

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

Кафедра зварювального виробництва

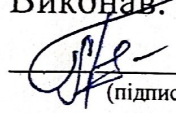
«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри зварювального
виробництва *Драган С.В.*


«*18*» *12* 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

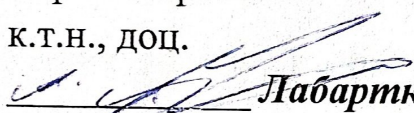
на тему: *Розробка технології складання та зварювання опори крана зі сталі О9Г2*

Виконав: студент групи 6121м


(підпис) Грідін А.О.

Керівник роботи:

к.т.н., доц.


(підпис) *Лабарткава О.В.*

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

(підпис)

«___» _____ 2024 р.

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

Студенту Грідін Андрій Олександрович

1. Тема роботи: Розробка технології складання та зварювання опори крана зі сталі О9Г2

Керівник роботи к.т.н., доцент Лабарткава Олександр Володимирович

Затверджені наказом ректора №___ від «___» _____ 2024 року

2. Термін подання роботи: _____

3. Вихідні дані по роботі: Креслення виробу, матеріал О9Г2, річна програма 2500 шт.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) 1. Аналіз конструкції та матеріалів; 2. Дослідження структури та властивостей зварних з'єднань; 3. Технологічний процес складання та зварювання опори крана; 4. Охорона праці; 5. Економічна оцінка проекту

5. Перелік презентаційних матеріалів креслення виробу, розрахунок режимів зварювання, розрахунок собівартості зварювальних робіт, розрахунок термічного циклу зварювання, послідовність зварювання конструкції.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Лабарткава О.В.	15.09.2024	
2.	Лабарткава О.В.	15.09.2024	
3.	Лабарткава О.В.	15.09.2024	
4.	Лабарткава О.В.	15.09.2024	
5.	Лабарткава О.В.	15.09.2024	

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз конструкції та можливих варіантів її виготовлення	25.11.2024	
2.	Аналіз структури і властивостей зварних з'єднань	25.11.2024	
3.	Технологічний процес складання та зварювання повітрозбірника	25.11.2024	
4.	Охорона праці	15.12.2024	
5.	Економічна оцінка проекту	15.12.2024	

Студент

(підпис)

Грідін А.О.

(ПІБ)

Керівник роботи

(підпис)

Лабарткава О.В.

(ПІБ)

Анотація

Данна кваліфікаційна робота висвітлює проблему розробки технології складання та зварювання опори крана.

Метою дослідження є розробка технології складання і зварювання, яка передбачає підвищення продуктивності праці, скорочення собівартості і підвищення якості продукції.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, 5-ти розділів основної частини, висновків та списку використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить ____ аркушів, графічна частина – 11 плакатів.

Результатами виконаної роботи є:

- здійснення аналізу існуючої технології виготовлення конструкції та способів її зварювання;
- визначення очікуваної структури зварного з'єднання та його механічних властивостей;
- дослідження мікроструктури метала зварного з'єднання;
- дослідження макроструктури та твердості метала зварного з'єднання;
- розрахунок механічних властивостей металу шва;
- розрахунок собівартості складально-зварювальних робіт при виконанні річної програми випуску рам піввагону кількістю 2500 шт;
- вирішення питань охорони праці та техніки безпеки.

Ключеві слова: опора крана, 09Г2, технологія зварювання, розрахунки, дослідження.

Annotation

This qualification work highlights the problem of developing a technology for assembling and welding a crane support.

The purpose of the research is to develop a technology for assembling and welding, which involves increasing labor productivity, reducing costs and improving product quality.

The qualification work consists of an introduction, 5 sections of the main part, conclusions and a list of used literature.

The calculation and explanatory note contains ____ sheets, the graphic part - 11 posters.

The results of the work performed are:

- analysis of the existing technology for manufacturing the structure and methods of its welding;
- determination of the expected structure of the welded joint and its mechanical properties;
- study of the microstructure of the metal of the welded joint;
- study of the macrostructure and hardness of the metal of the welded joint;
- calculation of the mechanical properties of the weld metal;
- calculation of the cost of assembly and welding work when implementing the annual program for the production of gondola frames in the amount of 2500 pieces;
- resolution of labor protection and safety issues.

Keywords: crane support, 09G2, welding technology, calculations, research.

Зміст

Вступ.....	1
Глава 1. Характеристика конструкції та матеріалу.....	1
1.1. Загальна характеристика конструкції.....	2
1.2. Характеристика основного металу.....	4
1.3 Обґрунтування способів зварювання.....	6
Висновки та завдання дипломного проекту.....	12
Глава 2. Дослідження структури та властивостей зварних з'єднань.....	1
2.1. Вибір способу зварювання.....	2
2.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів.....	2
2.3 Розрахунок режимів зварювання.....	4
2.4. Розрахунок термічного циклу.....	8
2.5. Механічні властивості зварних з'єднань.....	16
Висновки.....	19
Глава 3. Технологія складання та зварювання опори крана.....	1
3.1. Пропонована технологічна послідовність складання і зварювання опори крана.....	2
3.2. Обґрунтування вибору зварювального устаткування, його технічні характеристики.....	
3.3 Специфікація процесу зварювання.....	7
3.4 Контроль якості зварних швів.....	10
Висновки.....	15
Глава 4. Охорона праці та навколишнього середовища.....	1
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при складально- зварювальних операціях.....	2
4.2. Заходи щодо зниження впливу небезпечних і шкідливих факторів.....	5

					131.6121м зст.05.05.00ПЗ						
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата							
Студент		Грідін А.О.			Зміст				Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Лабарткава О.В.									
Консультант									НУК ім. Адм. Макарова		
Зав.кафедри		Драган С.В.									
Затв.											

4.3. Екологічна безпека.....	7
4.4. Техніка безпеки на робочому місці при роботі з обладнанням.....	8
4.5. Розрахунок системи місцевої вентиляції у закритих приміщеннях.....	9
Висновки.....	12
Глава 5. Економічна оцінка проекту.....	1
Розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску.....	2
Висновки.....	7
Загальні висновки.....	1
Список використаної літератури.....	4

					131.6121м зст.05.05.01.ПЗ			
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Студент	Грідін А.О.				Характеристика конструкції та матеріалу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Лабарткава О.В.						1	12
Консультант						НУК ім. Адм. Макарова		
Зав.кафедри	Драган С.В.							
Затв.								

ВСТУП

Сучасний етап науково-технічного прогресу пред'являє все більш високі експлуатаційні вимоги до агрегатів та вузлів. За її виробництві зварювання займає одне з провідних місць у технологічному процесі. Підвищення якості та продуктивності при виготовленні зварних конструкцій можна досягти як шляхом удосконалення та розробки нових технологічних процесів дугового зварювання, так і в результаті зростання рівня механізації та автоматизації зварювальних робіт. Найважливіша роль цьому належить розробці та освоєння у виробництві устаткування, що відповідає сучасним вимогам.

Ґрунтуючись на складній технічній ситуації, розроблений технологічний процес зварювання повинен не тільки забезпечити отримання надійного зварювального з'єднання, що відповідає всім експлуатаційним вимогам, а й допускати максимальний ступінь комплексної механізації та автоматизації всього виробничого процесу виготовлення виробу, а також бути найбільш економічно вигідним за витратою енергії, зварювальних матеріалів, витрат людської праці.

Великі перспективи у розвитку зварювального виробництва відкриває автоматизація та механізація процесів збирання зварювання.

Прогрес зварювального виробництва можливий лише в тому випадку, якщо буде вирішено весь комплекс завдань автоматизації основних заготівельних, транспортних, зварювальних інших операцій.

