням по цеху. Рівень освітлення у зонах заготівельних, складально-зварювальних операцій повинен бути не менше 300-500 лк. Вентиляція приміщення здійснюється за допомогою витяжних вентиляторів з продуктивністю 6000 - 10000 м³ / годину, встановлених у зонах різання, зварювання.

Таким чином, потік є переважно прямолінійним з невеликими відхиленнями для контролю якості та при транспортуванні між дільницями.

Площа цеху розраховується на основі кількості робочих місць, розмірів механізмів обладнань, габаритних розмірів вузлів та нормативних відстаней між об'єктами. Враховуючи габарити понтонної переправи, для кожного стенду потрібно приблизно 20-25 м² виробничої площі. Додатково враховується місце для проїзду навантажувача (ширина проїзду не менше 6 м), зона обслуговування машин, складські зони та побутові приміщення.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна площа ділянки для складання-зварювання складає орієнтовно у межах 300-400 м², включаючи проходи та виробничі площі. Доцільно використовувати типові прольоти промислової забудови, шириною 12,18,25 метри з кроком колон 6 м. Наприклад, два паралельні ряди стендів довжиною 10м із проїздом між ними дасть змогу розмістити лінію виробництва в прольоті 18м.

Для розміщення обладнання дотримуються нормативні проміжки між об'єктами:

- між зварювальними апаратами не менше 1,2 м;
- між зварювальним постом і проходом не менше 1,5 м;
- між стінками великогабаритних стендів 2-3 м;
- висота підйому кран-балки не менше 5 м від підлоги;
- ширина проїзду від 3 до 5 м.

Для оптимізації внутрішньоцехового транспортування в зоні складання використовуються напрямні рейки, візки або навантажувачі. Це дозволить зменшити кількість підйомно-транспортних операцій та дозволить скоротити час переміщення виробів між ділянками. Всі транспортні потоки проектуються з урахуванням принципу одностороннього руху, щоб уникнути пересічень іншого транспорту.

План цеху також враховує допоміжні зони побутових приміщень: для обслуговування обладнання, приміщення для зберігання зварювальних матеріалів, приміщення для персоналу та приміщення з устаткування для вентиляції. Побутовий блок (роздягальні, санітарно-гігієнічні приміщення, їдальня) розміщується в межах цеху, але не в самій виробничій зоні.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 БЕЗПЕКА ПРАЦІ

Небезпечні ситуації, які можуть виникнути під час складально-зварювальних робіт.

Під час виготовлення понтонної переправи процеси зварювання, різання, підготовки та складання супроводжуються дією низки небезпечних і шкідливих факторів виробництва. Робота часто виконується з використанням відкритого полум'я, електричної дуги, також в обмежених просторах та при змінній температурі, що значно підвищує ризики виникнення аварійних ситуацій. Однією з найпоширеніших загроз є ураження електричним струмом під час використання зварювального обладнання. Зварювання високими струмами, неправильне заземлення або пошкоджена ізоляція кабелів можуть стати причиною ураження струмом. Також є важливим вплив високих температур, розбризувань капелів електродного металу, що може призвести до опіків, особливо при відсутності засобів індивідуального захисту.

Варто зазначити, що в замкнених просторах понтонних секцій при зварюванні перегородок або внутрішніх швів зростає ризик отруєння газами, які утворюються при зварюванні та зниження вмісту кисню в повітрі, тому перед входом до таких зон обов'язкове провітрювання та вимірювання газового складу повітря. Також обов'язковим є чергування працівника, що виконує зварювання, з напарником, який здійснює постійний зовнішній контроль.

Високі температури й інтенсивне теплове випромінювання також створюють умови для перегрівання організму працівника, що призводить до зниження уваги, помилок в роботі, а отже до зростання ймовірності травматизму. Зварювання спричиняє утворення газів, які при тривалому впливі викликають серйозні хронічні захворювання органів дихання.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці речовини можуть накопичуватися в приміщенні без належної вентиляції, тому дуже важливою умовою є облаштування ефективної вентиляції.

При складанні великогабаритних елементів понтону працівники змушені виконувати роботу в незручних позах, часто з перевищенням допустимих фізичних навантажень, що є джерелом професійних захворювань. Під час монтажу існує ризик падіння важких металічних деталей, що вимагає не тільки обов'язкового використання засобів індивідуального захисту, а також дотримання чіткої послідовності виконання робіт, використання надійного монтажного обладнання.

