

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний Університет кораблебудування імені адмірала
Макарова
Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра Зварювального виробництва

«Допущений до
захисту»
В.о. завідувача кафедри
_____ С.В.Драган
«__»_____ 2023р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ**
МЕХАНІЗОВАНОГО ВИГОТОВЛЕННЯ НАСАДКИ ГРЕБНОГО
ГВИНТА

Виконав: студент групи 6121м
_____ Кучеренко В.В.
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи:
В.о. зав. кафедри, канд.
техн.наук, _____ професор
НУК _____
(посада, науковий ступень, вчене звання)
_____ Драган С.В.
(підпис) (ПІБ)

Миколаїв, 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний Університет кораблебудування імені адмірала
Макарова
Кораблебудівний навчально науковий інститут

Кафедра Зварювального виробництва

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Освітня програма Інжиніринг зварювання та споріднених процесів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми
_____ С.В.Драган
«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Кучеренко Володимир Вікторович
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи: Дослідження та розробка технології механізованого виготовлення насадки гребного гвинта

Керівник роботи канд. техн. наук, професор НУК Драган С.В.
Затверджені наказом ректора № _____ від «___» _____ 20__ року

2. Термін подання роботи: 15 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані по роботі: 1. Робочі креслення насадки гребного гвинта. 2. Матеріал виробу – сталь 09Г2,12Х18Н10Т. 3. Річна програма випуску виробів шт 20

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

1. Аналіз відомих технологій виготовлення циліндричних насадок гребних гвинтів. 2.Проектування технології складання та зварювання насадки 3. Розробка обладнання та оснащення для виготовлення насадки 4. Розрахунок економічної частини при виготовленні насадки гребного гвинта 5. Охорона праці та охорона навколишнього довкілля

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. Тема, мета та завдання кваліфікаційної роботи. 2.Опис конструкції насадки та її призначення. 3.Характеристики сталей 12Х18Н10Т та 09Г2. 4.Розрахунок режимів зварювання. 5.Розрахунок термічних циклів для автоматичного та механізованого зварювання. 6. Металографічні дослідження зварних з'єднань. 7. Розподіл твердості металу шва. 8.Розробка технології складання та зварювання насадки. 9. Розробка устаткування.

10.Економічний ефект від впровадження автоматичного зварювання. 11. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Драган С.В., в.о. зав. каф.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1.Аналіз відомих технологій виготовлення циліндричних насадок гребних гвинтів.	06.11.2023	
2.	Розділ 2.Проектування технології складання та зварювання насадки	15.11.2023	
3.	Розділ 3.Розробка обладнання та оснащення для виготовлення насадки	23.11.2023	
4.	Розділ 4.Розрахунок економічної частини при виготовленні насадки гребного гвинта	30.11.2023	
5.	Розділ 5.Охорона праці та охорона навколишнього середовища	06.12.2023	
6.	Підготовка доповіді та презентації	12.12.2023	

Студент _____
(підпис) (ПІБ)

Керівник роботи _____

Вступ.....	6
1. Аналіз відомих технологій виготовлення циліндричних насадок гребних гвинтів.....	10
1.1 Опис конструкції та матеріалів насадки.....	10
1.2. Аналіз існуючих варіантів складання та зварювання циліндричних обичайок. Особливості технології зварювання насадки гребного гвинта.....	17
1.3. Особливості зварювання різнорідних сталей.....	24
1.4. Технологія виготовлення насадки гребного гвинта	27
1.5 Висновки та постановка задач кваліфікаційної роботи.....	30
2.Проектування технології складання та зварювання насадки.....	33
2.1. Особливості вибору способів складання, зварювання та зварювальних матеріалів.....	33
2.2. Розрахунок режимів автоматичного та механізованого зварювання насадки.....	37
2.3. Розрахунок термічного циклу для автоматичного та механізованого зварювання.....	43
2.4. Металографічні дослідження зварних з'єднань 09Г2+12Х18Н10Т.....	49
Висновки.....	53
3. Розробка обладнання та оснащення для виготовлення насадки	55
3.1. Вибір та обґрунтування зварного обладнання	55
3.2 Розрахунок та конструювання складально – зварювального кантувача.....	59
3.3 Розрахунок та конструювання порталу для зварювального автомату...	64
3.4 Загальні технологічні вказівки по складанню та зварюванні насадки.....	69
3.5 Режими та послідовність складання та зварювання насадки.....	71
3.6 Вибір та описання способів контролю якості.....	75

Висновки.....	75
4. Розрахунок економічної частини при виготовлені насадки гребного гвинта.....	79
4.1 Розрахунок витрат при використанні автоматичного зварювання, у порівнянні з механізованим зварюванням в середовищі CO ₂ при зварюванні зовнішньої обшивки насадки гребного гвинта.....	79
Висновки.....	83
5. Охорона праці та охорона навколишнього середовища.....	88
5.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливих виробничих факторів на складально – зварювальній ділянці виготовлення насадки.....	89
5.2 Розрахунок штучного освітлення.....	90
Загальні висновки.....	92
Список використаних джерел інформації.....	94

					КР.131.6121м.00.ПЗ.			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Студент	Кучеренко В.В.				Всипує	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Драган С.В.						6	2
Консультант						НЧК		
В.о.зав.каф.	Драган С.В.							

Вступ

Одним із найважливіших вузлів судна є рушійний комплекс. Грамотне конструювання цього комплексу багато в чому визначає морські якості судна.

У промисловому судноплавстві часто виникає необхідність у судах, які можуть займатися буксируванням, штовханням та іншими роботами, що потребують маневреності, потужності та високого ККД рушійного комплексу.

Ця необхідність виникла й у рибопромисловому судноплавстві. На траулерах дуже часто застосовується комплекс – гребний гвинт – неповоротна насадка, що у багато разів підвищує ефективність експлуатації судна, але виготовлення насадки є досить складним процесом, особливо якщо це серійне виробництво.

Для якісного виготовлення насадок має бути дотримано правильної гідродинамічної форми, а також раціонального виготовлення антикорозійної частини конструкції. Насадка має внутрішній поперечний та поздовжній набори. У процесі виробництва насадок виникає низка питань щодо зварювання різнорідних сталей, доцільності застосування різних зварювальних матеріалів та механізації технологічного процесу виробництва насадки. Особливо актуально зараз стоїть питання щодо застосування нового зварювального обладнання та механізації під це обладнання, що значно підвищує майже всі показники зварювального виробництва.

Істотне підвищення ефективності зварювального виробництва досягається застосуванням зварювальних матеріалів із високим коефіцієнтом наплавлення. До таких матеріалів відносяться порошкові драти. Їх застосування дозволяє отримати високоякісне формування шва, глибший провар, дає можливість контролювати металургійні процеси зварювання, більш ретельніше. Порошкові драти дають високі результати при зварюванні нержавіючих і різнорідних сталей, мають високий

коефіцієнт наплавлення та продуктивність.

Метою кваліфікаційної роботи вдосконалення існуючої технології складання та зварювання насадки із різнорідних сталей 09Г2+12Х18Н10Т.

					КР.131.6121м.00.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		8

					КР.131.6121м.01.ПЗ.							
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата								
Студент		Кучеренко В.В.			Аналіз відомих технологій виготовлення циліндричних насадок гребних гвинтів				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Драган С.В.									9	22
Консультант									НУК			
В.о.зав.каф.		Драган С.В.										

1. Аналіз відомих технологій виготовлення циліндричних насадок гребних гвинтів

1.1 Опис конструкції та матеріалів насадки

Для підвищення ефективності гребних гвинтів, що працюють при важких та помірних навантаженнях, широке застосування знаходять напрямні насадки.

Направляюча насадка - кільцеподібне тіло, що має в поздовжніх перерізах форму гідродинамічного профілю та має мінімальний зазор кромки лопатей гребного гвинта. Поздовжній профіль насадки повернений опуклою стороною до гребного гвинта, а передній профіль закругленою формою – до форми судна (рис.1.1) [1]

Площа вхідного перерізу насадки значно перевищує площу вихідного перерізу, яка у свою чергу дещо перевищує площу найбільш вузького перерізу насадки в якому розміщується гребний гвинт.

Нерухлива направляюча насадка (рис.1.1) має з корпусом судна пару у вигляді обтікаючого козирка. Насадки бувають 2-х типів: поворотні та неповоротні. Поворотна насадка одночасно служить і кермовим пристроєм. Позаду неповоротних насадок встановлюється перо руля.(рис.1.1)[1]

Зовнішня обшивка, набір виготовляються із листової сталі 09Г2. Слід враховувати корозійні ушкодження на внутрішній поверхні насадки у районі гребного гвинта. Враховуючи ці особливості, внутрішню обшивку виготовляють із листової нержавіючої сталі 12Х18Н10Т.

Розглянемо конструкцію насадки, що застосовується на рибопромислових судах (Креслення 1)

Направляюча насадка по рис.1.1 габарит 5300х4500х2400. Насадка розташована у ДП, у районі 132-136 шп. та закріплена до ахтерштевня за допомогою бракети товщиною 50 мм. При виготовленні насадки, конструкцію перевіряють стисненням повітрям під тиском 0,03 МПа за держстандартом 3285-77. Конструкція має поперечну шпацию – 300 мм. Насадка має товщину 14 мм. Сталь 09Г2 категорії Д32 по ДЕРЖСТАНДАРТ

					КР.131.6121м.01.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		10

5521-86. Лист зовнішньої обшивки зварюють по ДЕРЖСТАНДАРТ 14771-76 УП С19 - АФо. Зовнішня обшивка складається з 4-х обичайок, що приварюються до шпангоутів, і має 8 пазів. Внутрішня обшивка складається з 2-х обичайок, що приварюються до шпангоутів, і має 3 стики та 2 пази.

Поперечний набір є круговими шпангоутами, під номерами 132 1\2, 133, 134 1\2, 135. Вони мають товщину 14 мм, на 134 шпангоуті товщина 16 мм.

Поздовжній набір розташований під кутом 30 один до одного і складається з листів розрізів товщиною 14 мм. Приварювання поздовжнього та поперечного набору до внутрішньої обшивки проводиться тавровими двосторонніми швами безпосередньо до обшивки. Зварювання ведеться згідно з ДЕРЖСТАНДАРТ 14771-76 ТЗ-УП.

Внутрішня обшивка виготовлена з листової сталі 12Х18Н10Т товщиною 16 мм. Зварювання внутрішньої обшивки ведеться згідно з ДЕРЖСТАНДАРТ 14771-76 С21-УП.

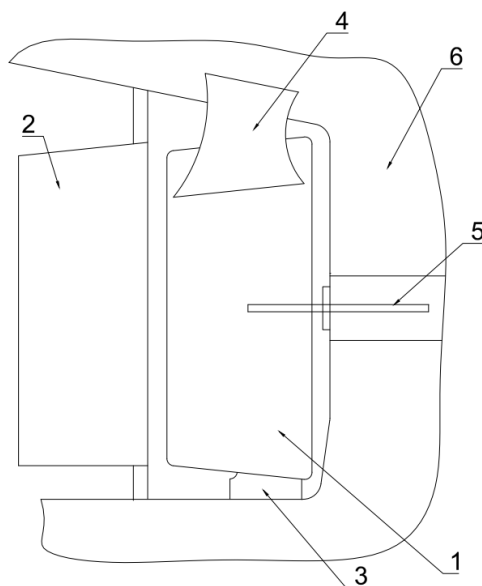


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд та встановлення насадки на траулері: насадка траулера з її установкою: 1 – Насадка; 2 – Перо керма; 3 – Нижня бракета; 4- Верхня бракета (2шт); 5 – Горизонтальна бракета (2 шт); 6 – Корпус судна.

На рисунку представлена схема насадки в розрізі:

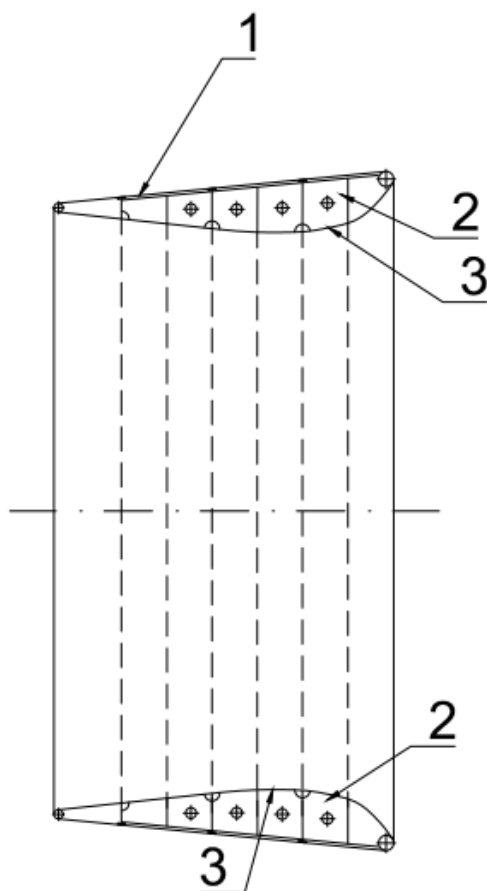


Рисунок 1.2 – Насадка у розрізі: 1 – Зовнішня обшивка; 2 – Набір;
3 – Внутрішня обшивка.

Приварювання набору до зовнішньої обшивки проводиться за допомогою підкладок, приварених переривчастими швами катетом 4 мм з кроком 30\80 мм до шпангоутів, а потім зварюється шов зовнішньої обшивки з обробкою кромки (Рис.1.3)

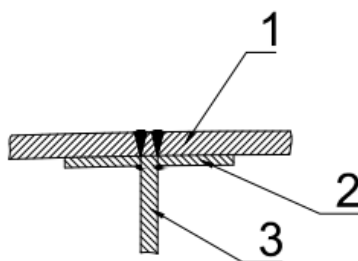


Рисунок 1.3 – Приварювання зовнішньої обшивки до набору:
1-Зовнішня обшивка; 2 – Підкладка; 3 – Шпангоут.

Торцеві стінки насадки по контуру обмежені прутками діаметром 36 мм і 100 мм кормової та носів відповідно.

До торцевих прутків приварюється зовнішня та внутрішня обшивка насадки (Рис.1.4)

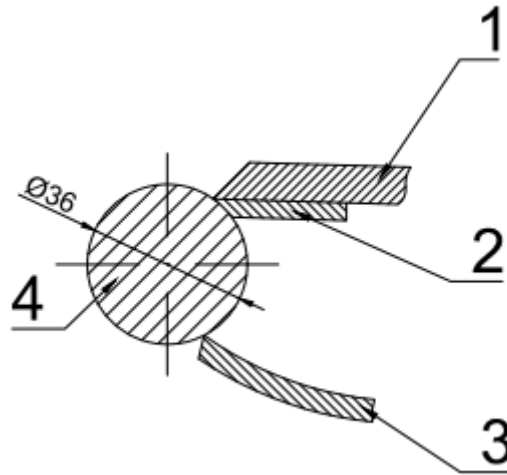


Рисунок 1.4 – Кормове протікання ZO і VO до прутка.

1 - ZO (зовнішня обшивка); 2 – Підкладка; 3 -VO (внутрішня обшивка) 4 – Пруток;

Дана насадка гребного гвинта траулера є об'ємною секцією зі складною технологією складання та зварювання, оскільки насадка є кільцеподібним тілом, то для її виробництва доцільно сконструювати складально – зварювальний кантувач, що дає можливість застосування швидкого та зручного складання та автоматичного зварювання під шаром флюсу. Для скорочення проміжку часу виготовлення насадки листові деталі для зовнішньої та внутрішньої обшивок насадки заздалегідь перевіряються представниками ВТК на відповідність кресленню. Деталі набору, їх кількість та точність виготовлення також перевіряється за відповідним кресленням та здаються представнику ВТК. Усі листові вироби, що входять до конструкції насадки, повинні мати відповідний припуск.

При складанні та зварюванні об'ємної секції складної конструкції для уникнення деформацій від нерівномірного нагріву виробу розробляється технологічна черговість зварювання.

При зварюванні внутрішньої та зовнішньої обшивок в першу чергу зварюються поздовжні шви (пази), а потім проводиться зварювання поперечних швів (стиків).

Одним із конструкційних матеріалів для виготовлення насадки гребного гвинта є низьколегована сталь категорії Д32(09Г2).

Ця сталь знайшла широке застосування в суднобудуванні через добрі технологічні показники. 09Г2 має необхідні механічні властивості при низькому вмісті вуглецю (не більше 0,12%) і невеликих добавок легуючих елементів тому, що у сталей з низьким вмістом вуглецю опір до крихкого руйнування в гарячекатаному або нормалізованому стані знижується зі збільшенням сумарного легування. [2]

Низький вміст вуглецю забезпечує необхідні зварювальні властивості цих сталей.

Сталь 09Г2 добре зварюється, так як містить вуглець до 0,12% [2].

Хімічний склад, механічні та теплофізичні властивості сталі 09Г2 наведені у табл.1.1,1.2,1.3 відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 09Г2

Вміст елементів, % за масою								
С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ne
Не більше 0,12	0,17-0,37	1,40-1,80	Не більше 0,30	Не більше 0,035	Не більше 0,030	Не більше 0,30	Не більше 0,30	Не більше 0,08

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 09Г2

Механічні властивості сталі 09Г2				
Марка сталі	σ_b , МПа	σ_t , МПа	δ , %	a_n Дж/см ²
09Г2	≥450	≥310	≥21	≥30

Таблиця 1.3 – Теплофізичні властивості 09Г2

1	Температура плавлення $T_{пл}$, °С	1450
2	Температура втрати пружних властивостей T_0 , °С	850
3	Температура максимально допустима при виправленні $T_{пр}$, °С	950
4	Рекомендаційна t° нагріву при без ударному виправленню	750
5	Коефіцієнт теплопровідності λ , кал/см·с·°С	0,095
6	Коефіцієнт лінійного розширення $\alpha \cdot 10^{-6}$, град ⁻¹	12,7
7	Питома теплоємність c , кал/г·°С	0,13
8	Щільність г/см ³	7,85
9	Коефіцієнт температуропровідності a , см ² /с	0,093
10	Відносна деформація $\varepsilon_s \cdot 10^{-4}$	15
11	Коефіцієнт впливу прогріву $p=1450/T_{пл} \cdot c\gamma$	1,0
12	Коефіцієнт впливу на деформацію $S=\alpha/c\gamma\varepsilon_s$	0,8

Окрім сталі 09Г2 для виготовлення насадки використовується високолегована сталь 12Х18Н10Т аустенітного класу. Ця сталь при відповідному легуванні та термообробці має високу корозійну стійкість при кімнатних та підвищених температурах (до 800 С),

Ця сталь має знижений вміст вуглецю, що не перевищує 0,12 %, що надає вирішальний вплив її до міжкристалічної корозії.