При впровадженні на зварювальній ділянці автоматичного та механічного обладнання, зручних для робочих пристроїв, збільшується продуктивність праці, якість продукції, відбудеться скорочення обслуговуючого персоналу.

Техніко-економічне обслуговування нового обладнання проводиться на основі якісного аналізу порівняльної економічності варіанта. Для більш успішного розвитку зварювального виробництва необхідно прискорити створення сучасних систем автоматичного управління зварювальним обладнанням.

Сучасне машинобудування, особливо його спеціальні галузь, пред'являють високі вимоги до досліджуваних матеріалів та сплавів. Поряд з високою міцністю і пластичністю, корозійною стійкістю в агресивних середовищах сплави повинні мати гарну зварюваність, тому що в кожній галузі машинобудування зварювання стало одним з провідних технологічних процесів [1,2].

1. Інженерний розділ

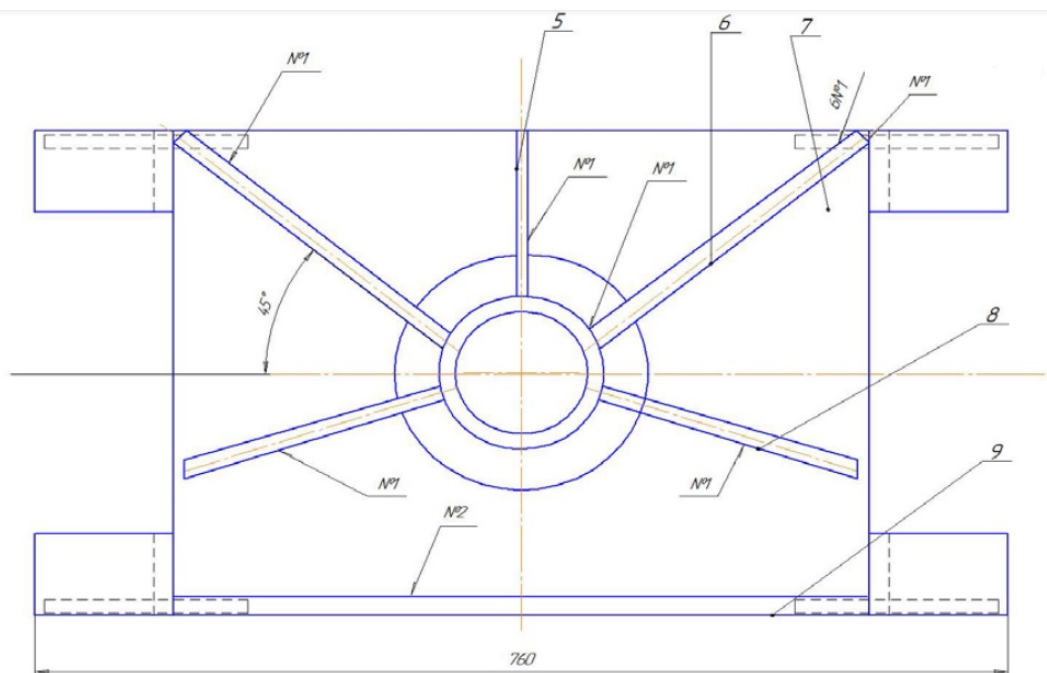
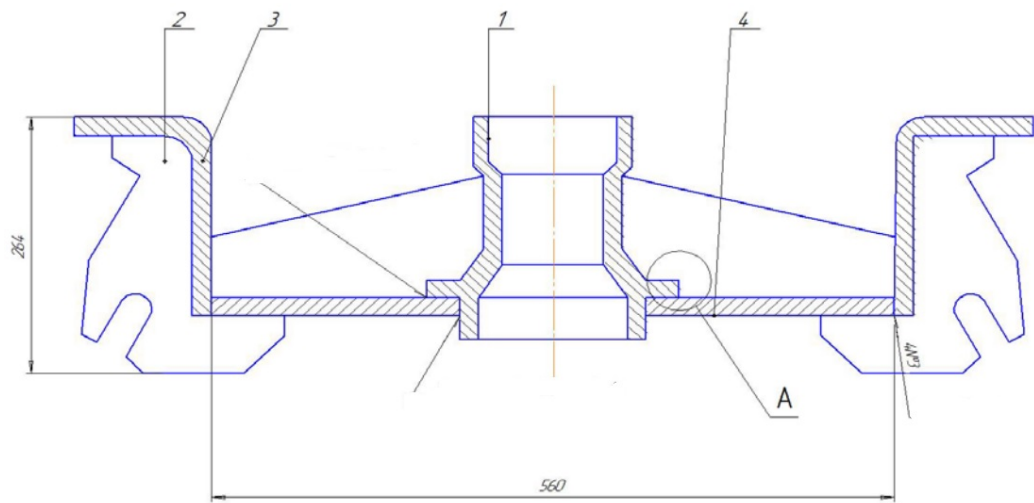
1.1. Загальна характеристика конструкції.

Опора крана (Рис.1) призначена для встановлення на ньому поворотного крана службовця для підняття виробів невеликої маси [3]. Виріб «Опора крана», надалі - Опора, відноситься до першої групи конструкцій, які є зварними конструкціями, або їх елементи, що працюють в умовах тиску на поверхні виробу або що піддаються безпосередньому впливу динамічних, вібраційних або рухомих навантажень .



а

					131.6121м зст.05.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3



б

Рис. 1 – Загальний від опори крана (а) [4] та схематичне креслення (б) опори крана: 1-Корпус; 2-Щека (4 шт); 3-Кронштейн (4 шт); 4-Плита; 5-Скоба; 6-Рібро; 7-Рібро (2 шт); 8-Рібро (2шт); 9-Рібро (2 шт)

Зм...	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

131.6121М зст.05.05.01.ПЗ

Архив

1.2. Характеристика основного металу.

Як основний метал для виготовлення основи крана використовуємо сталь марки 09Г2. Це конструкційна низьколегована сталь для зварювальних конструкцій. Хімічний склад наведено у (таблиці 1.1) [5].

Таблиця 1.1. Хімічний склад стали 09Г2

Марка	Вміст хімічних елементів. %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
09Г2	≤0.12	0.17-0.37	1.4-1.8	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.035	≤0.035

Легуючі елементи, що вводяться в сталь, змінюють її механічні, хімічні і фізичні властивості. Основна мета легування сталі полягає в одержанні високих механічних властивостей, підвищенні стійкості сталі проти крихкого руйнування і забезпечення спеціальних властивостей. Перевагою легованих сталей є можливість зниження власної ваги, що веде до економії металу і коштів [6].

За своєю структурою сталь 09Г2 належить до ферито-перлітного класу. Вуглець негативно впливає на стійкість металу шва проти кристалізаційних тріщин і з цього погляду є шкідливим. Кремній зміцнює сталь, але знижує ударну в'язкість. Марганець, у певних межах, знижує шкідливий вплив сірки, підвищує границю плинності, але при вмісті більш 1,9% погіршує пластичність. Нікель незначно зміцнює сталь, але позитивно впливає на пластичність, ударну в'язкість, збільшує опір крихкого руйнуванню. Хром позитивно впливає на холодостійкість. Ці легуючі елементи, розчиняючись у фериті і подрібнюючи перлітну складову, призводять до невеликого підвищення міцності. Тому низько леговані низько вуглецеві сталі часто називають сталями підвищеної міцності [6].

Сталь 09Г2 є марганцевистою, її важливою перевагою є більш висока міцність зварних з'єднань при знакозмінних та ударних навантаженнях, чим в інших низьколегованих низько вуглецевих сталях [6].