Небезпекою є пожежна загроза у зварювальному виробництві часто виникають пожежі із-за не правильно облаштування робочого місця та у випадку залишання легко займистих речовин на робочих місцях. Порушення правил зберігання балонів, неправильне підключення або недостатня герметичність з'єднання можуть призвести до загорання і вибуху.

Своєчасне обстеження обладнання, належна організація робочого місця з дотриманням норм ДБН, наявність пожежних засобів, вентиляції, заземлення, а також постійних контроль за станом здоров'я працівників дозволить мінімізувати ризики під час виготовлення понтонної переправи.

Засоби усунення небезпечних ситуацій на виробництві

Для забезпечення безпеки праці при виготовленні понтонної переправи необхідно передбачити цілий комплекс технічних, організаційних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на усунення небезпечних і шкідливих факторів виробництва. Так як більшість взаємодії працівників відбувається із електроінструментами, варто забезпечити працівників від ураження струмом.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для цього необхідно використовувати справні джерела живлення, заземляти корпуси електроприладів, регулярно проводити перевірку ізоляції зварювальних кабелів, а також обладнати робочі місця захисними вимикачами, які забезпечать аварійне відключення у разі перевищення струму або пробою.

При зварювання необхідно використовувати засоби індивідуального захисту:

- щиток з світлофільтром, який підбирають відносно зварювального струму;
- захисні окуляри для шліфування;
- вогнетривкий спец одяг;
- захисні рукавиці, краги за необхідності нарукавники;
- взуття з металевою пластиною для захисту пальців.

Одяг повинен бути закритим, не мати відкритих країв або синтетичних вставок, які легко займисті.

Для захисту органів дихання від парів металу, газів та аерозольних часток, що утворюються під час зварювання, необхідно застосовувати фільтрувальні респіратори, а при роботі в обмежених просторах автоматичні шлангові респіраторні системи з примусовою подачею повітря. Вентиляція має бути комбінованою: загально обмінною та локальною. На кожному посту слід встановити витяжки або повітровідсмоктувачі з регульованим потоком. Роботи в обмежених просторах мають виконуватися лише після перевірки складу повітря за допомогою газоаналізаторів, а також в присутності напарника, що забезпечує страхування та нагляду.

Для зменшення ризику механічних травм, необхідно застосовувати монтажно-захоплювальні пристрої, підйомні крани, вантажозахоплювальні пристосування. Всі пересувні частини повинні мати запобіжні кожухи, а переміщення деталей виконуватися лише після повного зупинення механізмів.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб усунути небезпеку пожежі й вибуху важливо виконувати чіткий розподіл зон зберігання та використання горючих матеріалів. Балони повинні зберігатися у вертикальному положенні в спеціальних металевих шафах, від дії прямих сонячних променів. Приєднання шлангів повинно бути герметично, а зазор клапана справним.

У приміщенні мають бути встановленні вогнегасники, пісок, а персонал повинен пройти інструктаж з використанням засобів гасіння та евакуації.

Для зниження шумового навантаження та вібрацій, особливо при роботі зі шліфувальним обладнанням, рекомендується використовувати протишумові навушники або вкладиші, а також ізолювати джерела шуму кожухами з вібро та шумопоглинальним матеріалом. Також варто організувати робочі столи, поворотні та висувні платформи, які знижують навантаження на м'язи.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В даній бакалаврській роботі було розроблено технологія складання та зварювання понтонної переправи, що відповідає сучасним вимогам до інженерних споруд. Під час проектування враховано технічні, виробничі, організаційні та експлуатаційні аспекти.

Обґрунтовано тему проекту, що полягає в необхідності забезпечити швидкого переправлення через водяні перешкоди людей, обладнання чи транспорту.

Поведений аналіз зварюваності конструкції виробу, її основних елементів, вимог до умов, експлуатації та конструктивних обмежень. Обґрунтовано доцільність використання низьколегованої сталі 09Г2С, яка забезпечує необхідні міцнісні, пластичні й технологічні властивості.

Характеризували технологічність конструкції. Встановлено, що модульна будова, симетричність, стандартизація вузлів і раціональна геометричність значно підвищує технологічність конструкції виробу. Запропоновані варіанти щодо вдосконалення, уніфікації елементів, покращення доступності для контролю якості.