Корозійна стійкість за десятибальною шкалою в Україні не оцінюється, а прийнята оцінка за п'ятибальною шкалою (табл.1.8) [2]

Корозійна стійкість сталі 12Х18Н10Т оцінена 2,1,1,3 балів. Таким чином, для робочих температур насадки 0С-20С сталь 12Х18Н10Т є дуже стійкою до корозії і згідно (табл.1.8) швидкість корозії не перевищує 0,1 мм на рік.

Сталь 12Х18Н10Т має помірну зварюваність через схильність до утворення гарячих тріщин, проте зараз розроблені зварювальні технології та матеріали, що дозволяють отримати зварні з'єднання цієї сталі дуже високої якості.

Таблиця 1.8 – П'ятибальна шкала корозійної стійкості

Бал	Швидкість корозії мм/рік	Група стійкості
1	<0.1	Дуже стійкі
2	0,1-1,0	Стійкі
3	1,1-3,0	Знижено стійкі
4	3,1-10	Малостійкі
5	>10	Нестійкі

Сталь 12Х18Н10Т, що випускається відповідно до
ДЕРЖСТАНДАРТ 5632-72, має хімічний склад і механічні властивості
згідно з табл.1.9 і табл. 1.10.

Таблиця 1.9 – Хімічний склад та механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

Вміст елементів, % за масою									Механічні властивості		
С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	σ_T МПа а	σ_B МПа	δ , %
Не більше 0,12	Не більше 0,8	Не більше 2,0	Не більше 11,0	Не більше 0,02	Не більше 0,035	Не більше 19,0	Не більше 0,30	Не більше 0,1	285	528	38

Таблиця 1.10 - теплофізичні властивості сталі 12Х18Н10Т

1	Температура плавлення $T_{пл}$, °С	1570
2	Температура втрати пружних властивостей T_0 , °С	780
3	Коефіцієнт теплопровідності λ , кал/см·с·°С	0,045
4	Коефіцієнт лінійного розширення ϵ , кал/г·°С	17,5
5	Питома теплоємність c , кал/г·°С	0,13
6	Щільність г/см ³	7,95
7	Коефіцієнт теплової деформації $\alpha \cdot 10^6$ /сγ, см/кас	17
8	Коефіцієнт температуропровідності a , см ² /с	0,045
9	Коефіцієнт тепловіддачі α_0 , кал/см ² ·с·°С	0,0008
10	Відносна деформація $\epsilon_s \cdot 10^{-4}$	11
11	Коефіцієнт впливу прогріву $\rho=1450/T_{пл}$ ·сγ	0,9
12	Коефіцієнт впливу на деформацію $S=\alpha/c\gamma\epsilon_s$	1,5

1.2 Аналіз існуючих варіантів складання та зварювання циліндричних обичайок. Особливості технології зварювання насадки гребного гвинта.

Циліндричні оболонкові конструкції та обичайки знайшли широке застосування у всіх галузях промисловості. Конструкції такого роду відрізняються один від одного розмірами та технологічними особливостями. Тому враховуючи ці фактори, існують різні варіанти та способи зварювання циліндричних обичайок.

Так, наприклад, при виготовленні корпусів цементної печі, котрі являють собою частину циліндричної обичайки, зварювання кільцевих стиків виконують на спеціальному роликовому стенді зварювальними головками на флюсовій подушці. Для зняття внутрішніх напружень стиків після зварювання піддають місцевому отпуску. За допомогою з'ємних електричних печей, шви та ділянки навколо шовної зони піддаються нагріванню до температури 550-600 °С з відповідною витримкою та повільному охолодженню. [3]

При виготовленні судів, працюючих під тиском, виконують прямолінійні, кільцеві та кругові стикові шви. В залежності від товщини стінки отвору виконання кожного із них мають свої особливості.

Складання рекомендують виконувати за допомогою притискних пристосувань. Надійне притискання зварювальних кромок до підкладки дозволяє виконати одностороннє зварювання без прихваток. Поздовжні шви викликають порушення прямолінійності створених тонкостінних обичайок та зменшують кривизну в зоні шва в поздовжньому перерізі [3].

При виконанні кільцевих стиків тонкостінних судів із матеріалів, малочутливих до концентрації напружень, використовують підкладки, що залишаються – кільця, котрі полегшують центрівку кромок та їх одностороннє зварювання. В інших випадках кільцеві стінки складають та зварюють на знімних підкладках роз'ємних кілець.

Для запобігання зміщення кромок їх притискають до підкладки роликом,

перекочуючи його по поверхні стику безпосередньо перед зварювальною дугою.(рис.1.11).

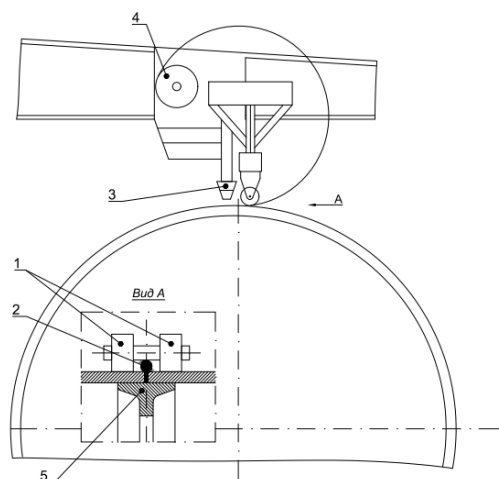


Рисунок 1.11 – Схема притискання кромки до підкладного кільця:

1 – Притискні ролики; 2 – Присадний дріт; 3 – Зварювальний пальник; 4 – Касета з дротом; 5 – Підкладне кільце.

Для зварювання стику обичайок можна використовувати схему, при якій стик виконується всередині обичайки. В цьому випадку зона кільцевого шву охоплюється жорстким бандажем, який обертається при зварюванні разом із виробом, а зварювання першого проходу виконується всередині обичайки. Деформації від кільцевого шву для більшості матеріалів, зменшують діаметр обичайки. Таке скорочення зони шву добре піддається виправленню прокаткою роликами. [3]

В багатосерійному виробництві тонкостінних посудин для виконання складально – зварювальних операцій використовують спеціальні напівавтоматичні установки. Найбільш складною для автоматизації операцією вважається орієнтування. Якщо цю операцію виконує робочий, то установка значно спрощується і це вважається причиною відмови від використання повністю автоматизованого устаткування.

Розглянемо можливе існуюче устаткування для механізованого складання та зварювання циліндричних обичайок.(рис.1.12).

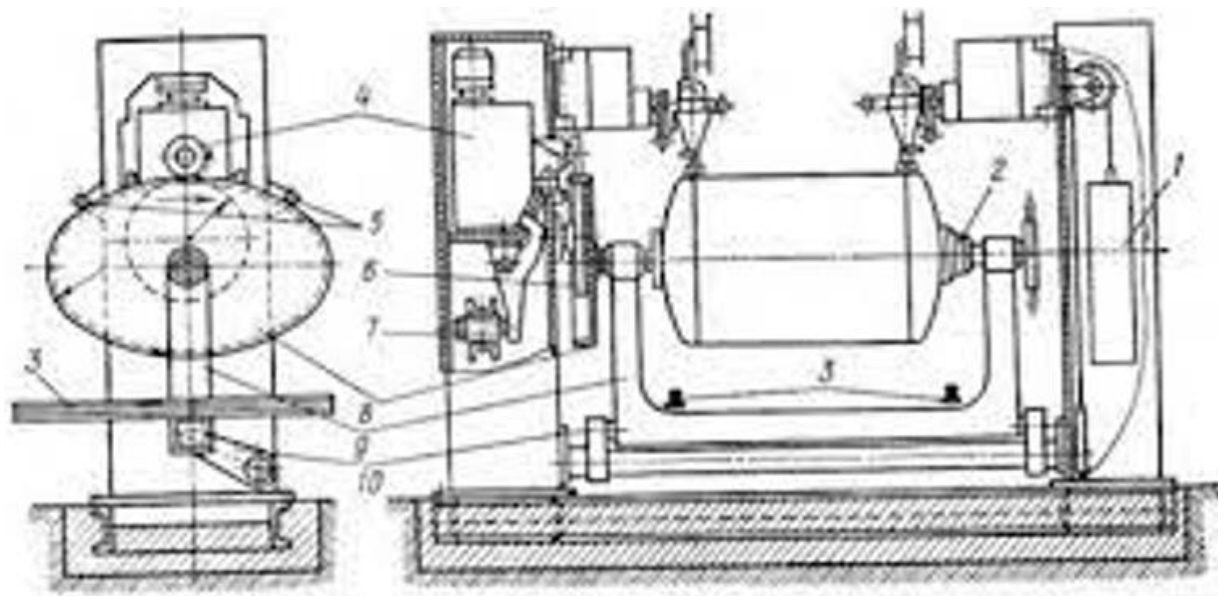


Рисунок 1.12 – Установка для автоматического зварювання овальних посудин.

1 – Противага; 2 – Центруюче затискне пристосування; 3 – Рейка; 4 – Ведучий ролик приводного механізму; 5 – Холості ролики; 6 – Опорний холостий ролик; 7 – пружинний упор; 8 – Копіювальний диск; 9 – Плаваюча скоба; 10 – рухливі важелі.

В роботі даної установки (рис.1.12) виконується автоматичне зварювання вже складеної овальної обичайки. Таке пристосування дозволяє більш ефективніше та швидше зварювати деталь, виключити присутність кваліфікованого зварювальника, підвищити якість зварювання в порівнянні зі зварюванням та ручною окантовкою.

Для механізованого складання кільцевих стиків циліндричних посудин використовують пристосування (рис.1.13) [3]

Оскільки складання однієї, двох або декількох обичайок може представляти труднощі через розміри, то дана установка істотно полегшує даний процес та скорочує час на складання.

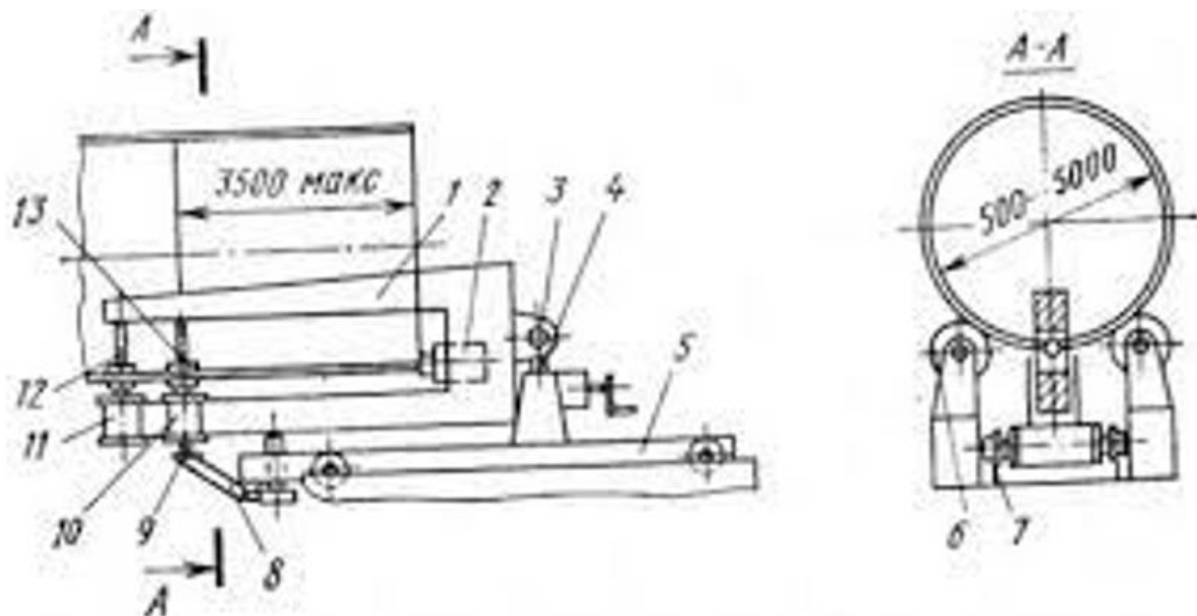


Рисунок 1.13 – Установка для механизированного складання кільцевих стиків циліндричних посудин:

1 – Скоба; 2 -Гідроциліндр; 3 – Вісь; 4 –Тяга; 5 – Візок; 6 – Роликовий стенд; 7 – Рейковий шлях; 8 – Регульована опора; 9 – Шток; 10,11 – Гідроциліндри; 12,13 – Опори.

Також розроблена технологія зварювання товстостінних обичайок електронним променем у вакуумі. Встановлено, що при використанні зварювання горизонтальним променем можна виконати поздовжні та кільцеві шви товщиною 250 мм та більше при швидкості зварювання 2,5-5 см/с.

При складанні та зварюванні циліндричних обичайок, особливо при потоковому виробництві, на основі аналізу наявних технологій та устаткування, можна вважати, що при виготовленні насадки гребного гвинта у суднобудуванні найбільш ефективним є механізація цього процесу.

Порівняно з ручним зварюванням, механізоване складання та зварювання циліндричних обичайок дозволяє значно підвищити точність та якість складання, скоротити час складання, залучати менш кваліфікованих робочих, зменшити кількість зварювально – складальних пристосувань, виконувати кантівку та обертання виробу самостійно, використовувати автоматичне зварювання.

Для виготовлення насадки гребного гвинта доцільно використати

роликовий стенд, в якому буде відбуватися складання та зварювання виробу. Щоб замінити ручне зварювання на автоматичне, потрібно застосувати зварювальний портал, з якого буде виконуватися зварювання кільцевих стиків та пазів. Стенд – кантувач повинен забезпечувати обертання виробу зі зварювальною та маршевою швидкістю. Така механізація процесу виготовлення насадки за всіма технологічними параметрами має перевершити процес виготовлення деталі вручну.

Складання та зварювання насадки виконується на спеціальній ділянці зварювального цеху.

Деталі, що поступили на складання, перевіряються на відповідність вимогам по кресленням та типовій конструкції на обробку корпусних деталей для даного проекту. По шаблонам та кресленням для різки деталей перевіряється правильність контурів та кривизни згину деталей. Підготовку кромek деталей проводять шляхом зачистки їх наждачними кругами до металічного блиску.

Вузли набору насадки разом з поясками збираються та зварюються на окремій ділянці, складання насадки в об'ємну конструкцію починають зі стиковки листів внутрішньої обшивки. Під час зварювання, для запобігання деформацій конструкції використовують талрепи та гвинтові притискачі. Далі насадка кантується за допомогою мостового цехового крану. Для кантування та установки складальних пристосувань передбачені знімні обухи. Зібрані листи внутрішньої обшивки зі сталі 12X18H10T зварюють апаратом для механізованого зварювання в середовищі CO₂ дротом ER – 347 (аналог СВ - 08X19H10Г2Б). Спочатку, в нижньому положенні зварюють один паз, після кантування краном другий паз, в напрямку від середини до кінців насадки. Зварювання кільцевих стиків проводять в нижньому положенні шляхом кантування насадки за допомогою мостового крану. Далі встановлюють, підганяють та закріплюють на електроприхватках носовий та кормовий прутки, зварюють стики прутків також в середовищі CO₂ зварювальним дротом ER – 347.

					КР.131.6121м.01.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		21

Після цього, розміщають місце установки набору, підсилюють зварні шви у місцях перетину з набором, зачищають місця установки та кромки примикання набору. Правильність установки набору до обшивки виконуються комірковим методом, починаючи з середини насадки и до кінців. Механізоване зварювання проводять валиками невеликого поперечного перерізу, не припускаючи перегріву конструкції.

Далі укладаються листи зовнішньої обшивки на набір та підганяються один до другого. Листи закріплюються струбцинами та закріплюються на електроприхватках. Зварювання листів зовнішньої обшивки починають з чергування зварювання стиків правого та лівого бортів, тобто протилежних сторін. Складену насадку звільняють від пристосувань, підварюють, зачищають корпус. По закінченню цих робіт насадка передається представникам відділу контролю якості.

Механізованим способом в середовищі газу CO₂ дротом ER70S – 6 (аналог СВ – 08Г2С).

Зварювання листів з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т проводять механізованим способом в середовищі CO₂ зварювальним дротом ER – 347.

Зварювання сталей 12Х18Н10Т та 09Г2 проводять механізованим способом в середовищі CO₂ зварювальним дротом ER – 347

Дана технологія не відповідає сучасному рівню техніки. Зокрема, багатопрохідне зварювання, ручне складання потребують значних витрат часу, велику кількість працівників, містять велику кількість дрібних та трудомістких операцій. Багатопрохідне механізоване зварювання, через малу швидкість зварювання і потребу високої кваліфікації зварювальника знижують техніко – економічні показники виробництва. Ручне складання, кантування та інші операції даної технології потребують постійного залучення мостового крану, велику кількість знімних пристосувань.

Нова технологія повинна забезпечити організацію виробництва, що відповідає сучасному рівню техніки. Технологічний процес виготовлення насадки повинен передбачати автоматичне зварювання. Враховуючи

існуючі способи механізації складально – зварювальних процесів, необхідно сконструювати установку, що дозволяє задіяти механізоване складання та автоматичне зварювання, тому, що це підвищить швидкість та точність зварювання, швидкість та якість складання, дозволить задіяти меншу кількість працівників та знизити рівень розрядності робіт.

При зварюванні сталі 12Х18Н10Т та різнорідних сталей 12Х18Н10Т та 09Г2 доцільне використання механізованого зварювання порошковим дротом в суміші $Ar+CO_2$, що підвищить швидкість та якість зварювання. Враховуючи переваги нової технології, можна чекати більш економічного ефекту, підвищення якості продукції, збільшення кількості виробництва насадок, покращення умов праці.

					КР.131.6121м.01.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		23

1.3 Особливості зварювання різнорідних сталей

Зварювання високолегованих сталей із середньою або низьколегованими та вуглецевими сталями, складає певну самостійну проблему, відому як проблема зварювання різнорідних сталей.

Перші труднощі полягають в тому, що в процесі виконання зварного з'єднання у швах часто виникають тріщини, котрі проходять по середині шва або біля границі сплавлення.

Другі та основні труднощі зварювання різнорідних сталей обумовлені тим, що в зоні їх сплавлення може відбуватися зміна структури з утворенням прошарків, суттєво відмінних від структури металів, що зварюються. Зміни структури може бути настільки сильними, що міцність та пластичність зварного з'єднання можуть суттєво знизитися у порівнянні з характеристиками вихідних матеріалів. В результаті можливе передчасне(аварійне) руйнування дуже відповідальної конструкції [4].