Для оцінки зварюваності стали 09Г2 застосовуємо формулу [7]:

					131.6121м зст.05.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

$$C_{\text{екв}} = C + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{V}/5 + \text{Mo}/4 + \text{Ni}/15 + \text{Cu}/13 + \text{P}/2;$$

$$C_{\text{екв}} = 0,12 + 1,4/6 + 0,3/5 + 0,3/15 + 0,3/13 = 0,45\%.$$

Так як $C_{\text{екв}} \approx 0,45\%$, то можна зробити висновок про те, що дана сталь має гарну зварюваність, це робить можливим застосування різних способів зварювання з відсутністю попереднього підігріву.

Таблиця 1.2. Механічні властивості сталі 09Г2 [6]

Марка сталі		09Г2
Механічні властивості при	Тимчасовий опір R_m , МПа	441
	Границя плинності R_e , МПа	310
	Відносне подовження δ , %	21
Випробування на ударний вигин	Температура випробувань, °С	+20
	Робота удару для поздовжніх зразків $\min KVL$, Дж	-
	Робота удару для поперечних зразків $\min KVT$, Дж	-
	KCU, Дж/см ²	65

1.3 Обґрунтування способів зварювання.

До основних способів, які досить широко застосовуються у виробництві зварних конструкцій, відносять: ручне дугове зварювання (Е), механізоване та автоматизоване в CO_2 (УП), плавким електродом в інертних газах (ІП), автоматичне під флюсом (Ф), електрошлакове (Ш), газове (Г), та аргонодугове (ІН), плазмовою дугою (П) [7,8,9,10,11].

Під час визначення способу зварювання опираємося на фактори, які мають безпосередній вплив на процес зварювання [7,8,9,10,11]:

- хімічний склад матеріалу;
- товщина;
- положення під час зварювання;
- конфігурація з'єднання та довжина швів;
- програма випуску виробу, тип виробництва, тощо.

Під час виготовлення конструкції із сталі 09Г2 можна використовувати практично усі типові способи зварювання.

Розглянемо декілька можливих способів зварювання конструкції елементів опори крана, після аналізу яких виникне можливість вибрати спосіб, який найбільше підходить для виготовлення даної конструкції.

Ручне зварювання покритими електродами. Під час зварювання покритими електродами коефіцієнт наплавлення, який характеризує його продуктивність, що виражається кількістю збільшення маси металу шва за рахунок надходження в нього розплавленого металу, складає $\alpha_n = 7-14 \text{ г/А}\cdot\text{г}$ проти $\alpha_n = 14-20 \text{ г/А}\cdot\text{г}$ у разі зварювання під флюсом і $\alpha_n = 12-24 \text{ г/А}\cdot\text{г}$ у разі зварювання у вуглекислому газі.

Ручне зварювання покритими електродами проводиться присадними дротами діаметром 1...10 мм, з яких частіше інших застосовуються електроди діаметром 3...6 мм на струмах 200...350 А з його щільністю 10...18 А/мм².

У той же час більш продуктивне зварювання під флюсом проводиться в основному дротами діаметром 2...6 мм на струмах 200...1200 А з щільністю 35...125 А/мм². Підвищення швидкості плавлення металу у разі ручного зварюванні за рахунок збільшення діаметрів присадного дроту і струму в багатьох

					131.6121м зст.05.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

випадках є небажаним, тому що у цьому разі порушуються нормальні співвідношення кількості розплавленого основного й електродного металів, що погіршує формування шва, утворює прожоги деталей з тонколистового прокату, утрудняє зварювання швів у вертикальному і стельовому положеннях.

Ручне зварювання відноситься до досить трудомістких способів, тому що у разі його здійснення на поверхні рідкої ванни завжди знаходиться визначений об'єм шлаку, наявність якого ускладнює одержання постійної по довжині з'єднання глибини провару основного металу й одержання гарного формування шва [8,9,10,11].

З цих причин ручне зварювання штучними електродами завжди проводиться робітниками більш високої кваліфікації. Крім того, через нестабільну глибину провару кутові шви, що зварюються цим способом, приймаються трохи з великими катетами, чим аналогічні шви, що зварюються автоматично [8,9,10,11].

Ручне зварювання штучними електродами, незважаючи на високу універсальність, маневреність і відносно низькі капітальні витрати, володіє недоліками, які у разі значних об'ємів її застосування негативно впливають на показники виробництва зварних конструкцій.

Механізовані способи зварювання суцільним і порошковим дротами в захисних газах. Вони відносяться до способів, що у даний час найбільш інтенсивно витісняють ручне зварювання штучними електродами. В основному вони проводяться в середовищі вуглекислого газу з метою поліпшення формування зовнішнього вигляду, деякого підвищення продуктивності і значного зменшення розбризкування.

Зварювання суцільним дротом виконується в сумішах $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ чи $\text{CO}_2 + \text{Ar} + \text{O}_2$.

У ряді випадків зварювання порошковим дротом виконується без вуглекислого газу самозахисними дротами. Під час виготовлення зварних конструкцій перевага віддається механізованому зварюванню в захисних газах. Воно має наступні основні достоїнствами. Процес зварювання виконується з

					131.6121м зст.05.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

високим ступенем концентрації енергії дуги, що збільшує глибину провару з'єднань, що зварюються, а з урахуванням підвищених швидкостей зварювання створює відносно невелику зону структурних перетворень і викликає менші деформації конструкцій [8,9,10,11].

У разі механізованого зварювання можна виконувати шви без перерви, Така техніка зварювання скорочує кількість зупинок, у цьому разі відпадає необхідність додаткових заварок кратерів, що з меншими трудовими витратами дозволяє одержувати з'єднання з більш високою продуктивністю і меншою витратою електродного дроту. Через відсутність на поверхні рідкої ванни розплавленого шлаку техніка формування звареного шва, особливо під час зварювання суцільним дротом, виявляється трохи простіше, ніж у разі зварювання покритими електродами [8,9,10,11].

Поряд з визначеними достоїнствами, механізовані способи зварювання суцільним і порошковим дротами володіють і деякими недоліками. До найбільш істотних з них можна віднести необхідність газового захисту рідкої ванни і зони горіння дуги від попадання в них повітря атмосфери. У порівнянні з ручним зварюванням штучними електродами, ці способи характеризуються меншою маневреністю через зв'язок зварювального пальника з механізмом напівавтомата, що подає зварювальний дріт, і меншою доступністю до стиснутих місць у зварних конструкціях [12,13].

Якщо розглядати зварювання в захисних газах суцільним дротом, що звичайно проводять на зворотної полярності дротами діаметром 1,2...1,6 мм, то під час його виконання в чистому вуглекислому газі втрати дроту на розбризкування і чад можуть досягати 10...12 % [12,13].

Це не тільки знижує ефективність цього способу, але і погіршує формування швів, викликає додаткові трудові витрати на очищення від бризів поверхонь виробу і сопла зварювального пальника. Тому механізоване зварювання суцільним дротом роблять у сумішах $Ag + (10-20 \%) CO_2$ чи $75\% Ag + 20 \% CO_2 + 5 \% O_2$, що знижує втрати дроту на розбризкування до 2,5...5,0 %.

Існують і інші міри боротьби з розбризкуванням: застосування джерел живлення з визначеними динамічними властивостями; виконання зварювання з оптимальною швидкістю; підтримка сталості довжини дуги за рахунок стабілізації напруги джерела живлення, швидкості подачі дроту і вильоту електрода; очищення дроту від іржі, прожарювання її за температури 200...250° С протягом 2 год. виконання зварювання імпульсною дугою [12,13].