Проаналізувавши існуючий базовий технологічний процес. Виявлено його недоліки, зокрема високу залежність якості зварювання від людського чинника та велику трудомісткість. Було запропоновано оптимізовану послідовність операцій, включаючи розбиття виробу на під вузли, застосування пристроїв складальних та застосування автоматичних способів зварювання.

Розраховано режими зварювання для обраних способів: автоматичного під шаром флюсу та напівавтоматичного в захисних газах. Обґрунтовано вибір обладнання: Fronius TransSteel 3500 для MIG зварювання та АДФ-1000 для SAW. Розрахунок параметрів зварювання з урахуванням типів зварних швів, товщини металу, типу з'єднання та забезпечення повного провару основного металу.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблено технологію складання та зварювання понтонної переправи. Визначено що доцільніше розбити вузол на під вузли для покращення якості складання та зварювання. Описано технологію складання під вузлів та складальних одиниць в готову конструкцію. Описано послідовність зварювання кожного із вузлів.

Розроблено план комплектування цеху, враховуючи рух деталей та вузлів по цеху, оптимізація розміщення робочих зон, вузлів підйому та вентиляції.

Приділено увагу заходам безпеки праці від захисту від дій небезпечних факторів до електробезпеки, протипожежних рішень. Описані системи оповіщення персоналу про небезпеку та автоматичного захисту.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гуменюк І. В. Обладнання та технології зварювальних робіт : навч. посіб. / І. В. Гуменюк. — К. : Грамота, 2014. — 120 с. Волченка В . Н. Контроль якості зварних конструкцій [Текст]/В. Н. Волченко. -М. : Машинобудування , 1986 . - 152 с.
2. Карпенко А . С . Технологічна оснастка у зварювальному виробництві [Текст] / А . С . Карпенко . – К . : Арістей , 2005 – 268 с .
3. Кривов Г. О., Зворикін К. О. Виробництво зварних конструкцій, 2012, - 896 с.
4. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання. Київ: Грамота, 2007. 272 с.
5. Квасницький В.В. Спеціальні способи зварювання: навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.
6. Панчук М.В., Шлапак Л.С. Зварювання плавленням: конспект лекцій (Частина 1). Іва-но-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. 67 с.
7. Панчук М.В., Шлапак Л.С. Зварювання плавленням: конспект лекцій (Частина 2). Іва-но-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. 109 с.
8. Василик А.В. Спеціальні методи зварювання: конспект лекцій. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2016. 89 с.
9. Нормування витрати зварювальних матеріалів при зварюванні у вуглекислому газі та його сумішах.- Київ: Екотехнологія, 2008, - 66 с.
10. Гаєвський О. А. Координація зварювальних робіт [текст] навч. посіб. / О. А. Гаєвський, В. О. Гаєвський. – Київ: Центр учбової літератури, 2017.– 168 с.
11. В.Ц. Жидецький. Основи охорони праці. Львів, Афіша. 2002. – 310 с.
12. В.В. Сафонов, Л.М. Діденко, В.В. Мелашич. Охорона праці при встановленні і монтажі металевих конструкцій. К., Техніка. 2006. – 235 с.
13. Зварювальне устаткування Fronius. URL: <https://www.fronius.com>

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Бреславский Д.В. Марочник сталей и сплавів [Електронний ресурс] – <http://www.splav.kharkov.com>.
15. Тракторець автоматичного зварювання під шаром флюсу, URL: <https://megavtogonal.com/svarka>.
16. Механічні вальці, URL: <https://bendmak.com.ua>.
17. Апарат плазмового різання, URL: [Powermax85 SYNC plasma cutter and consumables | Hypertherm](#).
18. Стічкопильний верстат, URL: [KASTOmicut U 2.6 | KASTO](#).
19. Гідравлічний прес, URL: <https://yangli.com.ua>.

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ДОДАТКИ

Додаток А – загальний вигляд понтонної переправи.

Додаток Б – пристрій складальний.

Додаток В – пристрій складальний під вузла.

Додаток Г – технологічний процес виготовлення понтонної переправи.

Додаток Д - план складально-зварювального цеху

					КРБ.ЗТ-01.00.000	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		