Зварювання різнорідних сталей ускладняється ще й тим, що в більшості випадків ці сталі відрізняються один від одного величиною коефіцієнтів лінійного розширення. Причиною цього є те, що зварні з'єднання таких сталей залишаються напруженими навіть після їхньої подальшої термообробки. Це посилює напружений стан зони сплавлення – цієї найбільш слабкої ділянки зварного з'єднання. Тому зварне з'єднання різнорідних сталей недоцільно піддавати термообробці навіть в випадках, коли вона потрібна по іншим міркуванням. Виникнення тріщин в швах зварних з'єднань різнорідних сталей обумовлено виникненням в них мартенситної структури, яка знижує пластичність металу. Шви з мартенситною структурою утворюються, коли високолегований метал змішується з менш легованим, такий випадок виникає при надмірному проплавленню зварюваного металу. Суттєве утруднення в цьому питанні викликає отримання з'єднань стійких до структури неоднорідності в зоні сплавлення.

Структура неоднорідності складається з безвуглецевого прошарку з

боку менш легованої сталі та більш вуглецевого прошарку з боку більш легованої сталі. Ці прошарки утворюються внаслідок переміщення вуглецю з першого в другий шар. Структурна безвуглецевість в зоні сплавлення різнорідних сталей виникає лише при нагрівання зварного з'єднання до температури 350°C та вище. Термообробка зварних з'єднань різнорідних сталей небажана також через можливість виникнення в цій зоні сплавлення характерної структури неоднорідності.

Якщо в високолегованому металі відсутній сильний карбоно-утворюючий елемент, структура неоднорідності не виникає, навіть в зоні сплавлення його зі звичайною вуглецевою сталю. Наявність карбоно-утворюючих елементів викликає появу цієї неоднорідності і в тому випадку, якщо менш легований метал виявляється технічно чистим залізом. Інтенсивність впливу карбоно-утворюючого елементу посилюється з підвищенням його спорідненості до вуглецю та розташовується в наступній послідовності: Fe, Mn, Cr, W, V, Nb, Ti. Запобігти виникнення структурної неоднорідності в зоні сплавлення можна шляхом підвищення в менш легованому металі кількість карбоно-утворюючих елементів до такого рівня, коли ще зберігаються його прийнятні властивості. Різнорідні сталі необхідно зварювати з мінімальним проваром.

Для запобігання тріщин, виникаючих в металі шва по лінії сплавлення, різнорідні сталі необхідно зварювати на малих струмах та при малій напрузі на дузі, а також збільшенням швидкості зварювання. Для запобігання структурної неоднорідності підвищують вміст Ni в металі шва, він забезпечує цілком стабільну зону сплавлення[4].

Для зварювання різнорідних сталей використовують різні марки електродних дротів, зокрема розроблені ІЕЗ ім. Є.О. Патона дроти ЕП622, ЕП673 та інші. Ручне зварювання різнорідних сталей рекомендують виконувати електродами марок АНЖР – 1, ФНЖР – 2 та АНЖР – 3. [4]

При виготовленні насадки гребного гвинта, як було вказано вище використовуються сталі 09Г2 та 12Х18Н10Т, які є різнорідними, що тягне за

собою труднощі в отримання якісного зварного з'єднання.

Враховуючи всі труднощі зварювання таких сталей, потрібно вжити заходи щодо їх запобігання: зварювати сталі 09Г2 та 12Х18Н10Т з малою погонною енергією зварювання, ретельно вибирати обробку кромek та виконувати її зачистку, використовувати зварювальний високолегований присадний матеріал, що містить хімічні елементи, які руйнують неоднорідні прошарки металу шва.

Такими елементами є Ni, V, Nb, Ti. Добрі результати при зварюванні цих сталей отримують при використанні високолегованих порошкових дротів. Не рекомендується наступна термообробка зварних з'єднань.

					КР.131.6121м.01.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		26

1.4 Технологія виготовлення насадки гребного гвинта

Збирання та зварювання насадки виконується на спеціальній ділянці заводського цеху.

Деталі, що поступили на складання, перевіряються на відповідність вимогам по кресленням та типової конструкції на обробку корпусних деталей для даного проекту. По шаблонам та кресленням для різки деталей перевіряється правильність контурів та кривизни згину деталей. Підготовку кромek деталей проводять шляхом зачистки їх наждачними кругами до металічного блиску.

Вузли набору насадки разом з поясками збираються та зварюються на спеціальній ділянці, Складання насадки в об'ємну конструкцію починають зі стиковки листів внутрішньої обшивки. Під час зварювання, для запобігання деформацій конструкції використовують талрепи та гвинтові притискачі. Деталь кантується за допомогою крана, наявним в прольоті. Для кантування та установки складальних пристосувань передбачені з'ємні обуха. Зібрані листи внутрішньої обшивки зі сталі 12X18H10T зварюють напівавтоматичним зварювальним апаратом в середовищі CO₂ проволокою ER – 347 (або аналог СВ - 08X19H10Г2Б). Спочатку, в нижньому положенні зварюють один паз, після кантування краном другий паз, в напрямленні від середини до кінців насадки. Зварювання кільцевих стиків проводять в нижньому положенні шляхом кантування насадки за допомогою мостового крану. Далі встановлюють, підганяють та закріплюють на прихватках носовий та кормовий прутки, зварюють стики прутків теж напівавтоматичною сваркою в середовищі CO₂ зварювальним дротом ER – 347(або СВ - 08X19H10Г2Б).

Після цього, розміщають місце установки набору, підсилюють зварні шви у місцях перетину з набором, зачищають місця установки та кромки примикання набору. Правильність установки набору до обшивки виконуються комірковим методом, починаючи з середини насадки и до кінців. Напівавтоматичне зварювання проводять валиками невеликого

поперечного перерізу, не припускаючи перегріву конструкції.

Потім укладаються листи зовнішньої обшивки на набір та підганяються один до другого. Листи закріплюються струбцинами та збираються на електроприхватках. Зварювання листів зовнішньої обшивки починають з чередування зварювання стиків правого та лівого бортів, тобто протилежних сторін. Зібрану насадку звільняють від пристосувань, підварюють, зачищають корпус. По закінченню цих робіт насадка передається представникам відділу контролю якості.

Зварювання зовнішньої обшивки насадки зі сталі 09Г2 проводять напівавтоматичною сваркою в середовищі газу CO₂ дротом ER70S – 6 (СВ – 08Г2С).

Зварювання листів з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т виконують механізованим зварюванням в середовищі CO₂ зварювальним дротом ER – 347(або СВ - 08Х19Н10Г2Б).

Зварювання сталей 12Х18Н10Т та 09Г2 виконують механізованим зварюванням в середовищі CO₂ зварювальним дротом ER – 347(або СВ - 08Х19Н10Г2Б).

Дана технологія не відповідає сучасному рівню техніки. Багато прохідне зварювання, ручне збирання дуже не ефективне. Збірка деталей вручну потребує великої кількості часу, велику кількість працівників, має велику кількість мілких та трудомістких операцій. Багато прохідне зварювання напівавтоматом є малоефективне, через малу швидкість зварювання і потребує високої кваліфікації зварювальника. Ручне збирання, кантування та інші операції даної технології потребують постійного перебування крану, велику кількість з'ємних пристосувань. В цьому випадку потребується ділянка великих розмірів.

Нова технологія повинна мати якостями властивими сучасному рівню техніки. Виробництво насадок повинно бути механізовано. Враховуючи існуючі способи механізації складально – зварювальних процесів, необхідно сконструювати установку, що дозволяє задіяти механізовану збірку та

автоматичне зварювання, так як це суттєво підвищить швидкість та точність зварювання, швидкість та якість складання, дозволить задіяти меншу кількість працівників та знизити рівень розрядності робіт.

При зварюванні сталі 12Х18Н10Т та різнорідних сталей 12Х18Н10Т та 09Г2 доцільне використання механізоване зварювання порошковим дротом в середовищі $Ar+CO_2$, що суттєво вплине на швидкість та якість зварювання. Враховуючи переваги нової технології, можна чекати більш економічного ефекту, підвищення якості продукції, збільшення кількості виробництва насадок, покращення умов праці.

					КР.131.6121м.01.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		29

1.5 Висновки та постановка задач кваліфікаційної роботи

Аналізуючи конструкцію насадки, властивості та проблеми зварювання різнорідних сталей, а також існуючу технологію виготовлення насадки гребного гвинта, можна зробити наступні висновки.

1. Конструкція насадки гребного гвинта є технологічною, та що дозволяє використати механізоване складання та автоматичне зварювання різнорідних сталей.

2. Проблемами зварювання сталей 09Г2+12Х18Н10Т механізованим зварювання є: багатопрохідне зварювання, ручне складання потребують значних витрат часу, велику кількість працівників, містять велику кількість дрібних та трудомістких операцій. Багатопрохідне механізоване зварювання, через малу швидкість зварювання і потребу високої кваліфікації зварювальника знижують техніко – економічні показники виробництва. Ручне складання, кантування та інші операції даної технології потребують постійного залучення мостового крану, велику кількість знімних пристосувань.

3. Недоліками технології складання та зварювання насадки є використання багаторазового кантування виробу під час виготовлення конструкції, механізованого зварювання стикових з'єднань зовнішньої та внутрішньої обшивки та приварювання набору.

Для вдосконалення існуючої технології та організації виробництва в даній кваліфікаційній роботі необхідно виконати наступні завдання.

1. Замінити механізоване зварювання стикових з'єднань обшивки насадки на автоматичне зварювання під флюсом.
2. Виконати дослідження зварних з'єднань сталей 09Г2+12Х18Н10Т.
3. Розрахувати режими автоматичного та механізованого зварювання стикових та таврових з'єднань насадки.
4. Виконати оцінку очікуваної структури металу на підставі розрахунків термічних циклів зварювання.
5. Розробити удосконалену технологію складання та зварювання

насадки з використанням спеціалізованого складально —
зварювального кондуктора кантувача та порталу для розміщення
зварювального автомату.

6. Розробити заходи щодо охорони праці та навколишнього середовища при виробництві насадки гребного гвинта.
7. Виконати оцінку економічного ефекту від заміни механізованого зварювання на автоматичне.

					КР.131.6121м.01.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		31

					КР.131.6121м.06.02.ПЗ.				
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					
Студент	Кучеренко В.В.				Проектування технології складання та зварювання насадки		Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Драган С.В.							32	21
Консультант							НЧК		
В.о.зав.каф.	Драган С.В.								

2.Проектування технології складання та зварювання насадки

2.1 Особливості вибору способів складання, зварювання та зварювальних матеріалів

При зварюванні низьковуглецевих сталей (09Г2) для захисту металу в зварювальній ванні, широко використовують вуглекислий газ. В останні роки в якості захисних газів широко використовують суміші газів: $Ar+CO_2$, де CO_2 – 18 %, Ar – 82 %. Така суміш газів суттєво покращує якість та продуктивність зварювання, в порівнянні зі зварюванням в середовищі CO_2 . Використання суміші $Ar+CO_2$ дозволяє змінити технологічні властивості дуги, а саме: глибину проплавлення, форму шва, стабільність горіння дуги та дає можливість більш суттєво регулювати концентрацію легуючих елементів в металі шву. [4]

В даному випадку, для виготовлення конструкції використовується порошковий дріт CN 23/12 – FD німецької фірми “BÖHLER” діаметром $\varnothing 1,2$ мм. Даний дріт призначений для зварювання сталей аустенітного та аустенітно – феритного класу, а також для зварювання різнорідних сталей (низьколегованих та високолегованих).

Таблиця 2.1 – Хімічний склад та механічні властивості дроту CN 23/12 – FD

Вміст елементів, % за масою					Механічні властивості		
C	Si	Mn	Ni	Cr	Межа міцності	Межа плинності	Відносне подовження
0,3	0,6	1,5	12,5	22,8	430 МПа	580 МПа	35%

Зварювання відкритою дугою порошковими електродами є одним з перспективних способів, але з огляду необхідності суворого дотримання величини зазору між кромками виробу, або режимів зварювання в вузькому діапазоні, що застосовно лише для найбільш відповідальних конструкцій.

Проаналізувавши технологічний процес виготовлення насадки, замінюємо механізоване зварювання в середовищі CO_2 суцільним дротом СВ - 08Х19Н10Г2Б $\varnothing 1,2$ мм, порошковим дротом CN 23/12 – FD $\varnothing 1,2$ мм

для зварювання сталі 12Х18Н10Т та зварювання різнорідних металів 09Г2+12Х18Н10Т CN 23/12 – FD більш вигідна економічно та технічно. Економічний ефект досягається завдяки високому коефіцієнту наплаву та продуктивності, відсутності бризок та наплавів. При зварюванні нержавіючих та різнорідних сталей необхідно дотримуватися глибини проплаву та хімічного складу основного металу. Це корегується введенням легуючих елементів як в метал дроту так і в порошкову складову.

При зварюванні сталей аустенітно – феритного класу порошковий дріт CN 23/12 – FD, суттєво знижує виникнення гарячих тріщин, забезпечує глибокий провар з використанням мінімальної погонної енергії. Використання зварювання постійного струму оберненої полярності забезпечує мінімальне насичення металу шва газами. [4]

Зварювання зовнішньої обшивки(ст.09Г2), раніше використовувалося механізоване зварювання в середовищі CO₂, замінюємо на автоматичну під флюсом. Раніше зварювання проводилося за допомогою механізованого зварювального апарату “ГРАНІТ – 3УЗ” дротом св – 08Г2С Ø1,2 мм, шви зварювалися за декілька проходів. Використання зварювального трактора ТС – 73, флюсу АН – 348А, дроту Св – 08А Ø5 мм, дозволяє суттєво збільшити всі економічні та технологічні показники.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад флюсу АН – 348А в % по масі

SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	NaO ₂ та K ₂ O	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	S	P	C
							не більше			
41- 44	34– 38	≤6,5	5,0- 7,5	≤4,5	-	4,0 – 5,5	2,0	0,15	0,12	-

Таблиця 2.3 – Хімічний склад дроту Св – 08А, в % по масі

C	Si	Mn	Cr	Ni	Інші елементи
0,1	0,6 – 0,85	1,4 – 1,7	0,2	0,25	S≤ 0,025 P≤0,030

При автоматичному зварюванні підвищується погона енергія, що дозволяє підвищити швидкість зварювання, глибину проплавлення, проводити зварювання на підкладці за один прохід.

Флюс АН – 348А(табл.2.2) забезпечує захист від атмосфери та містить необхідні елементи для легування шва та забезпечує більш продуктивне горіння дуги. Спосіб зварювання набору між собою залишається таким же. Зварювання проводити в середовищі CO₂ дротом св – 08Г2С(табл.2.3), так як його параметри повністю відповідають вимогам по технології. Використовуючи механічне кантування виробу всі шви зварюються в нижньому положенні, що значно збільшує швидкість зварювання.

Для автоматичного зварювання кільцевих стиків та пазів насадки передбачено зварний портал, який переміщується по рейкам. Портал забезпечений похилою поверхнею, по якій рухається зварювальний трактор за рахунок передбаченою раніше гвинтовій парі. Зварювальний випрямляч та зварювальник, знаходяться на спеціальній площадці, передбаченою на порталі. Аналізуючи спосіб збирання насадки в цеху, можна зробити висновок, що більшість складальних операцій можуть бути суттєво механізовані. На даному рівні розвитку суднобудування при поточному виробництві вигідніше технологічно та економічно застосувати автоматичні чи напівавтоматичні складально – зварювальні установки, кантувачі, маніпулятори. При наявності всіх установок з'являється можливість суттєво підвищити якість складання, замінити ручне дугове зварювання на автоматичне переважно в нижньому положенні.

Механізоване складання дозволяє збирати конструкцію більш точноше аніж ручне, зменшити кількість складальних пристосувань, звільнити кран для постійної перекантівки деталі, зменшити кількість складальників та знизити розрядність робіт. Також дуже скорочується час складання. При механізованому складанні насадки доцільно застосувати постіль з лекалами яка обертається, яка дозволяє зберегти складну форму

насадки і цим уникнути правки після зварювання. Постіль обертається з маршовою швидкістю та зварювальною швидкістю. Для закріплення деталей в постілі використовують електроприхватки. Зачистка зварних з'єднань може проводитися прямо в постілі, використовуючи обертання кантувача. Складально – зварювальний кантувач потребує менше цехового місця, так як відсутня необхідність кантувати насадку з одного положення в інше. Враховуючи всі переваги механізованого складання перед ручним складанням насадки, можна зробити висновки про необхідність розробки складально – зварювального кантувача. Отже, в розробленому технологічному процесі виготовлення насадки застосовуються наступні способи зварювання та зварювальні матеріали:

1. Механізоване зварювання порошковим дротом в середовищі суміші газів $Ar+CO_2$ CN 23/12 – FD діаметром 1,2 мм для різнорідних сталей 09Г2+12Х18Н10Т;
2. Механізоване зварювання в середовищі CO_2 , дротом св – 08Г2С діаметром 1,2 мм для зварювання набору зі сталі 09Г2;
3. Автоматичне зварювання під флюсом АН – 348А дротом св – 08А діаметром 5 мм для зварювання зовнішньої обшивки насадки зі сталі 09Г2.