Якщо виходити з техніки зварювання, продуктивності і трудомісткості механізованих способів зварювання, то у всіх випадках доцільно їх застосовувати замість ручного зварювання штучними електродами.

У цьому разі в умовах заводського виготовлення зварних конструкцій, і зокрема в машинобудуванні, коли в основному випускаються однотипні конструкції достатньої серійності, механізовані способи зварювання можуть цілком витиснути зварювання штучними електродами. У даних умовах воно може залишитися тільки під час зварювання швів у важкодоступних місцях конструкцій, а також у разі виготовлення конструкцій зі спеціальних сталей.

У заводських умовах зварювання в захисних газах суцільним дротом є незамінним процесом під час виготовлення конструкцій з тонколистових деталей і заготовок.

Автоматичні способи зварювання плавким електродом. З цих способів найбільше широко застосовується дугове зварювання суцільним дротом під флюсом і в захисних газах [12,13].

У разі частково автоматичних способах зварювання, як мінімум, механізуються операції по подачі електродного дроту в зону зварювання, її переміщенню уздовж шва, що зварюється, подачі захисного газу, флюсу (у залежності від застосовуваного способу зварювання).

В другому випадку механізуються й автоматично виконуються всі операції, що супроводжують зварюванню. Виключення може складати тільки включення вручну автомата в роботу.

Треба відзначити, що у виробництві зварних конструкцій необхідні способи і відповідне устаткування з різним рівнем механізації й автоматизації операцій,

					131.6121м зст.05.05.01.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

що відносяться до здійснення процесу зварювання. Ця потреба викликана різною ефективністю застосування кожного виду устаткування в конкретних умовах, не тільки конструктивними особливостями виробів, що підлягають виготовленню, але і їхньою серійністю, вимогами до них і їхньому виробництву.

Автоматичні способи зварювання електродом, що плавиться, більш продуктивні, чим зварювання покритими електродами і механізовані способи зварювання суцільним і порошковим дротами. У разі їхнього використання зварені з'єднання мають високу якість. Висока продуктивність автоматичних дугових способів досягається завдяки можливості їхнього виконання на більш підвищених режимах зварювання, і в першу чергу зварювального струму [12,13].

Забезпечення стабільності якості з'єднань під час автоматичного зварювання досягається внаслідок автоматичного виконання плавлення і формування з'єднання, що зварюється.

Висновки та завдання дипломного проекту:

Технологія для зварювання та складання опори крана, що розробляється в даному проекті, повинні забезпечувати не тільки отримання надійних зварних з'єднань, що відповідають усім вимогам, але й допускати максимальний ступінь механізації та автоматизації всього виробничого процесу виготовлення виробу.

Об'єктом розроблення є технологічний процес виготовлення виробу.

Предметом розробки є процес збирання та зварювання.

Метою роботи є розробка технологічного процесу складання та зварювання виробу «Опора крана».

Завданнями проекту є:

- Вибір зварювального матеріалу виробу,
- Визначення зварюваності матеріалу,
- Вибір зварювального обладнання та зварювальних матеріалів,
- Розрахунок режимів зварювання,
- Розрахунок властивостей зварних з'єднань,
- Дослідження структури зварного з'єднання,
- Економічне обґрунтування проекту.

Таким чином, у дипломному проекті в технологічній частині на основі аналізу базового варіанту буде розроблено проектований варіант технологічного процесу виготовлення опори крана, що включає механізоване зварювання в сумішних газах; в економічній частині – наведено техніко-економічне обґрунтування даної розробки; методична частина – присвячена проектуванню програми перепідготовки зварювальників, які можуть здійснювати спроектовану технологію виробництва.

					131.6121м зст.05.05.02.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Дослідження структури та властивостей зварних з'єднань		
Студент	Грідін А.О.						
Керівник	Лабарткава О.В.						
Консультант							
Зав.кафедри	Драган С.В.						
Затв.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	18
					НУК ім. Адм. Макарова		

2.1. Вибір способу зварювання.

Розглянемо фактори, які визначають спосіб зварювання елементів опори крана: перший фактор-зварювальний матеріал-сталь 09Г2.

Для цього матеріалу із запропонованих способів підходять всі способи (матеріал – з гарною зварюваністю). Найбільша перевага віддається таким способам: ручне дугове зварювання (Е), механізоване та автоматизоване в CO_2 (УП), автоматичне під флюсом (Ф), Вони і залишаються для подальшого аналізу.

Другий фактор – товщина матеріалу ($S = 6 \text{ мм}$).

Для цих товщин доцільно використовувати механізоване та автоматизоване зварювання в CO_2 (УП), яке забезпечує гарну якість шву та є більш продуктивним порівняно з ручним зварюванням покритим електродом (Е).

Третій фактор (група факторів) – положення зварювання, програма випуску, конфігурація швів.

Конструкція зварюється в заводських умовах, у зручному нижньому положенні, шви - доступні, по класифікації довжин шви відносяться до коротких та довгих. Під час серійного випуску опори крана із способів, що залишилися, можна виключити ручне дугове зварювання покритим електродом (Е), як найбільш непродуктивний та дорогий спосіб.

Із багатьох можливих способів зварювання для виготовлення конструкції обираємо механізоване зварювання в середовищі захисних газів, а саме в $\text{Ar} + \text{CO}_2$, цей спосіб є найбільш доцільним з технологічних і економічних умов для виготовлення опори крана [8,12,13].

2.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

На механічні і фізико-хімічні властивості металу шва істотно впливає його хімічний склад. Тому для одержання властивостей, що задовольняють вимогам надійності і якості конструкцій дуже важливим є правильний вибір зварювальних матеріалів.

Першою умовою при виборі зварювальних матеріалів для зварювання низьковуглецевих і низьколегованих сталей є одержання щільних безпористих швів. Основною причиною пороутворення є насичення металу шва воднем і азотом, і уповільнення реакції окислювання вуглецю в період кристалізації

зварювальної вагини.				131.6121м зст.05.05.02.ПЗ		Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис			2

Другою умовою при виборі зварювальних матеріалів є одержання металу шва, що має високу технологічну міцність, тобто неохильність до утворення гарячих тріщин.

Третьою умовою є одержання металу шва з необхідною експлуатаційною міцністю.

Четвертою умовою є низька вартість і доступність зварювальних матеріалів.

Для зварювання опори крана застосовуємо механізоване зварювання в суміші газів. Цей спосіб має ряд переваг і дозволяє виконати зварювання в різних просторових положеннях. Для зварювання застосовують суміш газів 82% Ar + 18 % CO₂, чистота не нижче 99,5 %, ГОСТ 8050-80. При зварюванні відбувається вигорання легкоокисних елементів, причому з електродного дроту елементи вигорають більш інтенсивно, ніж з основного металу. Вигорання компенсується правильним підбором зварювального дроту, підвищенням змістом розкислювачів, що знижує ймовірність виникнення пор у зварному шві. Цим умовам відповідає зварювальний дріт Св-08Г2С, що поставляється за ГОСТ 224670, хімічний склад приведено у таблиці 3.2 [7].

Таблиця 3.2 Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С

Марка дроту	Зміст елементів, %						
	C	Mn	Si	Ni	Cr	S	P
Св-08Г2С	0,05...0,11	1,80...2,10	0,70...0,95	0,25	0,2	0,025	0,03

2.3 Розрахунок режимів зварювання

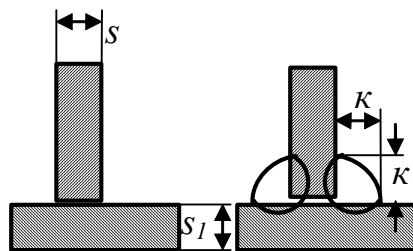
Зварювальний режим – це сукупність характеристик зварювального процесу, що забезпечують отримання зварного шву необхідної форми, розмірів та якості.