2.2 Розрахунок режимів автоматичного та механізованого зварювання

насадки

Розрахунок режиму автоматичного зварювання під шаром флюсу АН – 348А, зварюється сталь 09Г2

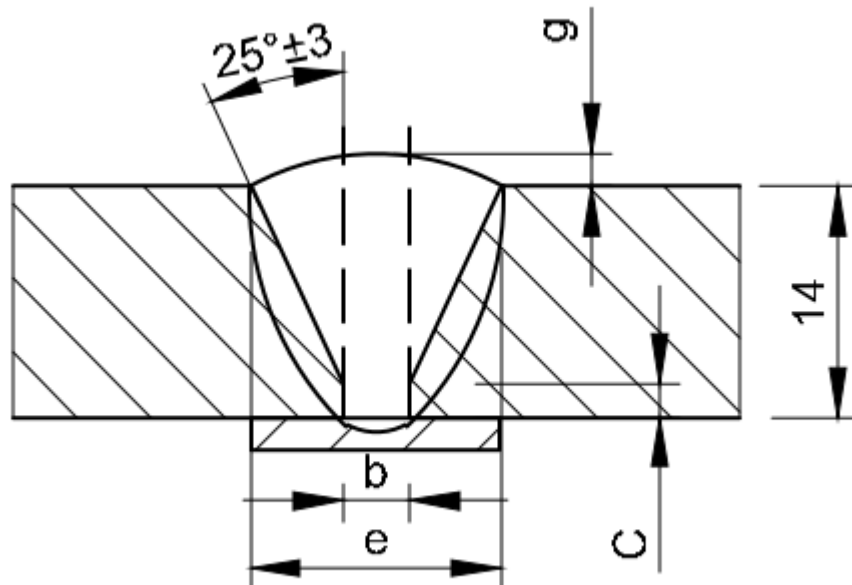


Рисунок 2.4 – Конструктивний розріз підготовки кромки та зварного з'єднання

де c , e , b , δ – конструктивні параметри, які мають наступні значення
 $c = (1,5 \pm 1)$ мм; $b = (3,0 \pm 1,5)$ мм; $e = (24 \pm 3)$ мм; $\delta = (1,5 \pm 1)$ мм;

Площа наплавленого металу [6]

$$S = S_1 + S_2;$$

де $S_1 = 161$ мм² – площа трикутника

$S_2 = 18$ мм² – площа сегменту

Глибина проплавлення

$$h = \frac{\delta}{2} \pm (1 \div 3) \text{ мм};$$

де δ – товщина металу.

$$h = 14 + 1 = 15 \text{ мм};$$

Величина зварювального току

$$I_{зв} = \frac{h}{K_{\pi}} \cdot 100; \quad (2.1)$$

де $h = 15$ мм – глибина провару, $K_{\pi} = 1,75$ – коефіцієнт при постійному струмі оберненої полярності.

$$I_{зв} = \frac{15}{1,75} \cdot 100 = 860 \text{ А};$$

Швидкість зварювання

$$v_{зв} = \frac{30 \cdot 10^3}{860} = 36 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

при густині струму $j=50 \text{ А/мм}^2$

Діаметр електродного дроту

$$d_e = 2 \sqrt{\frac{I_{зв}}{\pi j}}; \quad (2.3)$$

j – густина струму

$$d_e = 2 \sqrt{\frac{860}{3,14 \cdot 50}} = 5 \text{ мм}$$

При напрузі дуги $U=40 \text{ В}$

Швидкість подачі дроту

$$v_{пд} = \frac{4\alpha_H I_{зв}}{\pi d_e^2 \gamma}; \quad (2.4)$$

де $\alpha_H = 13 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}}$ – коефіцієнт наплавки, $\gamma = 13 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ – густина сталі

09Г2

$$v_{пд} = \frac{4 \cdot 13 \cdot 860}{3,14 \cdot 25 \cdot 7,8} = 73 \text{ м/год}$$

Коефіцієнт форми провару

$$\psi_{пр} = \frac{B}{H}$$

де $B=23$ мм – ширина шва

$H=15$ мм – глибина провару

$\psi_{пр} = \frac{23}{15} = 1,7 < [\psi_{пр}] = 4$, отже ймовірність з'явлення гарячих

тріщин мінімальна

Ефективна теплова потужність

$$q = U_d I_{зв} \eta; \quad (2.5)$$

$U_d = 40$ В – напруга дуги;

$I_{зв} = 860$ А – зварювальний струм;

$\eta = 0,85$ – ККД.

$$q = 40 \cdot 860 \cdot 0,85 = 29240 \text{ Вт}$$

Розрахунок режиму механізованого зварювання в середовищі захисних газів $Ar+CO_2$, з'єднанням ТЗ – УП по ГОСТ 14771 – 76

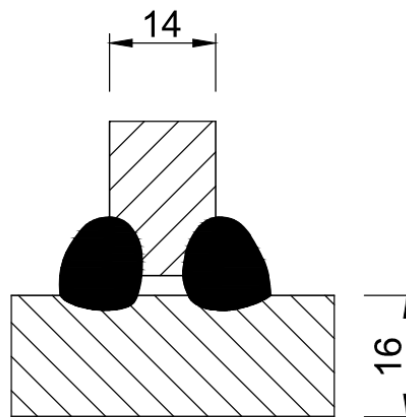


Рисунок 2.5 – Конструктивний розріз зварного з'єднання ТЗ – УП.

Для порошкового дроту площа перерізу металічної частини по даним фірми “BÖHLER” порошкового дроту CN 23/12 – FD $S=0,8261 \text{ мм}^2$, рекомендована густина струму - $j = 300 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$, при коефіцієнті наплавки

$$\alpha_n = 24 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}}$$

Зварювальний струм

$$I_{зв} = S \cdot j; \quad (2.6)$$

де $S=0,8261 \text{ мм}^2$ – площа перерізу металічної частини,

$j = 300 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ – густина струму

$$I_{зв} = 0,8261 \cdot 300 = 250 \text{ А}$$

Напруження на дугі

$$U_d = 3,65 \cdot I_{зв}^{0,37}; \quad (2.7)$$

$$U_d = 3,65 \cdot 250^{0,37} = 30 \text{ В}$$

Швидкість зварювання

$$v_{зв} = \frac{(8 \div 12) \cdot 10^3}{I_{зв}}; \quad (2.8)$$

$$v_{зв} = \frac{9 \cdot 10^3}{250} = 36 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

Швидкість подачі дроту

$$v_{пд} = \frac{4\alpha_n I_{зв}}{\pi d_e^2 \gamma};$$

$$v_{пд} = \frac{4 \cdot 24 \cdot 250}{0,8261 \cdot 4 \cdot 7,8} = 923 \text{ м/год}$$

В з'єднанні ТЗ катет шву 7 мм. Площа наплавленого металу $S=32 \text{ мм}^2$, тому зварювання проводиться в один прохід.

Коефіцієнт форми провару

$$\psi_{пр} = \frac{B}{H}$$

де $B=9,8 \text{ мм}$ – гіпотенуза трикутника

$H=4,8 \text{ мм}$ – висота трикутника

$$\psi_{пр} = \frac{9,8}{4,8} = 2 < [\psi_{пр}] = 4, \text{ отже ймовірність з'явлення гарячих}$$

тріщин мінімальна

Ефективна теплова потужність

$$q = U_d I_{зв} \eta; \quad (2.5)$$

$$q = 30 \cdot 250 \cdot 0,7 = 5250 \text{ Вт}$$

Розрахунок режиму механізованого зварювання в середовищі захисних газів $\text{Ar}+\text{CO}_2$, для нестандартного з'єднання

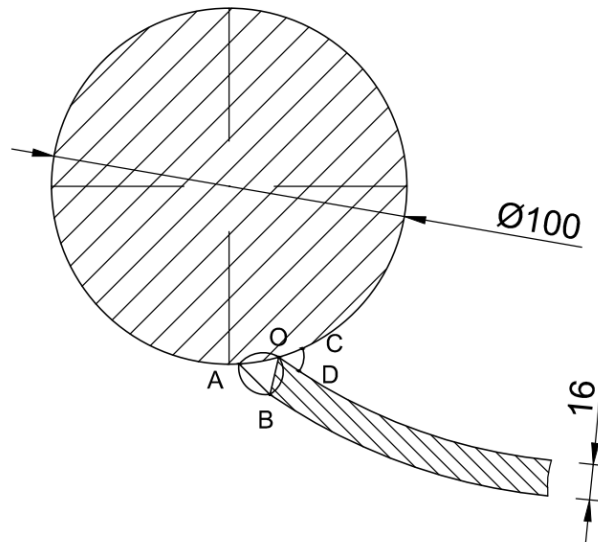


Рисунок 2.6 – Конструктивний розріз зварного шву нестандартної конфігурації.

З'єднання має основний шов ΔAOB та підварюваний шов ΔOCD . Підварюваний шов має катет 6 мм та виконується за 1 прохід.

Площа наплавленого металу основного шву

$$S = \frac{1}{2} AO \cdot OB$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 256 \cdot \sin 80^\circ = 126 \text{ мм}$$

Приймаємо площу одного проходу $S' = 0,32 \text{ см}^2$

Кількість проходів зварювання основного шву $n = \frac{S}{S'}$

$$n = \frac{126}{36} = 4 \text{ прохода}$$

Користуючись експериментальними даними отриманих в дослідницької частині дипломного проекту по порошковому дроту CN 23/12 – FD фірми “BÖHLER”, підварюваний шов зварюється при наступному режимі

$$I_{зв} = 130 \text{ А}, \quad U_d = 23 \text{ В}, \quad j = 160 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}, \quad \alpha_n = 15 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}}$$

Зварювання основного шву виконується в 4 проходи.

Перший прохід зварювання проходить при наступних параметрах

$$I_{зв} = 130 \text{ А}, \quad U_{д} = 23 \text{ В}, \quad j = 160 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}, \quad \alpha_{н} = 15 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}},$$

$$v_{зв} = 13 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

Другий прохід ведеться при наступних режимах

$$I_{зв} = 170 \text{ А}, \quad U_{д} = 29 \text{ В}, \quad j = 200 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}, \quad \alpha_{н} = 15 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}},$$

$$v_{зв} = 18 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

Третій та четвертий прохід проводиться при режимі зварювання розрахованого для з'єднання ТЗ, тобто

$$I_{зв} = 250 \text{ А}, \quad U_{д} = 30 \text{ В}, \quad j = 300 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}, \quad \alpha_{н} = 20 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{год}},$$

$$v_{зв} = 36 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

Коефіцієнт форми провару

Для підварювального шву

$$\psi' = \frac{B}{H}$$

$$\psi' = \frac{6}{6} = 1 < [\psi_{пр}] = 4$$

Для основного шву

$$\psi'' = \frac{B'}{H'}$$

$$\psi'' = \frac{22,6}{11,6} = 1,95 < [\psi_{пр}] = 4$$

З'явлення гарячих тріщин малоімовірне

Ефективне теплова потужність

$$q = 5250 \text{ Вт}$$

2.3 Розрахунок термічного циклу для автоматичного та механізованого зварювання.

Ступінь термічного впливу зварювального процесу на виріб визначається термічним циклом зварювання.

Термічним циклом називають характер зміни температури в даній точці або ділянці металу шва або навколошовної зони, під час процесу зварювання. Термічний цикл дає змогу оцінювати максимальну температуру, до якої нагрівається метал, швидкість нагріву та охолодження в процесі зварювання. Значення всіх перерахованих параметрів термічного циклу надають суттєвий вплив на структуру та властивості металу шва та навколошовної зони і зрештою визначає якість зварного з'єднання. [7]

В даному досліді були розраховані термоцикли для автоматичного зварювання під флюсом(з'єднання С19 – АФ₀) по формулі (2.9)

$$T(y_0, t) = \frac{q}{v\delta\sqrt{4\pi\lambda C_\gamma t}} \exp\left(-\frac{y_0}{4at} - bt\right); \quad (2.9)$$

де $b = \frac{2\alpha}{C_\gamma\delta}$ – коефіцієнт температуровіддачі

C_γ – об'ємна теплоємність, Дж/(см³·К)

δ – товщина пластини, см

α – коефіцієнт тепловіддачі, Дж/(см³·с·К)

Для з'єднання, що є нестандартним рис.2.6 розрахунок ведеться по формулі 2.10

$$T(r_0, t) = \frac{q}{2\pi\lambda vt} \exp\left(-\frac{r_0^2}{4at}\right); \quad (2.10)$$

де $r_0 = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$ – відстань від площини що розглядається від обраної точки до осі переміщення джерела. [7]

t – час, котрий відраховуються з моменту коли джерело перетинає площину, в котрій знаходиться точка яка має координати y_0^2, z_0^2 ;

q – ефективна теплова потужність джерела, Вт

v – швидкість переміщення джерела, м/с

λ – коефіцієнт теплопровідності, Дж/(см·с·К)

a – коефіцієнт температуропровідності, см²/с

Розрахунок проводиться по типовим програмам на ЕОМ. Результати представлені на аркушах 45,46. Графіки термічних циклів автоматичного зварювання під шаром флюсу та механізованого зварювання порошковим дротом CN 23/12 – FD в середовищі захисних газів Ar+CO₂ представлена на рис.2.8, та рис.2.9. На графіках видно, що в початковому періоді при всіх видах зварювання відбувається достатньо швидке наростання температури до максимального значення. Проте нагрівання при автоматичному зварюванні відбувається повільніше, чим при механізованому зварюванні. Під час періоду, коли максимальна температура деякий час тримається на досягнутому рівні, проявляється вплив виду та режимів зварювання. Час перебування при максимальній температурі досягає найбільшого значення при автоматичному зварюванні, чим при механізованому зварюванні. Для кінцевого періоду, охолодження металу при автоматичному зварюванні відбувається повільніше ніж при механізованому зварюванні. З діаграми термодинамічного розпаду сталі 09Г2 (рис. 2.10) при механізованому зварюванні порошковим дротом CN 23/12 – FD в середовищі захисних газів Ar+CO₂ спостерігається, що мікроструктура металу виходить в основному бейнітна з включеннями фериту – перлиту.

Проте при автоматичному зварюванні під флюсом АН – 348А, дротом Св – 08А по діаграмі термодинамічного розпаду сталі 09Г2 (рис.2.10) структура металу в основному феритно – перлітна з невеликими включеннями бейніту.

В даному випадку термічний цикл сприятливий для зварювання сталі 09Г2. Термічний цикл при механізованому зварюванні для сталі 09Г2 має добрі показники, сприятливі для зварювання сталей 09Г2+12Х18Н10Т при даних режимах.

Розрахунок термічного циклу напівавтоматичного зварювання в суміші газів $Ar+CO_2$ нестандартного з'єднання.

Вихідні дані

$Q=5250,000$

$L=0,400$

$A=0,080$

$V=1,000$

$CG=5,000$

$TM=13500,000$

Розрахунок мінімальних температур

Y	T
0,25	3935,95
0,50	983,98
0,75	437,33
1,00	246,00
1,25	157,44

Розрахунок термічного циклу

TB	T	TB	T
0,10	70,29	7,00	275,11
0,20	605,88	8,00	243,18
0,30	1043,43	9,00	217,88
0,40	1257,80	10,00	197,33
0,50	1337,69	15,00	134,08
0,60	1347,75	20,00	101,52
0,70	1332,95	25,00	81,68
0,80	1281,48	30,00	68,32
0,90	1232,84	40,00	51,49
1,00	1182,03	50,00	41,31
1,50	952,73	60,00	34,49
2,00	785,69	70,00	29,60
2,50	665,38	80,00	25,93
3,00	575,94	90,00	23,06
3,50	507,23	100,00	20,77
4,00	452,95	150,00	13,87
4,50	409,04		
5,00	372,82		
6,00	316,64		

Розрахунок термічного циклу при автоматичному зварюванні під шаром флюсу АН – 348А з'єднання С19 - АФо

Вихідні дані

$Q=29240,000$

$L=0,400$

$A=0,080$

$V=1,000$

$CG=5,000$

$TB=0,0009$

$TM=13500,000$

Розрахунок максимальних температур

Y	T	Y	T
0,25	4042,12	2,75	352,70
0,50	2019,13	3,00	320,71
0,75	1343,76	3,25	293,44
1,00	1005,45	3,50	269,87
1,25	801,93	3,75	249,26
1,50	665,79	4,00	231,06
1,75	568,16	4,25	214,84
2,00	494,61	4,50	200,27
2,25	437,09	4,75	187,10
2,50	390,81		

Розрахунок термічного циклу

TB	T	TB	T
1	721,79	50	545,03
2	1224,62	60	496,19
3	1337,85	70	457,36
4	1339,61	80	425,50
5	1306,77	90	398,71
6	1263,58	100	375,76
7	1218,64	150	295,66
8	1175,15	200	246,02
9	1134,27	250	211,19
10	1096,27	300	184,92
15	944,88	400	147,21
20	838,94	500	120,96
25	760,37	600	101,41
30	699,27	700	86,21
40	609,25		

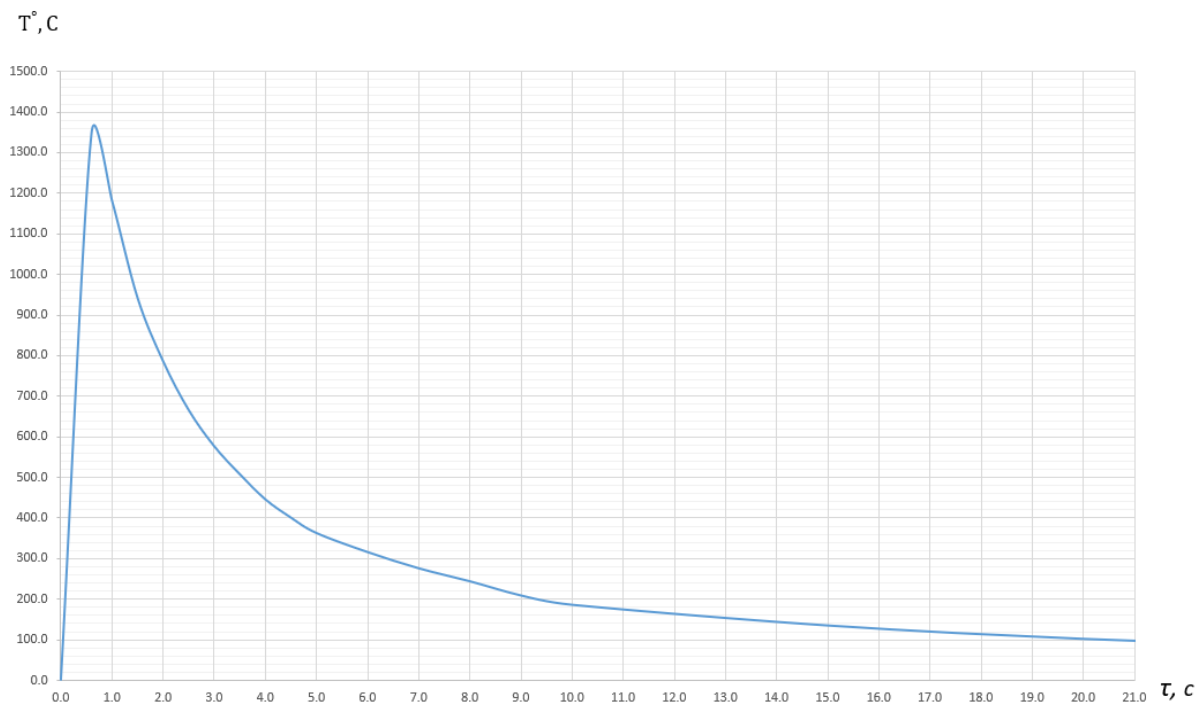


Рисунок 2.8 - Термічний цикл сталі 09Г2 при зварюванні порошковим дротом CN 23/12 – FD механізованим зварюванням в середовищі захисних газів $\text{Ar}+\text{CO}_2$