До зварювального режиму у разі зварювання автоматом в середовищі захисного газу відносять:

- глибину провару h ;
- діаметр електродного дроту $d_{\text{д}}$;
- катет шву $K_{\text{ш}}$;
- зварювальний струм $I_{\text{зв}}$;
- зварювальна напруга $U_{\text{зв}}$;
- швидкість подачі зварювального дроту $V_{\text{под.пр}}$;
- швидкість зварювання $V_{\text{зв}}$;
- витрати захисного газу $q_{\text{з.г}}$.

Проводимо розрахунок режиму зварювання під час виготовлення опори крану [11].

Розрахунок режиму зварювання за ГОСТ 14771-76 Т3 (рис. 2.1).



$S=6 \text{ мм}$; $S1=6 \text{ мм}$; $k = 4 \text{ мм}$; $b=0+1$;

Рис. 2.1. Вид з'єднання і конструктивні розміри зварного таврового шва (ГОСТ 14771-76, Т3)

Товщини деталей, що з'єднуються $s=6 \text{ мм}$. Приймаємо катет шву 4 мм . Шви катетом 4 мм отримують при використуванні електродного дроту діаметром $1,2 \text{ мм}$.

Знаючи катет шва визначаємо площу поперечного перерізу наплавленого металу за формулою :

$$F_i = k^2/2 = 4^2/2 = 8 \text{ мм}^2$$

де k - катет кутового шва.

Величину зварювального струму при виконанні швів таврових з'єднань визначають з необхідності одержання задовільного формування.

Припустима щільність струму у електродному дроті сягає $j = 110 \text{ А/мм}^2$

$$I_{зв} = (\pi d_{эл}^2 / 4) \cdot j = (3,14 \cdot 1,44^2 / 4) \cdot 110 = 124 \text{ А.}$$

приймаємо $I_{зв} = 125 \text{ А.}$

Визначаємо оптимальну напругу дуги:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_e}} \cdot I_{зв} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 125 \pm 1 = 25,7 \pm 1 \text{ В,}$$

приймаємо напругу $U_d = 26 \text{ В.}$

Швидкість зварювання $V_{зв}$ залежить від площі наплавленого шару F_i (мм²) і коефіцієнта наплавлення α_n для зварювання у вуглекислому газі дротом суцільного перерізу $\alpha_n = 19 \text{ г/А} \cdot \text{год}$ розраховується як:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot F_i}, \text{ м/год.},$$

де α_n – коефіцієнта наплавлення для зварювання у вуглекислому газі дротом суцільного перерізу $\alpha_n = 19 \text{ г/А} \cdot \text{год.}$

$$V_{зв.} = (19 \cdot 125) / (7,8 \cdot 8) = 38 \text{ м/год} = 1,06 \text{ см/с.}$$

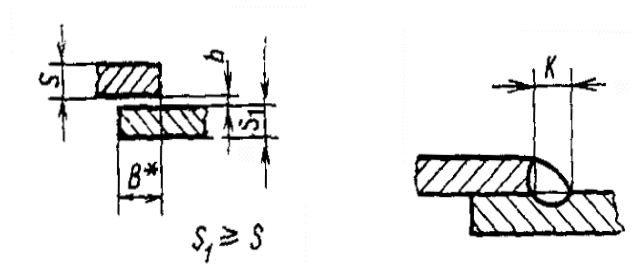
Погонна енергія:

$$q_n = \frac{I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{зв}}, \text{ Дж/см,}$$

де η – ефективний ККД процесу нагріву (для механізованого зварювання у захисних газах $\eta = 0,7 \dots 0,75$)

$$q_n = (125 \cdot 26 \cdot 0,75) / 1,06 = 2300 \text{ Дж/см.}$$

Розрахунок режиму зварювання листів обшивки товщиною 6,0 мм приведений нижче. Розглядається напусткове з'єднання Н1 відповідно ГОСТ 14771-76 (рис. 2.2)



$S=3 \text{ мм} ; S_1= 3\text{мм}; b = 0+1,0 \text{ мм}, k=3,0 \text{ мм}$

Рис 2.2. З'єднання внапусток Н1 по ГОСТ 14771-76

Катет зварного шва, рекомендований додатком 1 по ГОСТ 14771-76 для металу з границею плинності до 450 МПа, $k = 3 \text{ мм}$.

У разі катета шва 3 мм під час з'єднання внапусток шва вибираємо зварювальний дріт діаметром 1,2: $d_d = 1,2 \text{ мм}$.

Знаючи катет шва визначаємо площу поперечного перерізу наплавленого металу за формулою :

$$F_i = k^2/2 = 3^2/2 = 4,5 \text{ мм}^2$$

де k - катет кутового шва.

Величину зварювального струму при виконанні швів таврових з'єднань визначають з необхідності одержання задовільного формування.

Припустима щільність струму у електродному дроті сягає $j = 100 \text{ А/мм}^2$

$$I_{зв} = (\pi d_{эл}^2 / 4) \cdot j = (3,14 \cdot 1,44 / 4) \cdot 100 = 113 \text{ А}.$$

приймаємо $I_{зв} = 110 \text{ А}$.

Визначаємо оптимальну напругу дуги:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_e}} \cdot I_{зв} \pm 1 = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 110 \pm 1 = 25 \pm 1 \text{ В},$$

приймаємо напругу $U_d = 25 \text{ В}$.

Швидкість зварювання $V_{зв}$ залежить від площі наплавленого шару F_i (мм²) і коефіцієнта наплавлення α_n для зварювання у вуглекислому газі дротом суцільного перерізу $\alpha_n = 19$ г/А·год розраховується як:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot F_i}, \text{ м/год.},$$

де α_n – коефіцієнта наплавлення для зварювання у вуглекислому газі дротом суцільного перерізу $\alpha_n = 19$ г/А·год.

$$V_{зв.} = (19 \cdot 110) / (7,8 \cdot 4,5) = 60 \text{ м/год} = 1,65 \text{ см/с.}$$

Погонна енергія:

$$q_n = \frac{I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{зв}}, \text{ Дж/см,}$$

де η – ефективний ККД процесу нагріву (для механізованого зварювання у захисних газах $\eta = 0,7 \dots 0,75$)

$$q_n = (110 \cdot 25 \cdot 0,75) / 1,65 = 1250 \text{ Дж/см.}$$

Усі режими на використовувані типи зварних з'єднань наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Режими зварювання ГОСТ 14771-76

№	Тип з'єднання	F_i	катет, мм	$I_{зв}$, А	U_d , В	$V_{зв}$ см/с	q_n , Дж/см
1	ТЗ-Δ4	8	4	125	26	1,06	2300
2	Н1-Δ3	4,5	3	110	25	1,65	1250

2.4. Розрахунок термічного циклу

Розрахунок зварювального термоциклу виконується обов'язково, тому що термоцикл впливає на структуру і фізико-механічні властивості зварного шва і ЗТВ.

Якщо проплавлення металу здійснюється на всю товщину (стикове з'єднання, що зварюється за 1 – 2 проходи), то тіло розглядається як пластина, у протилежному випадку – як масивний виріб. При виконанні кутових швів та наплавлювальних роботах як розрахункова схема тіла також вибирається масивний виріб [11,14].