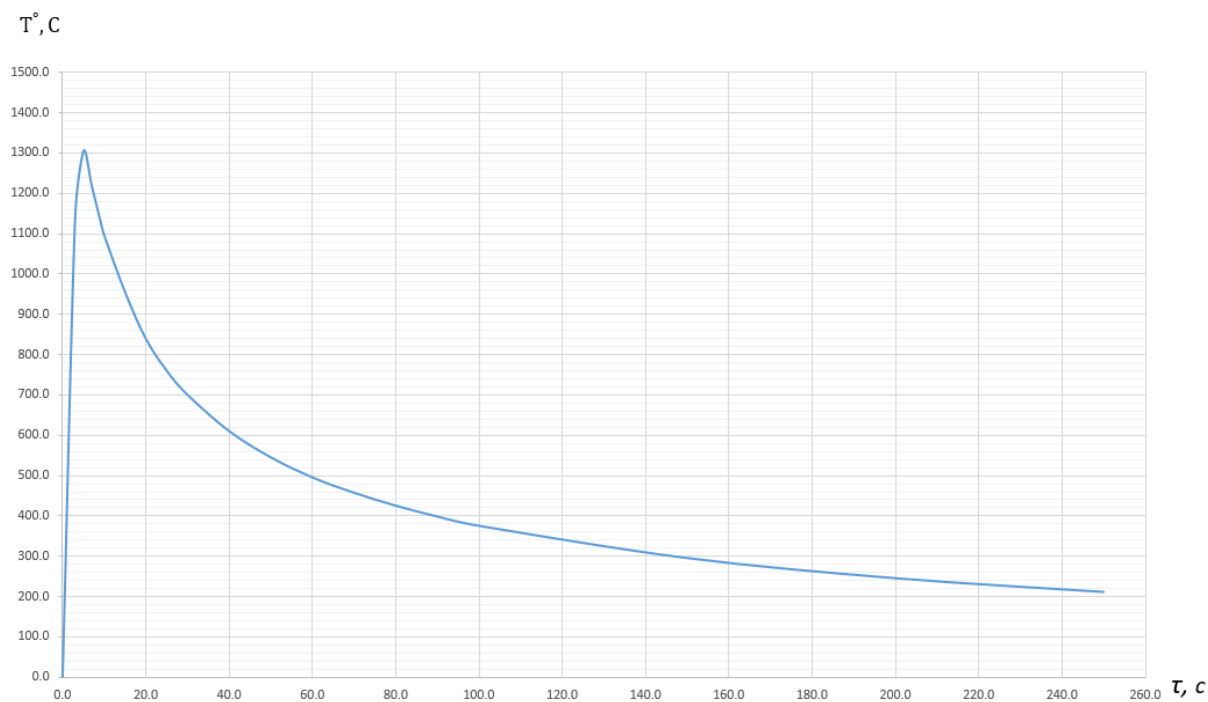


Рисунок 2.9 - Термічний цикл сталі 09Г2 при автоматичному зварюванні дротом Св – 08А під шаром флюсу АН – 348А

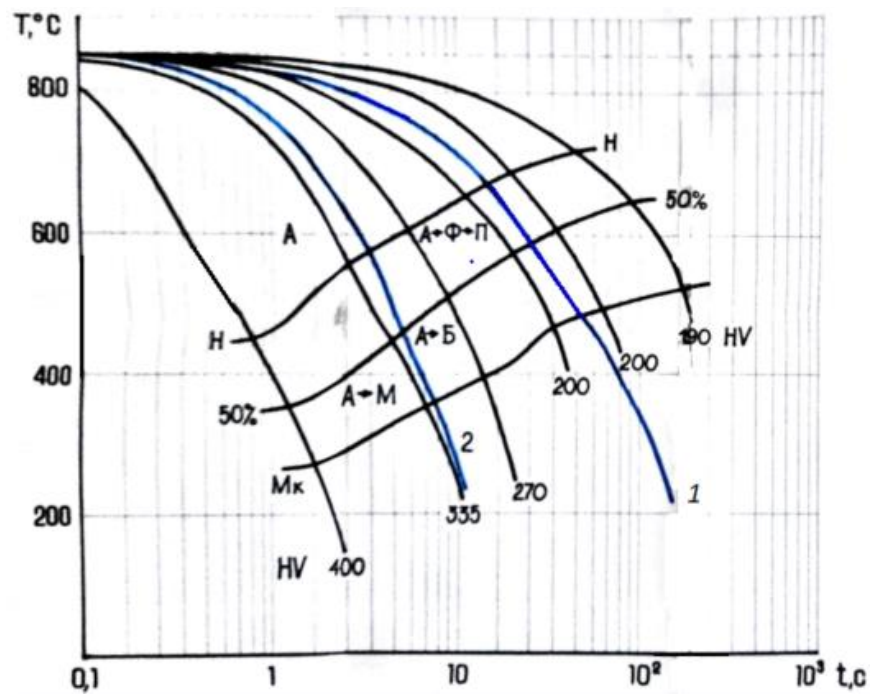


Рисунок 2.10 – Діаграма перетворення аустеніту сталі 09Г2:
 1 – Автоматичне зварювання; 2 – Механізоване зварювання.

2.4 Металографічні дослідження зварних з'єднань

09Г2+12Х18Н10Т

На розрахованих раніше режимах було проведено зварювання зразку із різнорідних сталей. Після механічної обробки були зроблені фотографії мікроструктур зварного з'єднання зі сталей 09Г2 та 12Х18Н10Т. Зварне з'єднання С21(рис.2.11) проводилося механізованим зварюванням в середовищі захисних газів $Ar+CO_2$ в 4 проходи.

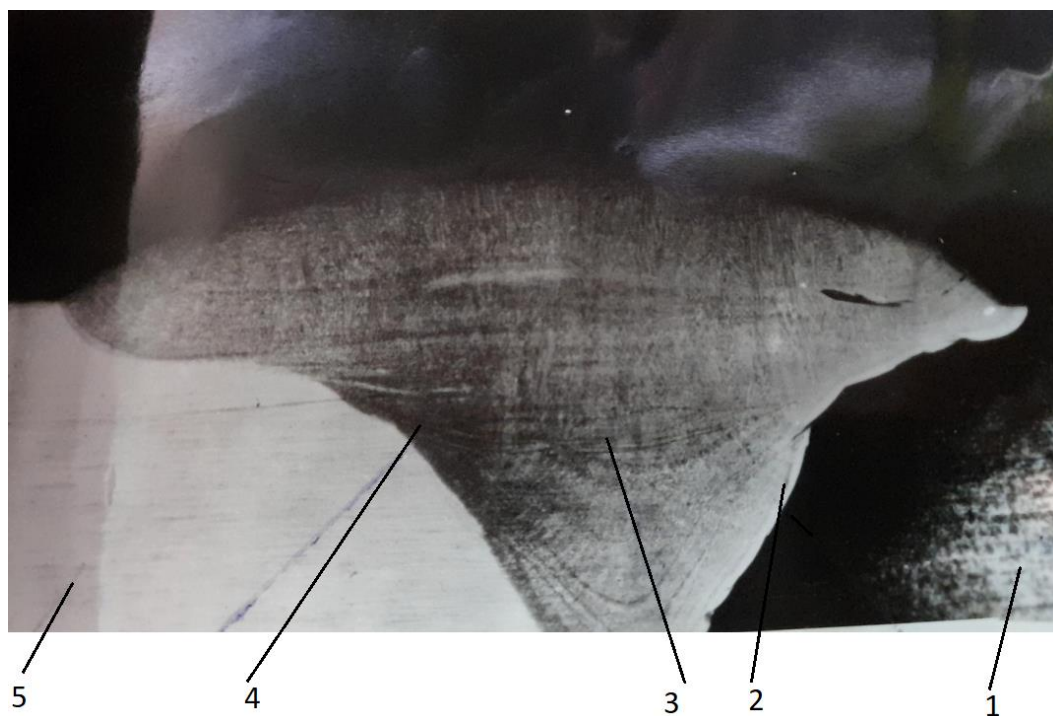


Рисунок 2.11 – Зварне з'єднання С21

1. Сталь 09Г2, основний метал; 2. ЗТВ сталі 09Г2; 3. Метал шва; 4. ЗТВ сталі 12Х18Н10Т; 5. Сталь 12Х18Н10Т, основний метал

Основний метал 09Г2(показаний на рисунку 2.11) має дрібнозернисту будову з кристалами фериту і перлиту (темні)



Рисунок 2.12 – Мікроструктура сталі 09Г2 збільшена в 100 разів

На рисунку 2.12 видно мікроструктуру зони сплавлення сталі 09Г2 та металу шва, котра має дрібнозернисту будову з чітко вираженими зернами фериту(світлі).

На рисунку 2.13 показана мікроструктура металу шва зварного з'єднання. Зварювання здійснювалося порошковим дротом CN 23/12 – FD який забезпечить аустенітно – ферритно – мартенситну будову шва.

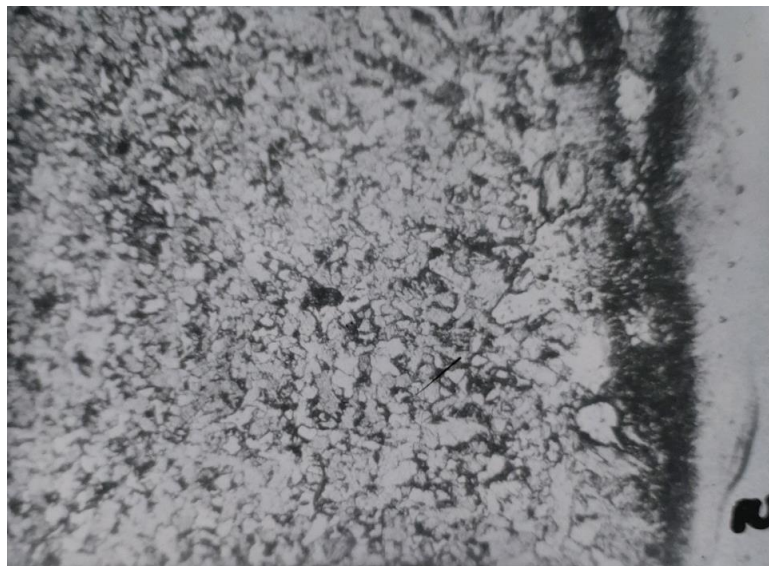


Рисунок 2.13 – Мікроструктура зони сплавлення сталі 09Г2 та металу шва, збільшено в 100 разів



Рисунок 2.14 - Мікроструктура металу шва, збільшена в 100 разів



Рисунок 2.15 – Мікроструктура зони сплавлення металу шва та сталі 12X18H10T, збільшена в 100 разів.

Метали шва мають дрібнозернисту будову із включеннями δ – фериту(темні рядки), що забезпечує аустенітно – феритну будову.

На рисунку 2.15 зображена зона сплавлення металу шва та сталі 12X18H10T. На фото видно великі зерна структури δ – фериту по кордону зерен та дрібнозернисту аустенітну будову металу шва. На рисунку 2.15 зображена мікроструктура сталі 12X18H10T.



Рисунок 2.16 – Мікроструктура сталі 12X18H10T, збільшена в 100 разів

На фото шва видно довгі зерна аустеніту, невеликі за розмірами та включенням δ – фериту у вигляді темних рядків.

Отже проведення дослідів показали, що з'єднання С21 зварене напівавтоматичною сваркою в середовищі захисних газів $Ar+CO_2$

порошковим дротом CN 23/12 – FD, що складається зі сталей різних класів 09Г2 та 12Х18Н10Т, на розрахованих режимах зварювання, задовільняють усім технологічним вимогам, так як забезпечено необхідну будову металу шва, навколошовних зон, стійкість проти міжкристалічної корозії та кристалізованих тріщин, отже забезпечено технологічною придатністю до експлуатації.

Твердість металу 09Г2+12Х18Н10Т в з'єднанні показаному на рис.2.6 визначається емпірично на твердомірі ТПП – 10 по ГОСТ 2999 – 75 по методу Віккерса шляхом вдавлювання алмазного наконечника, який має форму правильної чотирьох граної піраміди у випробуваний зразок під дією навантаження $F(N)$ та вимірам діагоналі відбитку під мікроскопом. Навантаження $F = 9,8 \text{ Н}$. Результати вимірів представлені в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Результати заміру твердості

Відстань від початкової точки виміру, мм	0	3,63	3,73	4,03	4,63	5,13	5,83	6,65	7,5
Твердість, HV	168	160	179	233	218	198	178	177	183

Розподіл твердості показано на графіку на рис.2.17 для металу зварного з'єднання, вказано на рис. 2.6 із різнорідних сталей 09Г2 та 12Х18Н10Т

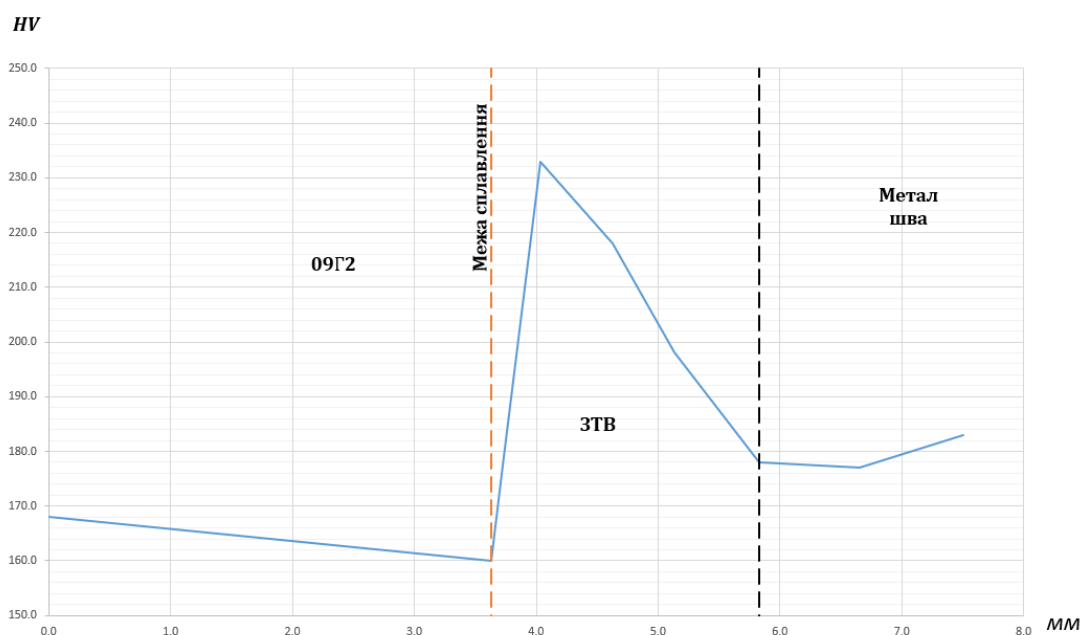


Рисунок 2.17 – Розподіл твердості металу в нестандартних з'єднаннях
Аналізуючи графік розподілення твердості (рис.2.17) можна зробити

висновок, що при зварюванні різнорідних сталей 09Г2+12Х18Н10Т аустенітним порошковим дротом CN 23/12 – FD при взаємодії температури відбувається зміцнення металу.

Зростання твердості починається на межі зплавлення сталі 09Г2 та металу шва, потім твердість досягає максимальних значень на межі зони зплавлення та зони термічного впливу. В металі шва твердість поступово знижується та досягає табличного значення для аустенітних сталей. Зростання твердості на межі зплавлення в значній мірі визначається температурним впливом та науглерожуванням цієї сталі.

Висновки

1. Обраний зварний матеріал для виготовлення насадки гребного гвинта, забезпечує високу якість з'єднання та продуктивність процесів. Зварювання поздовжніх та поперечних швів зовнішньої обшивки виконується автоматом під шаром флюсу АН – 348А, дротом Св – 08А. Зварювання набору виконується механізованим зварюванням в середовищі CO₂ дротом Св – 08Г2С. Зварювання листів внутрішньої обшивки набору з внутрішньою обшивкою проводиться механізованим зварюванням в суміші газів Аг+CO₂ порошковим дротом CN 23/12 – FD.
2. Виконаний розрахунок режимів зварювання, котрі забезпечують необхідну форму та розміри швів стиків та таврових з'єднань.
3. Виконане експериментальне дослідження структури зварних з'єднань різнорідних сталей 09Г2+12Х18Н10Т та встановлено, що вона бейнітна з домішками фериту та перліту в зоні зплавлення сталі 09Г2 та металу шва, аустенітна з домішками фериту та мартенситу в металі шва, аустенітна з включеннями δ – фериту в зоні зплавлення сталі 12Х18Н10Т та металу шва.
4. Вивчено вплив твердості в зварних з'єднаннях, що показує те що зміцнення в навколошовної зоні пов'язане з температурним впливом та накопиченням вуглецю.

					КР.131.6121м.03.ПЗ.							
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата								
Студент		Кучеренко В.В.			Розробка обладнання та оснащення для виготовлення насадки				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Драган С.В.									54	21
Консультант									НЧК			
В.о.зав.каф.		Драган С.В.										

3. Розробка обладнання та оснащення для виготовлення насадки

3.1 Вибір та обґрунтування зварного обладнання

В даній розробленій технології виготовлення гребного гвинта, присутні пости для напіваавтоматичної сварки в середовищі захисних газів та для автоматичної сварки під шаром флюсу. Пости складаються з обладнання для забезпечення живлення зварювальної дуги, підходу захисних газів, устаткування для утримання флюсу. Зварювання проходить в спеціальному зварному кантувачі, який призначений для закріплення та переміщення деталей при зварюванні.

Джерела живлення зварної дуги повинні відповідати наступним вимогам: 1) забезпечувати необхідні для даної технології силу струму та напруження дуги; 2) мати необхідний вигляд зовнішньої характеристики, щоб виконати вимогу по стабільному горінню дуги; 3) Мати такі динамічні характеристики, щоб можна було забезпечити нормальне збудження дуги та мінімальний коефіцієнт розбризкування так як технологія передбачує зварювання сталей на постійному струмі, то для живлення дуги можливе використання або перетворювачів або зварних випрямлячів. Перед перетворювачами, випрямлячі мають переваги: більш високий ККД, менші втрати на холостому ході; кращі динамічні якості дуги; меншу масу; більшу надійність; безшумність при роботі; більшу економічність при виготовленні.