При механізованих способах зварювання швидкість переміщення зварювального джерела досить велика (порівняно з ручним зварюванням), отже можна знехтувати розповсюдженням тепла уздовж напрямку руху джерела тепла. Розрахункові формули при цьому значно спрощуються. Так, при наплавленні на масивний виріб розрахунок температури в часі в будь-якій точці тіла виконується по формулі

$$T(r_0, t) = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \nu \cdot t} \cdot e^{\frac{-r_0^2}{4at}} + T_0 ,$$

де t – час, що відраховується з того моменту, коли джерело перетинає площину, в якій знаходиться точка, що розглядається і має координати y_0, z_0 ; $r_0 = \sqrt{y_0^2 + z_0^2}$ – відстань в площині, що розглядається від обраної точки до вісі переміщення джерела;

q – ефективна теплова потужність дуги;

T_0 – температура підігріву = 0;

$a = \lambda / c\gamma$ – коефіцієнт температуропровідності = 0,08 см³/з;

λ – коефіцієнт теплопровідності, що для низьковуглецевих і низьколегованих сталей дорівнює:

$\lambda = 0,38 - 0,42$ Дж/(см*с*К) ;

$c\gamma$ – об'ємна теплоємність, $c\gamma = 4,9 - 5,2$ Дж/(см³ *К).

Знайдемо ефективну теплову потужність дуги для з'єднання ГОСТ 14771-76 ТЗ-Δ4:

$$q = I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta = 125 \cdot 26 \cdot 0,75 = 2438 \text{ Дж/с.}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,736 q}{\pi c \gamma \nu_H T_M}} = \sqrt{\frac{0,736 \cdot 2438}{3,14 \cdot 5 \cdot 1,06 \cdot 1350}} = 0,28 \text{ см}$$

Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,28$ см представлена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,28$ см

$t, \text{с}$	$T, ^\circ\text{C}$
0,5	2989
0,6	2296
0,7	1856
0,8	1555
0,9	1336
1	1170
1,1	1040
1,2	936
1,3	850
1,4	779
1,5	719
1,6	667
1,7	622
1,8	583
1,9	548
2	517
2,1	490
2,2	465
2,3	443
2,4	423
2,5	404
2,6	387
2,7	371
2,8	357
2,9	344
3	331
3,5	281
4	243
4,5	215
5	192
5,5	174
6	159

Знайдемо ефективну теплову потужність дуги для з'єднання ГОСТ 14771-76

Н1-Δ3:

$$q = I_{зв} \cdot U_d \cdot \eta = 110 \cdot 25 \cdot 0,75 = 2063 \text{ Дж/с.}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,736 q}{\pi c \gamma v_H T_M}} = \sqrt{\frac{0,736 \cdot 2063}{3,14 \cdot 5 \cdot 1,65 \cdot 1350}} = 0,21 \text{ см}$$

Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,21$ см представлена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Зміна температури в часі в точці $r_0 = 0,21$ см

$t, \text{с}$	$T, ^\circ\text{C}$
0,5	1311
0,6	1044
0,7	866
0,8	739
0,9	645
1	571
1,1	513
1,2	465
1,3	426
1,4	392
1,5	364
1,6	339
1,7	318
1,8	299
1,9	282
2	267
2,1	253
2,2	241
2,3	230
2,4	220
2,5	210
2,6	202
2,7	194
2,8	187
2,9	180
3	174
3,5	148
4	129
4,5	114
5	102
5,5	93
6	85

За отриманими даними будуюмо графік термічного циклу. Після цього криву охолодження (починаючи з температури A_{c3}) наносимо на діаграму термокінетичного розпаду аустеніту сталі 09Г2.

Температура A_{c3} розраховується за формулою:

$$A_{c3} = 912 - 370C - 27,4Mn + 27,3Si - 6,35Cr - 32,7Ni + 95,2V + 190Ti + \\ + 72Al + 64,5Nb + 5,57W + 332S + 276P + 485N + 16,2C * Mn900B + \\ + 32,3C * Si + 15,4C * Cr + 48C * Ni + 4,32Si * Cr - 17,3Si * Mo - 18,6Si * Ni + \\ + 1,8Mn * Ni + 9,9 + Mo * V + 174C^2 + 2,46Mn^2 - 6,86Si^2 + 0,32Cr^2 + \\ + 9,9Mo^2 + 1,24Ni^2 - 60,2V^2.$$

$$A_{c3} = 912 - 370 * 0,1 - 27,4 * 1,5 + 27,3 * 0,75 - 6,35 * 0,232,7 * 0,25 + 332 * 0,04 + \\ + 276 * 0,035 + 32,3 * 0,1 * 0,75 + 15,4 * 0,1 * 0,2 + 48 * 0,1 * 0,25 * 4,32 * 0,75 * 0,25 - \\ - 18,6 * 0,75 * 0,25 + 1,8 * 1,5 * 0,25 + + 174 * 0,01 + 2,46 * 2,25 - \\ - 6,86 * 0,5625 + 0,32 * 0,04 + 1,24 * 0,0625 = 872^{\circ}C$$

Графік залежності $T=f(t)$ зварного термічного циклу наведений на рис.2.1.

Діаграма термічного перетворення аустеніту сталі 09Г2 наведена на рис.2.2.