В даній технології для механізованого зварювання сталі 09Г2 в середовищі CO₂, застосовуємо джерело живлення постійного струму PS – 5000 фірми “ KEMPPİ ”. PS – 5000 – багатоцільове джерело живлення постійного струму, побудований на новій методиці перетворення частоти струми. Характеристики джерела живлення PS – 5000 дозволяє використовувати його для ручної сварки та сварки в середовищі захисних газів. Враховуючи технічні дані(табл.3.1) джерела, робимо висновки дані характеристики забезпечують всі потрібні параметри зварювання, як дротом Св – 09Г2С так і для порошкового дроту CN 23/12 – FD в суміші захисних

					КР.131.6121м.03.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		55

газів Ar+CO₂ (82-18)%

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики джерела живлення PS – 5000

Напруга мережі джерела, 3~, 50 – 60 Гц	380 – 415 В
Номінальна потужність, ПВ 60%	27,5 кВА
ПВ 100%	21,4 кВА
Номінальний струм, ПВ 60%	500 А/40 В
ПВ 100%	390 А/35,6 В
Напруга холостого ходу	80 В
ККД	85%(500 А/40 В)
Коефіцієнт потужності	0,9(500 А/40 В)
Потужність холостого ходу	150 Вт
Частота	max. 5 кГц
Габарити: довжина	710 мм
Ширина	360 мм
Висота	580 мм
Маса	93 кг

В технологічному процесі виготовлення насадки для забезпечення високої якості з'єднання виконаного напівавтоматичною сваркою в середовищі захисних газів, необхідно щоб апаратура забезпечувала виконання наступних операцій: підхід до електроду та виробу зварного струму; нагрівання електродного металу та зварюваних кромки; подачу в зварювальну ванну металу зі швидкістю, рівною швидкості його зплавлення; захист зони зварювання від впливу повітря. Для сварки порошковим дротом апаратура повинна бути забезпечена спеціальною системою роликів подавання.

Перераховані операції виконує напівавтомат який складається із мультисистем фірми “КЕМРРІ”, пристосованої для зварювання суцільним та порошковим дротом в середовищі захисних газів.

Враховуючи характеристики джерела PS – 5000 та мультисистемного напівавтомата “КЕМРРІ” робимо висновок, що це обладнання задовольняє

технологічним потребам як сварки сталі 09Г2 суцільним дротом СВ – 08Г2С, так і нержавіючої сталі 12Х18Н10Т та різнорідних сталей 09Г2+12Х18Н10Т порошковим дротом CN 23/12 – FD в середовищі захисних газів Ar+CO₂.

В технологічному процесі виготовлення насадки застосовується автоматичне зварювання під шаром флюсу АН – 348А. Для цього виду сварки доцільно застосувати в якості джерела живлення універсальний випрямляч ВДУ – 1202 так як його характеристики (табл.3.2) повністю задовольняє потребам до технології зварювання. ВДУ – 1202 – призначений для комплектації зварювальних автоматів, виконує зварювання під шаром флюсу та у середовищі вуглекислого газу. Має три види зовнішніх характеристик, два види жорстких та падаючу. Допускається можливість включення на паралельну роботу двох випрямлячів на один зварювальний пост з регулюванням режиму від одного випрямляча. Випрямлячі виготовляються в залежності від вимог по напруженню та частоті мережі на замовлення.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики зварювального випрямляча ВДУ – 1202

Споживання потужності, кВт · А	120
Номінальний зварювальний струм, А	1250
Межа регулювання зварювального струму, А	250 – 1250
Номінальне робоче напруження, В	56
Межа регулювання робочого напруження, В	25 – 56
Режим роботи	тривале
Габаритні розміри, мм	1080x685x885
Маса	500

Для забезпечення високої якості зварного з'єднання при автоматичному зварюванні доцільно використовувати зварювальний трактор ТС 73 УХПЗ. Він призначений для зварювання прямолінійних та кільцевих швів, стикових, кутових, таврових з'єднань, виробів з різних

марок сталі з обробкою та без обробки кромки. Зварювання може вестися на постійному або змінному струмі який живиться від мережі 50 Гц, 380 В. Враховуючи технічні дані (табл.3.3) зварювального трактора, робимо висновок, що ТС 73 УХЗП відповідає вимогам технології зварювання кільцевих стиків та пазів під шаром флюсу АН – 348А.

Таблиця 3.3 – Технічні дані зварювального трактора ТС 73 УХЗП

Номінальний зварювальний струм постійний при 100 %, А	1000
Діапазон регулювання швидкості подачі, м/год	60 – 360
Діапазон регулювання швидкості зварювання, м/год	12 – 120
Найбільша швидкість зварювання, м/год	120
Регулювання мундштука по горизонталі поперек шва, мм, не менше	30
Маса в касеті електродного дроту, кг, не менше	15
Місткість бункеру для флюсу, куб. дм, не менше	6
Габаритні розміри трактора, мм	785x372x575
Маса трактора без флюсу, електродного дроту, кг, не більше	45

3.2 Розрахунок та конструювання складально – зварювального кантувача

Кантувач для складання та зварювання насадки гребного гвинта траулера включає в себе постіль з двома приводами, котрі забезпечують зварювальну швидкість обертання для формування кільцевих швів та маршеву швидкість обертання постілі, а також основи, по якій може рухатися зварювальний портал для виконання повздовжніх та поперечних швів на насадці. Привід кантувача здійснюється по за рахунок катківЮ на які опирається привідний барабан, який знаходиться в осях кантувача. Кантувач з приводами встановлюється на візок, здатну переміщатися по рельсовому шляху.

Постіль – кантувач складається з чотирьох елементів та осі. Сегменти в зборі, закріпленні на осі, утворюють циліндричну поверхню, яка відповідає внутрішній поверхні насадки. Вони представлені у вигляді об'ємної зварної конструкції, які складаються з кутників та лекальних полос.

Збирання та розбирання елементів конструкції кантувача здійснюється завдяки конічного болтового з'єднання. Отвори під болтове з'єднання робляться після того як постіль – кантувач встановлена в такому положенні, коли розстановка лекальних полос в точності зможе відтворити складну гідродинамічну форму внутрішньої обшивки насадки гребного гвинта. Сегменти виконуються з різною шириною так як при демонтажі постілі віддаються болтові з'єднання, а за допомогою талрепів сегменти постілі зміщують до центральної осі головного валу, вкладаючись один в одного. Для переміщення постілі – кантувача передбачені обухи. Всі конструкційні елементи кантувача виконуються з конструкційної сталі Вст3.

Вісь кантувача представляє собою зварну конструкцію, яка складається з труби діаметром 320 мм, заглушок та зварних осей. Важливою частиною кантувача є роликовий стенд, розташований на рухливому візку.

Стенд має чотири ролики, два привідних, два холостих. Привідні ролики обертаються за допомогою електродвигуна та редуктора розташованих на пересувному візку. Зачеплення роликів стенду із спеціальними барабанами постілі відбувається за рахунок сили тертя.

Роликовий стенд не є стандартним виробом, тому приводи, частини його конструкції потрібно розрахувати відповідно з розмірами постілі – кантувача та насадки гребного гвинта.

Розрахунок роликового стенду [8].

При конструюванні роликового стенду розраховують зусилля на опорах роликів, осях(або валах) роликів, потужність приводу обертання, а також перевіряють запас зчеплення виробу з роликом для запобігання ковзання роликів.

Вихідні дані:

$G = 131810 \text{ Н}$ – вага виробу, що обертається;

$\alpha = 60^\circ$ – центральний кут розпору;

$D_p = 800 \text{ мм}$ – діаметр опорного ролику;

$\alpha_p = 100 \text{ мм}$ – діаметр осі ролику в підшипнику;

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя ковзання;

$\mu = (6 \div 8) \cdot 10^{-4}$ – коефіцієнт тертя кочення;

$\varepsilon = 0$ – ексцентриситет виробу(дисбаланс).

Схема розрахунку роликового стенду показана на рис.3.4.

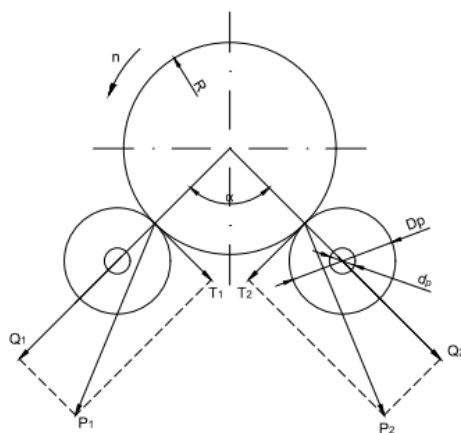


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема роликового стенду.

Радіальне зусилля на привідний ролик – опору

$$Q_1 = \frac{G}{2\cos\alpha/2} \left(1 - \frac{\varepsilon\cos\alpha}{\sin\alpha/2} + \frac{\varepsilon + \sin\alpha/2}{b \cdot \cos\alpha/2 - \sin\alpha/2} \right); \quad (3.1)$$

де $b = \frac{D_p}{f d_p + 2\mu}$ – конструктивний параметр стелу

$$b = \frac{800}{0,1 \cdot 100 + 2 \cdot 0,0025} = 267$$

$$Q_1 = \frac{131810}{2\cos 30^\circ} \left(1 + \frac{\sin 30^\circ}{267 \cdot \cos 30^\circ - \sin 30^\circ} \right) = 76191 \text{ Н}$$

Радіальне зусилля на холостому ролику – опорі

$$Q_1 = \frac{G}{2\cos\alpha/2} \left(1 - \frac{\varepsilon\cos\alpha}{\sin\alpha/2} + \frac{\varepsilon + \sin\alpha/2}{b \cdot \cos\alpha/2 - \sin\alpha/2} \right); \quad (3.2)$$

$$Q_1 = \frac{131810}{2\cos 30^\circ} \left(1 + \frac{\sin 30^\circ}{267 \cdot \cos 30^\circ - \sin 30^\circ} \right) = 76191 \text{ Н}$$

Окружне зусилля на приводному ролику – опорі

$$T_1 = G \left(\varepsilon + \frac{\sin\alpha/2 + \varepsilon}{b \cdot \sin\alpha/2 + \cos\alpha/2 - 1} \right); \quad (3.3)$$

$$T_1 = 131810 \left(\frac{\sin 30^\circ}{267 \cdot \sin 60^\circ + \cos 60^\circ - 1} \right) = 286 \text{ Н};$$

Окружне зусилля на холостому ролику – опорі

$$T_2 = G \left(\frac{\sin\alpha/2 + \varepsilon}{b \cdot \sin\alpha/2 + \cos\alpha/2 - 1} \right); \quad (3.4)$$

$$T_2 = 131810 \left(\frac{\sin 30^\circ}{267 \cdot \sin 60^\circ + \cos 60^\circ - 1} \right) = 286 \text{ Н};$$

Визначення запасу зчеплення роликів з виробом.

Запас зчеплення розраховується для виключення ковзання виробу який обертається, особливо важливо коли виконуються зварювальні роботи.

$$K_{зч} = \frac{Q_1}{T_1} \varphi \geq 3; \quad (3.5)$$

де $\varphi = 0,15$ – коефіцієнт зчеплення для сталевих роликів

$$K_{зч} = \frac{76191}{286} \cdot 0,15 = 40 \geq 3$$

Запас зчеплення забезпечено.

Розрахункове навантаження на вал ролика

$$P = \frac{\sqrt{Q_1^2 + T_1^2}}{i_p} \cdot K_p; \quad (3.6)$$

де $i_p = 2$ – число роликів – опори в одному ряду

$K_p = 1,3$ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність навантаження на ролик – опорах.

$$P = \frac{\sqrt{76191^2 + 286^2}}{2} \cdot 1,3 = 15662 \text{ Н}$$

Розрахунок крутного моменту

$$M_k = T_1 \frac{D_p}{2} \cdot \left(f \frac{\alpha_p}{2} + \mu \right) \sqrt{Q_1^2 + T_1^2}; \quad (3.7)$$

$$M_k = 286 \frac{0,8}{2} \cdot \left(0,02 \frac{0,1}{2} + 0,0025 \right) \sqrt{76191^2 + 286^2} = 4819 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок згинального моменту

$$M_{зг} = \frac{Pl}{4}; \quad (3.8)$$

де $l = 0,36$ м – довжина осі ролика.

$$M_{зг} = \frac{15662 \cdot 0,36}{4} = 1410 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахунок валів та осей роликів

$$d_{oc} = \sqrt[3]{\frac{M_{зг} \cdot 10}{[\sigma]}}; \quad (3.9)$$

де $[\sigma] = 60$ Мпа – допустиме напруження матеріалу

$$d_{oc} = \sqrt[3]{\frac{4819 \cdot 10}{60 \cdot 10^6}} = 9,3 \text{ см}$$

$$d_{вал.} = \sqrt[3]{\frac{M_e \cdot 10}{[\sigma]}}; \quad (3.10)$$

де M_e – еквівалентний момент

$$M_e = \sqrt{M_{зг}^2 + M_{кр}^2} \quad (3.11)$$

$$M_e = \sqrt{4819^2 + 1410^2} = 5022 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_{\text{вал.}} = \sqrt[3]{\frac{5022 \cdot 10}{60 \cdot 10^6}} = 9,4 \text{ см};$$

Розрахунок потужності приводу стенда [8].

$$N_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n \cdot 10^{-3}}{95,5 \cdot \eta_0} \quad (3.12)$$

де $\eta_0 = 0,6$ – ККД електродвигуна

$n = 5,4 \text{ об/год}$ – частота обертання ролика

$$N_{\text{дв}} = \frac{4819 \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{95,5 \cdot 0,6} = 0,6 \text{ кВт}$$

3.3 Розрахунок та конструювання portalу для зварювального автомату

Портал призначений для зварювання поздовжніх та поперечних швів, являє собою об'ємною зварну конструкцію, виконану із листового металу ВстЗ, яка забезпечена чотирма роликами для пересування по напрямним. В поперечному перерізу портал являє собою дві двотаврові балки перемінного перерізу з вирізами для полегшення конструкції.

Для переміщення зварного автомату застосовується електродвигун, котрий за допомогою муфти, конічного редуктора та приводного валу рухає гайку приводу.

Гайка закріплена до приводу нерухомо, яка в свою чергу за допомогою болтового з'єднання, закріплена до зварювального автомату.

Муфта забезпечена захисними кожухами. Для обслуговування зварювальних робіт портал оснащений сходовим маршем. Для фіксації portalу в одному положенні відносно рельсового шляху, передбачено спеціальні гвинтові гальма. Для безпечного перебування та переміщенню по площадці передбачено леєрне огороження по контуру.

Конструкція portalу повинна бути розрахована на міцність[9]. Для цього потрібно розрахувати на міцність двотаврову балку суцільного та постійного перерізу такої площі, яку має балка реального portalу в місці, де найбільше навантаження на балку, а також в місцях де знаходяться різні технологічні отвори та місця з мінімальною висотою стінки балки. Балка навантажується половиною ваги всього обладнання з урахуванням зварювальника, в конструкції portalу передбачено дві таких балки.

Розрахунок балки на міцність [9]. На рис.3.5 зображено переріз двотаврової балки з наступними параметрами:

$h=0,2$ м – висота стінки;

$t=0,02$ м – товщина полиці;

$b=0,1$ м – ширина полиці;

$d=0,02$ – товщина стінки.

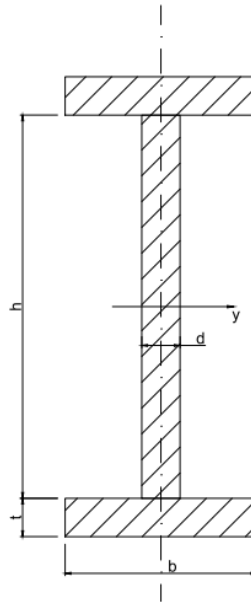


Рисунок 3.5 – Параметри поперечного перерізу балки

При довжині балки $l = 6,2$ м знайдемо її масу

$$M = V'_{\rho_c} + 2V''_{\rho_c} \quad (3.13)$$

де V', V'' - об'єми стінки та полиці балки;

ρ_c – густина сталі $\rho_c = 7,8$ г/см³.

$$M = 7,8(24800 + 24800) = 386880 \text{ г}$$

Приймаємо $M = 390$ кг

Площа поперечного перерізу

$$S = 2t \cdot b + h \cdot d \quad (3.14)$$

$$S = 2 \cdot 0,02 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 0,02 = 0,008 \text{ м}$$

Розраховуємо навантаження на балку

$$G_0 = Mg + \frac{M' + M''}{2} \cdot g \quad (3.15)$$

де $M = 390$ кг маса двотаврової балки

$M' = 45$ кг – маса трактора ТС – 73

$M'' = 80$ кг – маса зварювальника

$$G_0 = 3900 + 625 = 4525 \text{ Н}$$

Навантаження від половини випрямляча

$$G_1 = \frac{5000}{2} = 2500 \text{ Н} \quad (3.16)$$

Знайдемо реакції опор N_A, N_B

$$N_A + N_B - G_0 - G_1 = 0 \quad (3.16)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$G_0 \cdot 3,1\text{м} + G_1 \cdot 4,2\text{м} - N_B \cdot 6,2\text{м} = 0 \quad (3.17)$$

$$\sum M_{\Gamma.a} = 0$$

тоді

$$N_B = \frac{G_0 \cdot 3,1 + G_1 \cdot 4,2}{6,2} = \frac{4525 \cdot 3,1 + 2500 \cdot 4,2}{6,2} = 3956 \text{ Н}$$

$$N_A = G_0 + G_1 - N_B = 4525 + 2500 - 3956 = 3069 \text{ Н}$$

Перерізуючі сили:

на ділянці АО, $Q_1 = N_A = 3069 \text{ Н}$;

на ділянці АС, $Q_2 = N_A - G_0 = 3069 - 4525 = -1456 \text{ Н}$;

на ділянці СВ, $Q_3 = N_A - G_0 - G_1 = -1456 - 2500 = -3956 \text{ Н}$.

Згинальні моменти:

в точці О, $M_1 = G_0 \cdot AO = 4525 \cdot 3,1 = 14025 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

в точці С, $M_2 = G_0 \cdot AO + G_1 \cdot AC = 14028 + 10500 = 24528 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Перевірка міцності [9].

По третій теорії міцності

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} < [\sigma] \quad (3.18)$$

де

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{k_3} = \frac{250}{1,5} = 167 \text{ МПа}$$

$\sigma_T = 250 \text{ МПа}$ – межа плинності для Вст3

$k_3 = 1,5$ – коефіцієнт запасу міцності

σ, τ – нормальне та дотичне напруження в найбільш навантаженому перерізі – це переріз, де згинальні моменти та перерізуючі сили досягають максимальних значень(рис.3.6). Це точка С, де

$$Q_{\text{max}} = 3956 \text{ Н}, M_{\text{max}} = 24528 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

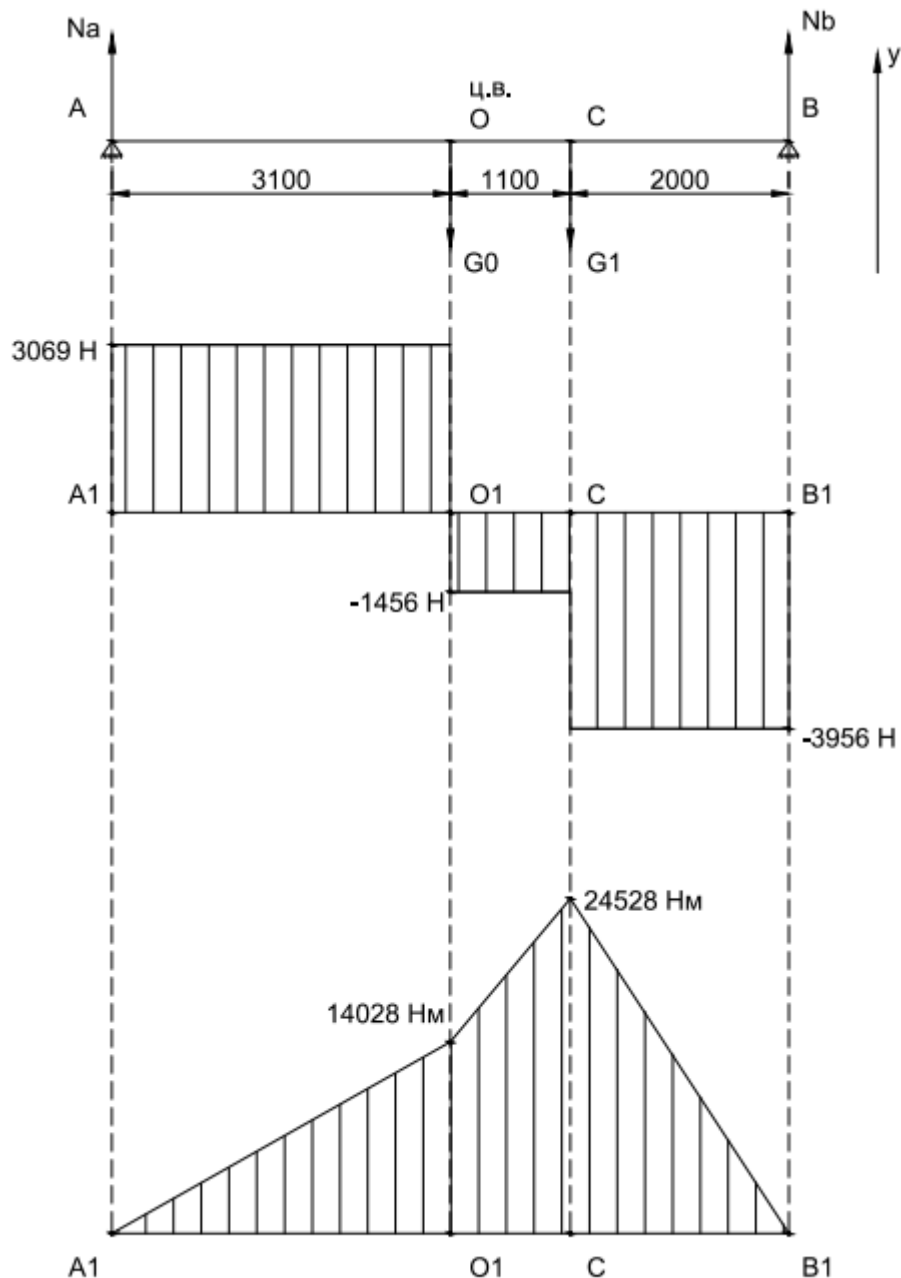


Рисунок 3.6 – Епюри перерізуючих сил та згинальних моментів, діючих у балці

Обчислення моменту інерції та моменту опору перерізу балки[9].
Згідно з рис.3.5

$$I_y = \frac{dh^3}{12} + 2bt \frac{(h + t)^3}{4} \quad (3.19)$$

$$I_y = \frac{0,02 \cdot 0,2^3}{12} + 2 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \frac{(0,2 + 0,02)^3}{4} = 0,000061 \text{ м}^4$$

$$W_y = \frac{I_y}{\left(\frac{h}{2}\right) + t} \quad (3.20)$$

$$W_y = \frac{0,000061}{\left(\frac{0,2}{2}\right) + 0,02} = 0,0005 \text{ м}^3$$

Нормальне напруження

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_y} \quad (3.21)$$

$$\sigma_{max} = \frac{24528}{0,0005} = 49 \text{ МПа}$$

Дотичне напруження

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max} \cdot S}{d \cdot I_y} \quad (3.22)$$

$$\tau_{max} = \frac{3956 \cdot 0,008}{0,02 \cdot 0,000061} = 26 \text{ МПа}$$

По формулі (3.18)

$$\sigma_{екв} = \sqrt{49^2 + 3 \cdot 26^2} = 67 \text{ МПа} < [\sigma] = 167 \text{ МПа}$$

Умова міцності за еквівалентними напруженнями виконується, отже даний переріз та розміри балки підходять для виконання та експлуатації зварювального portalу

3.4 Загальні технологічні вказівки по складанню та зварюванні насадки

1. Складання та зварювання насадки виготовляється в постілі – кантувачі.

2. В процесі складання та зварювання має бути виключено попадання вологи, масла та інших забруднюючих речовин, які можуть потрапити в зазори зварних з'єднань та на прилеглі поверхні нержавіючої сталі в місцях зварювання деталей.

3. Видалення припусків на деталях з нержавіючої сталі виконується за допомогою плазмового різака.

4. Допускається виправлення фасок зварених нержавіючих листів, можна виконати за допомогою пневматичного зубика. Зачистка кромek листів виконується на ширину 20 мм.

5. Правильність виготовлення деталей, складання та зварювання насадки, контролюється ВТК, також контролю підлягає внутрішня порожнина насадки перед закриттям обшивкою.

6. Після плазмової різки, кромки деталей піддаються механічною обробці або зачищаються наждачним кругом до повного видалення слідів різки.

7. Для виготовлення деталей, які мають складну форму, виготовляють каркаси. Кожна деталь перевіряється по ескізам, шаблонам та каркасами. Правильність та їх виготовлення перевіряється ВТК.

8. Для механізованого зварювання рекомендується використовувати джерело живлення PS – 5000 та напівавтомати з мультисистемою фірми “КЕМРРІ”.

9. З метою контролю режимів зварювання всі діючі автомати, механізовані зварювальні апарати та джерела живлення повинні бути укомплектовані контрольно – вимірювальною апаратурою.

10. При виконанні зварних з'єднань необхідно дотримуватися наступних вимог: режими зварювання повинні перевірятися на пробних

планках такої ж товщини, що й зварювані деталі; прихватки перед зварюванням повинні бути зачищені від шлаку; при багаторазовому зварюванні швів стикових з'єднань кожний наступний прохід повинен накладатися після очистки від шлаку від попереднього проходу.

					КР.131.6121м.03.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		70

3.5 Режими та послідовність складання та зварювання насадки

1. На початку складання насадки потрібно перевірити постіль – кантувач на відповідність кресленням, по яким вони були виготовленні. Нанести контрольні лінії – ДП, осьову повороту.

2. Спільно з поясками, зібрати вузли набору насадки, заварити їх.

3. В кондуктор вкласти листи внутрішньої обшивки насадки, обжати та закріпити листи до лекал на еластичних з'єднаннях – планках. Листи підігнати між собою та взяти на електроприхватки, електроприхватки на перехресті зварних з'єднань не допускаються.

4. Зібрані листи внутрішньої обшивки заварити механізованою сваркою в наступній послідовності:

- в нижньому положенні один паз, а потім, після кантування – другої, в направленні від середини до кінців насадки;

- кільцевий стик, який з'єднує деталі.

Зварювання кільцевих стиків виконують в нижньому положенні шляхом повертання кондуктора з насадкою.

5. Розмістити та видалити припуск з носової сторони внутрішньої обшивки. Встановити, прогнати та закріпити на електроприхватках носовий та кормовий прутки.

6. Зварити стики прутків механізованою сваркою. Зварити примикання прутків до внутрішньої обшивки насадки.

7. Розмістити листи установки набору, зрізати посилення зварних швів в листах перетину з набором. Зачистити листи установки та кромки примикання набору.

8. Установити повздовжні бракети набору, починаючи з носових, які притикаються до прутка, потім носову поперечну бракету, яка притикається до установленної повздовжньої бракети. В такій послідовності продовжити установку решту бракет набору.

9. Перевірити правильність установки набору під зварювання.

10. Виконати зварювання механізованою сваркою:

- вертикальних швів бракет, які перетинаються;
- поясків, які перетинаються.

11. Зварювання набору з обшивкою виконувати комірковим методом, починаючи з середини насадки і до кінців. Зварювання комірок виконувати з правого на лівий борт або протилежних сторін.

12. Зачистити посилення зварних з'єднань швів по поясками.

13. Укласти на набір листи зовнішньої обшивки насадки, підігнати, окреслити припуск, видалити припуск, попередньо знявши листи.

14. Знову встановити листи, підігнати між собою, обтиснути та прихватити до набору прутка.

15. Здати насадку на зварювання.

16. Зібрану та зварену насадку перед зняттям з кондуктора передати представникам ВТК.

17. Зрізати планки – фіксатори, звільнити насадку від кантувача та покласти на площадку.

18. Зачистити всі зварні шви внутрішньою обшивки насадки.

19. Перевірити насадку на відповідність вимогам креслення та технологічного паспорту, правильність її зварення.

20. Провести випробування насадки стисненими повітрям, тиском 0,03 Мпа по ДЕРЖСТАНДАРТУ 3285-81.

Таблиця 3.4 – Режими механізованого зварювання сталі 09Г2 в суміші газів Ar+CO₂ зварювальним дротом Св – 08Г2С, діаметром 1,2 мм. Постійний струм, обернена полярність, витрата суміші захисних газів Ar+CO₂ – 14÷17 л/хв.

Положення шва в просторі	Режими зварювання			
	Перший прохід		Другий прохід	
	$I_{зв}, A$	V_d, B	$I_{зв}, A$	V_d, B
Нижнє	230-250	24-26	290-310	29-31
Вертикальне або горизонтальне	210-220	21-23	220-230	21-23
Стельове	210-220	21-23	210-220	21-23

Таблиця 3.5 – Режими механізованого зварювання сталі 12Х18Н10Т в суміші газів Ar+CO₂ порошковим дротом CN 23/12 – FD німецької фірми “BÖHLER” діаметром Ø1,2 мм. Постійний струм, обернена полярність.

Положення шва в просторі	Режими зварювання					
	Перший прохід		Другий прохід		Третій прохід	
	$I_{зв}, A$	V_d, B	$I_{зв}, A$	V_d, B	$I_{зв}, A$	V_d, B
Нижнє	130	23	170	29	250	30

Таблиця 3.6 – Режим автоматичного зварювання під флюсом АН -348 А дротом Св – 08А діаметром 5 мм. Постійний струм, обернена полярність.

Положення шва в просторі	Режим зварювання	
	$I_{зв}, A$	V_d, B
Нижнє	860	40

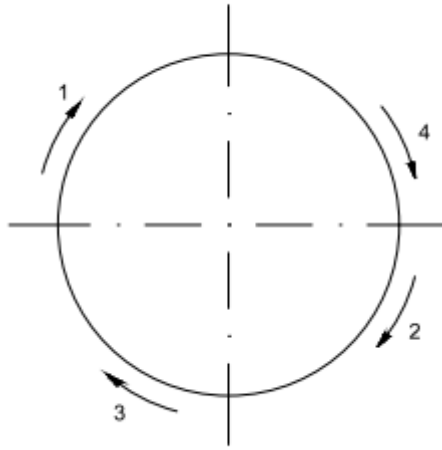


Рисунок 3.7 – Послідовність зварювання обшивки з прутком

1...4 – послідовність зварювання;

→ - напрямок зварювання.

3.6 Вибір та описання способів контролю якості

Перевірка якості першочергово піддається основній метал та зварювальний матеріал, стан зварювального обладнання та інструменту, оснастка, складання під зварювання. Організація контролю якості та приймання зварних швів виконується робітниками ВТК згідно з ОСТ 5 1092 – 78.

Контроль якості зварюваних та зварних матеріалів виконується наступним чином:

1. Матеріали, які використовуються при виготовленні зварних конструкцій повинні бути перевірені відділом ВТК ще до запуску в виробництво.
2. Зварювальне обладнання повинно задовільняти потребам основних положень по зварюванні металів, які застосовуються у виробництві.
3. Вимірювальний інструмент для контролю якості складання під час зварювання та контролю якості зварних з'єднань повинен мати відповідні сертифікати перевірки. Особливу увагу приділяють прийомному контролю, так і оцінці стану виробу в цілому.

Контроль якості складання перед тим як деталі передаються на складання, контролюються відділом ВТК, при цьому контролюються:

1. Правильність складання, кути відкосів кромок, величини зазорів.
2. Очистка поверхні зварюваних кромок.
3. Правильність розташування, розміри та якість прихваток.
4. Правильність співвідносності набору, що стикуються.

Розміри швів перевіряють універсальними вимірювальними приладами. Зварні шви контролюються:

1. Зовнішнім оглядом та вимірами.
2. Ультразвуковою дефектоскопією.

3. Випробування на непроникність.

Зовнішнім оглядом встановлюються відсутність зовнішніх дефектів та відповідність розмірів зварних з'єднань, вимогам креслення. Для перевірки та виявлення тріщин у зварному з'єднанні широко застосовується контроль ультразвуком. Ультразвуковий контроль відрізняється високою чутливості при виявленні тріщин, непроварів та інше. Метод ультразвукової дефектоскопії оснований на випробуванні процесу розповсюдження пружних коливань з частотою 0,5 – 0,25 МГц в контролюючих з'єднаннях. Стикові з'єднання товщиною від 6 до 60 мм контролюються ехо – методом похилим перетворювачем по сумісній схемі. Нижню частину шва перевіряють прямим променем, а верхню частину одноразово відбитим променем. Після зварювання насадки, всі стики та пази внутрішньої та зовнішньої обшивки перевіряються ультразвуком. Для ультразвукової перевірки та контролю можна використати установку ‘Прометей – ЗП’. Ця установка працює в автоматичному режимі та видає координати дефектних відрізків зварного шва, також установка самостійно обирає режими контролю, включаючи перевірку акустичного контакту.

Контролю піддається 100% зварних швів зовнішньої та внутрішньої обшивок. При виявленні внутрішніх дефектів, дефективні ділянки видалити, потім повторити зварювання проблемної ділянки.

Висновки:

1. Технологія складання та зварювання насадки гребного гвинта, запропонована в даному розділі, може бути використана, вона дозволяє виготовити конструкцію з використанням механізованого зварювання та кантування виробу, що підвищує продуктивність робіт, скорочує час установки виробу в потрібне положення, яке зручне для складальника або зварювальника. Використання автоматичного зварювання під шаром флюсу сприяє кращому формуванню швів зварних з'єднань.
2. Застосування запропонованої послідовності технологічних

операцій може раціоналізувати час, котрий витрачається на виготовлення насадки. Розраховані раніше технологічні режими зварювання дають можливість отримати шви необхідних геометричних розмірів та властивостей.

3. Через численні зварні з'єднання та необхідність дотримання технологічних та експлуатаційних властивостей конструкції в розділі були запропоновані рекомендації по контролю якості зварних з'єднань.

					КР.131.6121м.03.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		77

					КР.131.6121м.04.ПЗ.			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Розрахунок економічної частини при виготовлені насадки гребного гвинта	Літ.	Аркуш	Аркушів
Студент		Кучеренко В.В.						
Керівник		Драган С.В.					78	7
Консультант						НУК		
В.о.зав.каф.		Драган С.В.						

4. Розрахунок економічної частини при виготовленні насадки гребного гвинта

4.1 Розрахунок витрат при використанні автоматичного зварювання, у порівнянні з механізованим зварюванням в середовищі CO₂ при зварюванні зовнішньої обшивки насадки гребного гвинта.

Розрахунок буде проводитися шляхом порівняння двох варіантів[12].
Проектувальний варіант – автоматичне зварювання під шаром флюсу, та порівняльний варіант – механізоване зварювання в середовищі CO₂.

Вихідні дані

1. Передбачуваний річний об'єм продукції – 26219 п.м.
 2. Ціна апарату для механізованого зварювання КП – 018 – 132785 грн
 3. Ціна випрямляча КИУ – 511 – 59500 грн
 4. Ціна зварювального автомату ТС-73 – 48000 грн
 5. Ціна випрямляча для автомату ВДУ - 1202 – 175750 грн
 6. Витрати електродного дроту для н/а на 1 п.м. – 0,212 кг
 7. Витрати CO₂ на 1 п.м. – 0,04 м³
 8. Ціна 1 м³ CO₂ – 3 грн
 9. Ціна 1 кг електродного дроту Св – 08Г2(ER70S – 6) – 125 грн
 10. Ціна 1 кг електродного дроту Св – 08А – 70 грн
 11. Витрати електродного дроту для автомату – 0,848 кг на 1 п.м.
 12. Витрати флюсу для автомату на 1 п.м. – 0,48 кг
 13. Ціна флюсу 1 кг – 189 грн
 14. Витрати ел./ен. для механізованого зварювання – 1,4 кВт/год
 15. Витрати ел./ен. для автомату – 5,6 кВт/год
 16. Ціна 1 кВт/год – 5,41 грн
 17. Трудомісткість на 1 п.м. мех. зварювання – 0,098 грн
 18. Трудомісткість на 1 п.м. авт. зварювання – 0,051 грн
- Рівень додаткової заробітної плати 16%
- Норма амортизації зварювального обладнання 25%

					КР.131.6121м.04.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		79

Норма затрат на поточний ремонт 5%

Таблиця 4.1 – Розрахунок суми додаткових капіталовкладень

Найменування обладнання	Кількість	Ціна одиниці обладнання, грн
Порівняльний варіант		
Апарат механізованого зварювання КП – 018	1	132785
Зварювальний випрямляч КИУ – 501	1	59500
Проектувальний варіант		
Зварювальний автомат ТС-73	1	48000
Зварювальний випрямляч ВДУ – 1202	1	175750

Отже, як видно з табл.4.1 обладнання для автоматичного обладнання в порівнянні з обладнанням для механізованого зварювання більш дорожче, додаткове капіталовкладення $\Delta K_d = 31465$ грн.

Порівняння витрат та вигідність впровадження автоматичного зварювання буде виконуватися по наступним параметрам, та буде представлений в табл ...