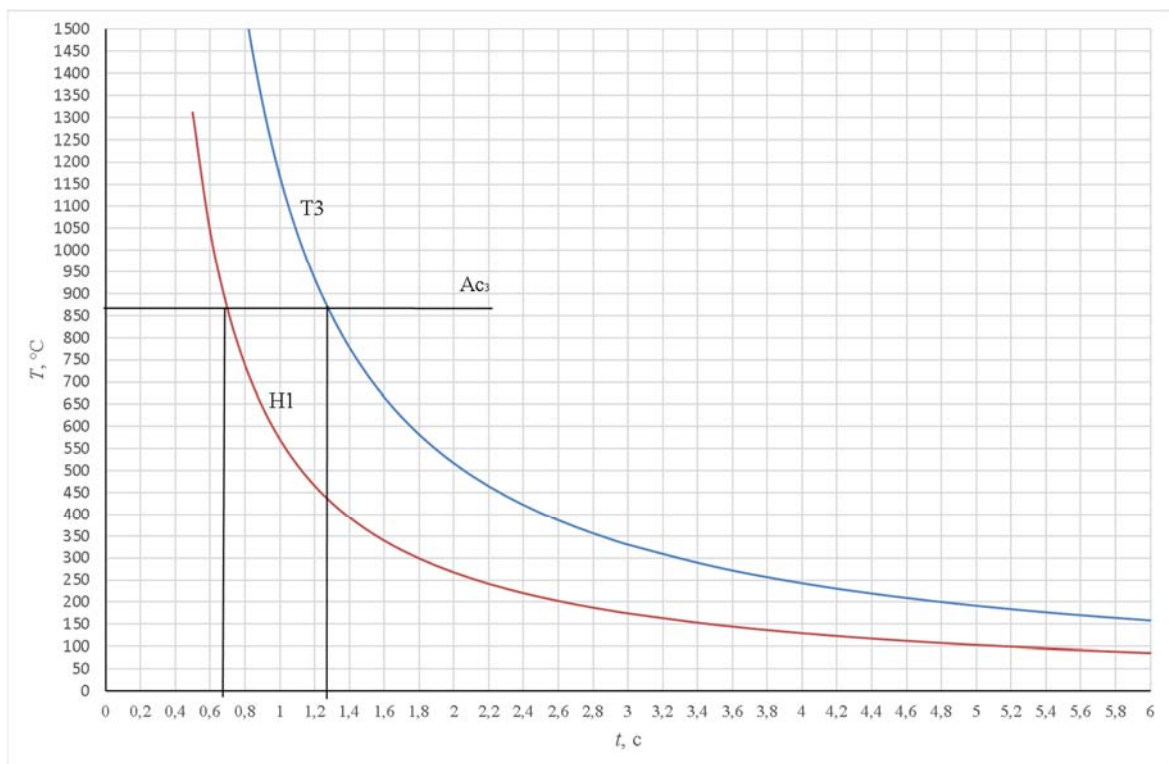


Рис.2.1. Графік залежності $T=f(t)$ зварних термічних циклів

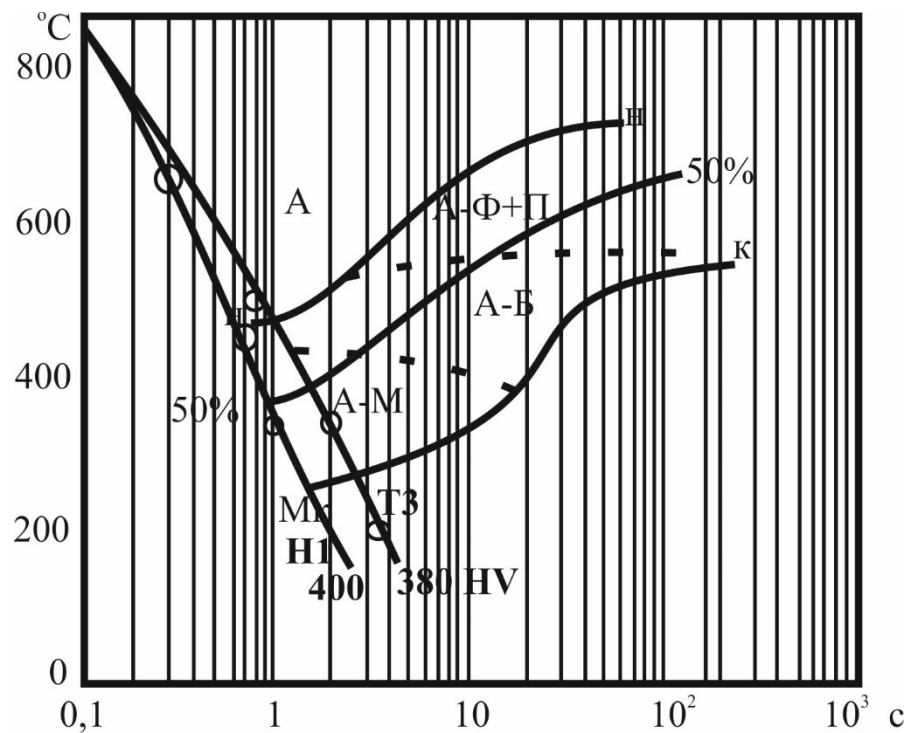
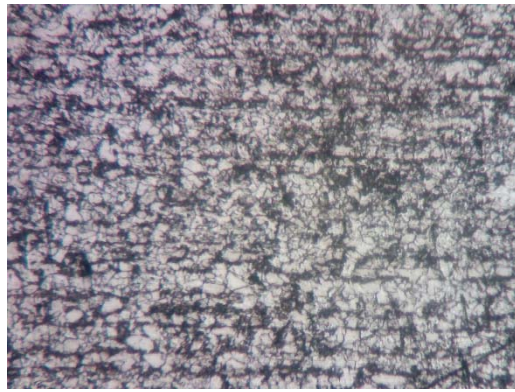


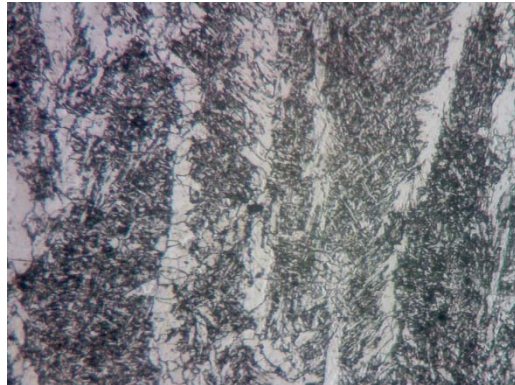
Рис.2.2. Діаграма термокінетичного перетворення аустеніту сталі 09Г2:

Розрахунок термічного циклу для сталі 09Г2 визначено, що в металі шва утворюється 90...95% мартенситу та 5...10% (Ф+П) структура і твердість 370...400 НВ, шов буде мати гарну міцність і пластичність.

Для підтвердження розрахункових даних було проведення дослідження мікроструктури на мікроскопі Неофот-21 та твердості металу зварного з'єднання (НВ₅) за допомогою твердоміру ТП-2. Результати дослідження мікроструктури представлені на рис. 2.3, 2.4. Макроструктура зварного таврового з'єднання та твердість представлені на рис. 2.5.



a



б

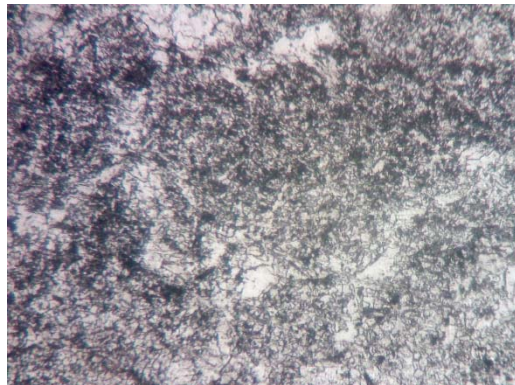


Рис.2.3. Результати дослідження мікроструктури металу напускового зварного з'єднання сталі 09Г2 (ГОСТ 14771-76 Н1-Δ3): ***a*** – основний метал, ***б*** – метал шва, ***в*** – ЗТВ; х200 (при друку зменшено в 3 рази)



a

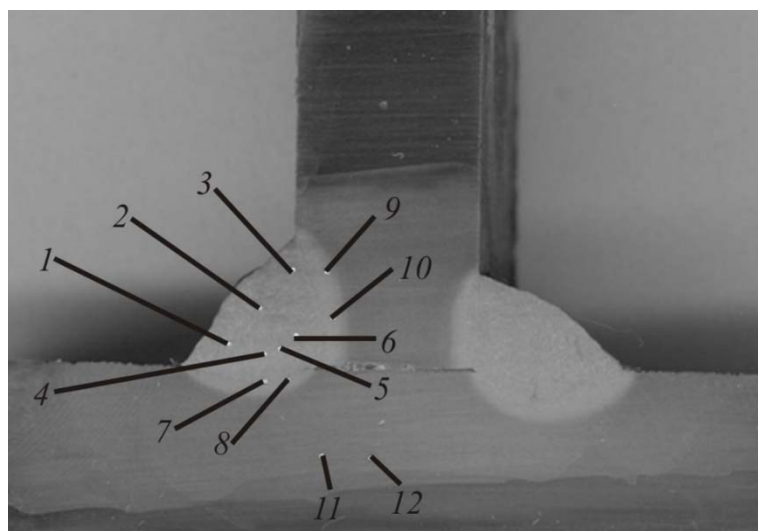


б



в

Рис.2.4. Результати дослідження мікроструктури зварного таврового з'єднання сталі 09Г2 (ГОСТ 14771-76 ТЗ-Δ4): ***a*** – основний метал, ***б*** – метал шва, ***в*** – ЗТВ; x200 (при друку зменшено в 3 рази)



a

Твердість HV ₅								
Метал шва			ЗТВ			Основний метал		
1	350	351	7	285	287	11	164	164
2	361		8	285		12	164	
3	350		9	287				
4	348		10	289				
5	347							
6	348							

Рис.2.5. Результати дослідження макроструктури та твердості метала зварного таврового з'єднання сталі 09Г2: *a* – макроструктура таврового з'єднання сталі 09Г2; *б* – розподіл твердості

2.4. Механічні властивості зварних з'єднань

Міцність і надійність зварного з'єднання залежать від його форми і співвідношення механічних властивостей метала шва.