Статті витрат:

- 1) На зварювальні витрати
- 2) Затрати на електроенергію
- 3) Затрати на заробітну плату робітникам
- 4) Затрати на додаткові зарплати
- 5) Амортизація обладнання
- 6) Затрати на поточний ремонт

Розрахунок зміни затрат на зварювальні матеріали представлений в табл. 4.2

Таблиця 4.3 – Затрати на зварювальні матеріали

Матеріали	Од. виміру	Витрати на 1 п.м.	Річна програма	Витрати на річну програму	Ціна од. Матеріалу, грн	Витрати на мат. в рік, грн
Базовий варіант						
Зварювальний дріт Св – 08Г2	кг	0,212	26219	5705	125	713125
CO ₂	дм ³	0,04	26219	1077	3	3231
Проектований варіант						
Зварювальний дріт Св – 08А	кг	0,848	6728	5705	70	399350
Флюс	кг	0,48	6728	3229	189	610281

$$\Delta M = (399350 + 610281) - (713125 + 3231) = 293275 \text{ грн}$$

Отримаємо збільшення витрат на матеріали в розмірі 293275 грн

Таблиця 4.4 – Затрати на електроенергію

Витрати на 1 п.м., кВт · год	Витрати на річну програму, кВт · год	Річна програма, п.м.	Ціна 1 кВт · год, грн	Витрати на електроенергію, грн
1,4	37677	26912	5,41	203830
5,6	37676	6728	5,41	203820

$$\Delta E = 203830 - 203820 = 10 \text{ грн}$$

Таблиця 4.5 – Розрахунок витрат на основну заробітну плату

Найменування операцій	Трудомісткість 1 п.м. н.ч.	Річна програма п.м.	Трудомісткість річної програми н.ч.	Годинна тарифна ставка, грн	Річна сума витрат на зарплатню, грн
Механізоване зварювання	0,098	26912	2637	200	527400
Автоматичне зварювання	0,051	6728	343	200	68600

$$\Delta ЗП = 527400 - 68600 = 458800 \text{ грн}$$

Таблиця 4.6 – Розрахунок витрат на додаткову зарплату

Основна зарплата, грн	Рівень додаткової зарплати, %	Сума додаткової зарплати, грн
527400	16	84384
68600	16	10976

$$\Delta ДЗП = 84384 - 10976 = 73408 \text{ грн}$$

Отримуємо економію додаткової зарплати в сумі 73408 грн

Таблиця 4.7 – Розрахунок витрат на відрахування зарплати

Основна зарплата, грн	Рівень додаткової зарплати, %	Сума додаткової зарплати, грн
527400	22,5	118665
68600	22,5	15435

$$\Delta ВЗП = 118665 - 15435 = 103230 \text{ грн}$$

Отримуємо економію на відрахування зарплати в сумі 103230 грн

Таблиця 4.8 – Розрахунок затрат на амортизацію обладнання

Найменування обладнання	Початкова вартість, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизаційних відрахувань, %
Апарат механізованого зварювання КП – 018	132785	25	33196
Зварювальний випрямляч КИУ – 501	59500	25	14875
Зварювальний автомат ТС-73	48000	25	12000
Зварювальний випрямляч ВДУ – 1202	175750	25	43938

$$\Delta Ам = (33196 + 14875) - (12000 + 43938) = -7867 \text{ грн}$$

Збільшення затрат в сумі $\Delta Ам = -7867$ грн

Таблиця 4.9 – Розрахунок затрат на поточний ремонт

Найменування обладнання	Початкова вартість, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизаційних відрахувань, %
Апарат механізованого зварювання КП – 018	132785	5	6640
Зварювальний випрямляч КИУ – 501	59500	5	2975
Зварювальний автомат ТС-73	48000	5	2400
Зварювальний випрямляч ВДУ – 1202	175750	5	8788

$$\Delta P = (6640 + 2975) - (2400 + 8788) = -1573 \text{ грн}$$

Отримуємо збільшення витрат на 1573 грн.

Розрахунок відносної економії умовно постійної частини цехових та загально заводських накладних витрат в проектувальному варіанті визначається по наступним формулам

$$H_{\text{ц}} = \frac{200 \cdot \Delta \text{ЗП}}{100} \cdot 0,5 = \frac{200 \cdot 458800}{100} \cdot 0,5 = 458800 \text{ грн}$$

де $\Delta \text{ЗП}$ = 458800 грн – зміна витрат на основну заробітну плату

Для загально заводських витрат

$$H_{\text{з}} = \frac{100 \cdot \Delta \text{ЗП}}{100} \cdot 0,8 \quad (4.1)$$

$$H_{\text{з}} = \frac{100 \cdot 458800}{100} \cdot 0,8 = 367040 \text{ грн}$$

Розрахунок терміну окупності додаткових капіталовкладень та коефіцієнта економічної ефективності.

Термін окупності капітальних вкладень $T_{\text{о.к.}}$ розраховується по формулі

$$T_{\text{о.к.}} = \frac{\Delta K}{\Delta C} \quad (4.2)$$

де ΔK – сума додаткових вкладень, грн

$\Delta C = \Delta M + \Delta E + \Delta \text{ЗП} + \Delta \text{ДЗП} + \Delta \text{Ам} + \Delta P$ – зниження собівартості

зварювальних робіт, грн, показано в табл.6.10

Таблиця 4.10 – Розрахунок зниження собівартості річного випуску продукції.

Стаття витрат	Зміна витрат, грн
1. Зварювальні матеріали	-293275
2. Електроенергія	10
3. Основна заробітна плата	458800
4. Додаткова заробітна плата	73408
5. Відрахування від заробітної плати	103230
6. Амортизаційні відрахування	-7867
7. Витрати на поточний ремонт	-1573
8. Умовно постійна частина цехових накладних витрат	458800
9. Умовно постійна частина загально заводських накладних витрат	367040

$$T_{o.k.} = \frac{\Delta K}{\Delta C} = \frac{223750}{229494} = 0,97 \text{ року}$$

$$\Delta C = -293275 + 10 + 458800 + 73408 - 7867 - 1573 = 229494 \text{ грн}$$

Порівнюючи знайдену величину терміну окупності $T_{o.k.}$ з нормативною величиною можна стверджувати, що $T_{o.k.} = 0,97 \text{ р} < T_n = 7 \text{ р}$. Отже заміна механізованого зварювання на автоматичне зварювання більш економічно ефективно.

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень E визначається по формулі

$$E = \frac{1}{T_{o.k.}} \quad (4.3)$$

$$E = \frac{1}{0,97} = 1,03$$

Порівнюючи $E=1,03$ з нормативним $E_n = 0,15$, $E = 1,03 > E_n = 0,15$ умова задовольняється.

Розрахунок суми річного економічного ефекту

В розрахунку на річне виробництво робіт, річний економічний ефект E_p розраховується по формулі

$$E_p = \Delta C - E_n \Delta K \quad (4.4)$$

$$E_p = 229494 - 0,15 \cdot 31465 = 224774 \text{ грн}$$

В табл.4.11 показано показники економічної ефективності

Таблиця 4.11 – Показники економічної ефективності

Показники	Величина		Результат зміни, грн
	Базовий варіант, грн	Проектований варіант, грн	
1. Капітальні витрати	192285	223750	-31465
2. Витрати на річний об'єм робіт			
- матеріали	1429481	2607031	-293275
- електроенергія	203820	203830	10
- основна зарплата	527400	68600	458800
- додаткова зарплата	84384	10976	73408
- відрахування від зарплати	118665	15435	103230
- відрахування на амортизацію	48071	55938	-7867
- відрахування на поточний ремонт	9615	8788	-1573
3. Річний економічний ефект			224774

Висновок:

Виконаний розрахунок показує, що впровадження автоматичного зварювання під шаром флюсу економічно доцільний. Капітальні затрати можуть окупитися за 0,97 року, що в межах нормально терміну окупності. В результаті впровадження розробленого технологічного процесу зниження собівартості річного об'єму продукції на 224774 грн., при чому в результаті зниження трудомісткості робіт на 20189 н.ч. зниження витрат на основну та додаткову зарплату складає 532208 грн. Розроблений технологічний процес є менш матеріально та енергоємним. Економічний ефект, досягається в результаті введення даної технології.

					КР.131.6121м.05.ПЗ.										
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата											
Студент		Кучеренко В.В.			Охорона праці та охорона навколишнього середовища					Літ.		Аркуш		Аркушів	
Керівник		Драган С.В.										88		5	
Консультант										НУК					
В.о.зав.каф.		Драган С.В.													

5. Охорона праці та охорона навколишнього довкілля

5.1 Загальні положення

На даний час питанням з охорони праці приділяється багато уваги. Охорона праці – це система правових, соціально – економічних, організаційно – профілактичних, санітарно – гігієнічних заходів та засобів, направлених на збереження здоров'я та працездатності людини у процесі праці. На основі підвищення рівня виробництва, підвищується рівень оснащеності підприємств засобами виробничої санітарії, техніки безпеки, пожежної безпеки. В нашій державі забезпечення безпечних та здорових умов праці є загальнодержавною задачею. У зв'язку з цим Закон України “Про охорону праці” від 14.10.1992 року визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життів і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю державних органів відносини між власниками підприємств, установ та організацій та встановлює єдиний порядок щодо організації охорони праці.

У безпосередньому зв'язку з задачами охорони праці стоїть проблема захисту навколишнього середовища від промислових викидів та відходів від виробництва. Необхідно підвищувати ефективність заходів по охороні природи, впроваджувати безвідходні технологічні процеси, розвивати комбіновані виробництва, які забезпечують повне та комплексне використання ресурсів, сировини, матеріалів які знижують шкідливий вплив на навколишнє середовище. При проектуванні ділянок та потокових ліній необхідно дотримуватися вимог, які викладені в Законі України “Про охорону атмосферного повітря” від 16.10.1992 р. Задачею якого являється регулювання відношень в цій області в цілях відтворення, збереження та покращення атмосферного повітря, запобігання та зниження шкідливого хімічного, біологічного, фізичного та інших впливів на атмосферне повітря для виробничих потреб, а також покращення законності та правопорядку в цій сфері. Основними забруднювачами атмосферного повітря під час зварювання є окисли металів та пил. Для запобігання забруднення

навколишнього середовища можна встановити місцеву вентиляційну систему, біля кожного робочого місця.

При організації зварювальних процесів необхідно керуватися постановою №888 “Про покращення охорони природи та покращення використання природних ресурсів”. Відповідно до цієї постанови на ділянці виконуються наступні вимоги:

- канал вентиляційної витяжки повинен бути обладнаний газоочисними установками;
- відходи від виробництва виробу повинні використовуватися як вторинна сировина;
- відпрацьована технічна вода повинна потрапляти до очисних споруд.

Контроль за санітарним станом та утримання шкідливих речовин на підприємстві повинна виконувати контролювати санітарна лабораторія на підприємстві.

5.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливих виробничих факторів на складально – зварювальній ділянці виготовлення насадки

Процес виготовлення насадки характеризується рядом факторів, шкідливих для здоров'я та життя робітників:

- 1) Застосування джерел живлення з високою напругою;
- 2) Виділення шкідливих для організму людини хімічних з'єднань;
- 3) Висока яскравість випромінювання дуги при зварюванні.

1. Можливість ураженням електричним струмом існує в наступних випадках: коли пошкоджена ізоляція силового кабелю, зв'язаних із зварювальним джерелом електричного струму, несправність зварювальних випрямлячів та електродвигунів. Отже щоб попередити небезпечні ситуації потрібно дотримуватися ряду заходів: потрібно ізолювати всі електричні кабелі, які пов'язані з джерелом живлення, повсякденна перевірка справності обладнання, зварювальне обладнання та електродвигуни повинні бути заземлені. Підключення кабелів та ремонт машин виконує тільки черговий електрик. Вирішальні значення при оцінці небезпеки враження електричним струмом має величина струму, частота та напруга. В мережі постійного струму до 1000 В, малоймовірне ураження струмом зі смертельними наслідками для організму, проте ймовірність опіків в таких мережах високий. Небезпеку перемінного струму являє струм частотою 50 Гц. Технічні заходи по запобіганню ураженням електричним струмом передбаченні "Правилами технічної експлуатації електроспоживачів"

2. При зварюванні відбувається забруднення повітря дрібнодисперсною пилюкою, яка складається із токсичних сполук. Пилюка при зварюванні складається з 70% Fe_2O_3 , 2% MnO , 2% SiO_2 та інші. Ці сполуки легко потрапляють в дихальні шляхи людини, які потім осідають в легенях. Особливо шкідливі сполуки марганцю, які викликають при тривалому вдиханню захворювання легень та розлад центральної нервової системи. Щоб шкідливі частинки пилюки не потрапили в зону дихання складальника або зварювальника, біля робочого місця встановлені

вентиляційні канали для місцевої вентиляції. Швидкість повітря у джерела виділення шкідливих речовин повинна бути не менше 3 м/с.

3. Третім фактором, який шкідливо впливає на умови праці є промениста енергія, яка виділяється в процесі горіння зварювальної дуги, у спектрі якої міститься інфрачервоні та ультрафіолетові промені, які небезпечні для очей. Яскравість світла зварювальної дуги перевищує в 16000 раз максимальну яскравість, яка допустима для незахищеного ока. В деяких випадках виникає м'яке рентгенівське випромінювання, інтенсивність якого не перевищує 1 мкР/год.

5.2 Розрахунок штучного освітлення

Вихідні дані:

Вид освітлення: штучне

Система освітлення – загальна

Тип джерела світла: LED лампи

Норма освітлення 150 Лк. Розрахунок штучного освітлення ведеться методом світлового потоку. Для цього вибирається кількість світильників по формулі:

$$N = \frac{S}{B^2} \quad (5.1)$$

де N – кількість світильників, шт.

S – площа освітлення, m^2

B – відстань між світильниками, м

Відстань між світильниками виводиться по формулі

$$\frac{H}{B} = \lambda \rightarrow B = \lambda \cdot H$$

де H – висота підвісу світильника, м $H = 7$ см

λ – коефіцієнт, $\lambda = 1$

$$B = \lambda \cdot H = 1 \cdot 7 = 7 \text{ см}$$

$$N = \frac{648}{7^2} = 13,2 \text{ шт.}$$

Кількість світильників вибираємо 13 штук.

Світловий потік, який необхідний для створення освітлення 150 Лк

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{100 \cdot E \cdot S \cdot z \cdot k}{N \cdot \eta} \quad (5.2)$$

де $E = 150$ Лк, $S = 648 \text{ м}^2$

$z = 1,1$ – коефіцієнт лінійного освітлення

$k = 1,5$ – коефіцієнт запасу

$N = 13$ шт.

η – коефіцієнт використання світлового потоку, залежить від ККД, кривою розподілу силу світла світильника. Для визначення η знаходимо індекс приміщення i

$$i = \frac{A \cdot B}{H(A + B)} \quad (5.3)$$

де $A = 36$ м – довжина приміщення

$B = 20,4$ м – висота приміщення

$H = 7$ м – розрахункова висота підвісу світильника

$$i = \frac{36 \cdot 20,4}{7(36 + 20,4)} = 1,8$$

$$\eta = 29$$

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{100 \cdot 150 \cdot 1,1 \cdot 648 \cdot 1,8}{13 \cdot 29} = 51049 \text{ Лм}$$

Знаючи світловий потік лампи, знаходимо за параметрами лампу.

Загальні висновки

1. В дипломному проекті розроблено технологічний процес виготовлення насадки гребного гвинта. В цьому процесі було застосовано кантувач для багаторазового кантування виробу при складанні та зварювання, а також для встановлення насадки в зручне положення для зварювальника. Розрахований привід кантувача, який дозволяє обертати насадку як з маршевою, так й з зварювальною швидкістю.
2. Запропонувати замінити механізоване зварювання зовнішньої обшивки насадки в середовищі CO_2 , на автоматичне зварювання під шаром флюсу. Для цього було обрано необхідне обладнання, зварювальні матеріали, розраховані режими зварювання. Також замінено Механізоване зварювання внутрішньої обшивки та набору з внутрішньою обшивкою в середовищі CO_2 зварювальним дротом суцільного перерізу на механізоване зварювання в середовищі газів $\text{Ar}+\text{CO}_2$ порошковим дротом. Для цього також було обрано необхідне обладнання, зварювальні матеріали, розраховані режими зварювання. Вказані заміни забезпечують отримання позитивного економічного ефекту.
3. Для автоматичного зварювання був застосований пересувний зварювальний портал з похилою площиною для переміщення автомату. Розрахунками перевірена міцність конструкції portalу.
4. Для технологічного процесу зварювання зовнішньої обшивки насадки розроблено кондуктор – кантувач.
5. Проведено дослідження мікроструктур зварного з'єднання, які підтвердили придатність з'єднання до експлуатації
6. Розроблена удосконалена технологія виробництва насадки з використанням засобів механізації та механізованих способів зварювання.
7. Представленні питання охорони праці на підприємстві, де були

проаналізовані шкідливі чинники впливу зварювання. Виконаний розрахунок місцевого освітлення.

8. Проведений розрахунок економічного ефекту, визначені показниками економічної ефективності виробництва. Річна економічна ефективність складає 224774 грн, термін окупності 0,97 року, та додаткові капіталовкладення 31465 грн.

					КР.131.6121м.00.ПЗ.	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		93

Список використаних джерел інформації

1. Войткунский Я.И., Справочник по теории корабля:Справочное пособие для высших технических учебных заведений – Л: Судостроения 1985 – 706 с
2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение:Учебник для высших учебных заведений – М: машиностроение, 1990 – 528 с
3. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции: Пособие для высших учебных заведений – М: “Высшая школа” 1983 - 178 с
4. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ под ред. Патона Б.Е. – М: Машиностроение, 1974 г – 622 с
5. Драган С.В. Голобородько Ж.Г., Сімутенков І.В. Технологія зварювання суднових корпусних конструкцій (проектування і організація)Навч. посібник під заг. ред. С. В. Драгана – Миколаїв: НУК, 2017 – 328 с
6. Лебедев Ю.М., Лебедева В.Ф., Самохин С.М. Расчёты тепловых процессов при сварке: Учеб. Пособие к выполнению курсовой работы – Николаев: НКИ, 1991 – 47 с
7. Драган С.В. Розрахунок вузлів та механізмів зварювальної оснастки– Миколаїв: НУК, 2020 – 120 с
8. Сазонов И.А., Жижко А.В. Методические указания для самостоятельной работы студентов по курсу “Сопротивления материалов”: НКИ, 1989 -30 с
9. Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. Учебное пособие для машиностроительных техникумов. – М:- Высшая школа, 1979 – 145 с
- 10.Волченко Л.Я., Верланова Л.А. Расчет технико–экономических показателей и экономическое обоснование технических решений в дипломных проектах: Метод. указания, Николаев: НКИ, 1987 – 51 с
- 11.Охрана труда в машиностроении/Под ред. Юдина Е.Я и Белова С.В. – М: Машиностроение, 1983 - 432 с.