Необхідно враховувати дію наступних технологічних факторів: часткову участь основного металу у формуванні шва і його хімічний склад; тип і хімічний склад зварювальних матеріалів; метод і режим зварювання; тип з'єднання і число проходів (шарів) у зварному шві; розміри зварного з'єднання; величину пластичних деформацій розтягу в металі шва при його охолодженні.

Вплив елементів, що входять до основного металу, який бере участь в утворенні шва, може бути значним і не враховувати цього впливу не можна.

Роль хімічного складу зварювальних матеріалів очевидна - підбором зварювальних матеріалів можна регулювати хімічний склад і механічні властивості метала шва в самих широких межах.

Метод зварювання визначає тип захисту, її хімічну активність, а режим зварювання змінює частку основного металу. Обсяг рідкого флюсу, що бере участь у хімічних реакціях, що природно, впливає на хімічний склад металу шва і його властивості.

Тип з'єднання і число шарів впливають на хімічний склад метала шва, тому що вони визначають часткову участь зварювальних матеріалів у формуванні шва і характер хіміко-металургійних процесів у зоні зварювання.

При зварюванні низьковуглецевих сталей звичайними методами хімічний склад метала шва, що характеризується еквівалентним змістом вуглецю $C_{\text{екв}}$, значно відрізняється від хімічного складу основного металу, що характеризується також еквівалентним вмістом вуглецю $C_{\text{екв}}$.

Для цієї сталі $C_{\text{екв.осн.}} = 0,21 - 0,35\%$ і $C_{\text{екв.ш.}} = 0,20 \div 0,30\%$.

Механічні властивості металу шва залежать в основному тільки від швидкості його охолодження і пластичних деформацій розтягу, що виникають у металі шва при його остиганні. Для легованих сталей необхідно більш точно враховувати хімічний склад металу шва [15,16].

Безпосереднє визначення механічних характеристик металу шва дозволило встановити коефіцієнт впливу кожного елемента і скласти емпіричні рівняння для розрахунку очікуваних механічних характеристик металу зварених низьколегованих швів у наступному виді:

для тимчасового опору шва, МПа:

$$\sigma_{\text{вш}} = 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17,5Si + 23,9Cr + 7,7Ni + 8W + 70Ti + 17,6Cu + 29Al + 16,8Mo;$$

для відносного подовження шва, %:

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,8C + 15Mn + 4,9Si + 5,8Cr + 2,4Ni + 2,2W + 6,6Ti + 6,2Cu) + 17,1Al + 2,7Mo$$

для ударної в'язкості шва, при $T=20^{\circ}\text{C}$; Дж/м² :

$$\alpha_{\text{нш}} = 23,3 - (25,7C + 6,4Mn + 8,4Si + 2,4Cr + 1,6Ni + 0,5W + 15,4Ti + 4Cu + 18Al + 1,4Mo)$$

для границі плинності шва:

$$\sigma_{\text{тш}} = 0,73\sigma_{\text{вш}}$$

для відносного поперечного звуження:

$$\psi = 2,32 \delta_{\text{ш}}$$

Для зварювання низьколегованої сталі 09Г2 механізованим зварюванням дротом Св-08Г2С розраховуємо механічні властивості шва.

Склад зварювального дроту Св-08Г2С:

Марка дроту	Зміст елементів, %						
	C	Mn	Si	Ni	Cr	S	P
Св-08Г2С	0,05...0,11	1,80...2,10	0,70...0,95	0,25	0,2	0,025	0,03

Вибираємо $C=0,1\%$; $Mn=1,9\%$; $Cr=0,2\%$; $Ni=0,25\%$; $Si=0,8\%$.

Тоді по формулі розраховуємо $\sigma_{\text{вш}}$:

$$\sigma_{\text{вш}} = 4,8 + 50 \cdot 0,1 + 25,2 \cdot 1,9 + 17,5 \cdot 0,8 + 23,9 \cdot 0,2 + 7,7 \cdot 0,25 = 78,5 \text{ кгс/мм}^2 = 770 \text{ МПа}$$

Розраховуємо $\delta_{\text{ш}}$:

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,8 \cdot 0,1 + 15 \cdot 1,9 + 4,9 \cdot 0,8 + 5,8 \cdot 0,2 + 2,4 \cdot 0,25) = 14 \%$$

Визначаємо $\alpha_{\text{нш}}$:

$$\alpha_{\text{нш}} = 23,3 - (25,7 \cdot 0,1 + 6,4Mn \cdot 1,9 + 8,4 \cdot 0,8 + 2,4 \cdot 0,2 + 1,6 \cdot 0,25) = 0,97 \text{ Дж/м}^2$$

Визначаємо $\sigma_{\text{тш}}$:

$$\sigma_{\text{тш}} = 0,73 \cdot 770 = 562 \text{ МПа}$$

По формулі знаходимо ψ :

$$\Psi = 2,32 \cdot 14 = 32,5 \%$$

Механічні властивості зварних з'єднань сталі 09Г2, виконаних дротом Св-08Г2С розраховані і відповідають вимогам.

Висновки

1. Вибрано спосіб зварювання. Обґрунтовано вибір зварювальних матеріалів. Розраховано режими механізованого зварювання в захисних газах для таврового з'єднання та з'єднання внапусток.

2. У результаті розрахунку термічного циклу для сталі 09Г2 визначено, що в металі шва утворюється 90...95% мартенситу та 5...10% (Ф+П) структура і твердість 370...400 НV, шов буде мати гарну міцність і пластичність.

3. Результати дослідження мікрошліфів підтвердили, що структура метала шва складається з 80...90% мартенситу та 20...10% (Ф+П).

4. Твердість основного металу дорівнює 164 НV, зони сплавлення 277 НV, металу шва 344 НV.

5. Проведено розрахунок механічних властивостей зварних з'єднань.

					131.6121м зст.05.05.02.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

					131.6121м зст.05.05.03.ПЗ			
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Студент	Грідін А.О.				Технологія складання та зварювання опори крана	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Лабарткава О.В.						1	12
Консультант						НУК ім. Адм. Макарова		
Зав.кафедри	Драган С.В.							
Затв.								

3.1. Пропонована технологічна послідовність складання і зварювання опори крана.

Заготівельна операція:

а) Заготівлі привозять у готовому вигляді

б) Обладнання та інструмент:

- установка для термічної (плазмової, газокисневої) розділового різання металопрокату;
- рисунка, крейда, кернер;
- комплект вимірювальних приладів: рулетка з діапазоном вимірів від нуля до 2000мм, ціною розподілу 1,0мм; штангенциркуль; кутомір.

Контроль:

а) Контролювати геометричні розміри заготівлі та якість обробки поверхонь;

б) Інструмент – комплект вимірювальних приладів: рулетка з діапазоном вимірів від нуля до 2000мм, ціною розподілу 1,0 мм; штангенциркуль; кутомір.

Зачистка:

а) Зачистити кромки, що зварюються, і прилеглі поверхні на відстані не менше 25мм з обох боків різного типу. Торці країв зачистити до металевого блиску;

б) Обладнання та інструмент:

- машинка кутошліфувальна;
- щітка металева дискова.

Контроль:

- Контролювати якість зачищення кромки під зварювання

Складання (рис.3.1):

- Провести збирання виробу у складальному пристосуванні
- Виконати прихватку виробу
- Контроль складальної операції

					131.6121м зст.05.05.03.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

- Провести зварювання виробу
- Зачищення зварювального шва
- Контроль якості

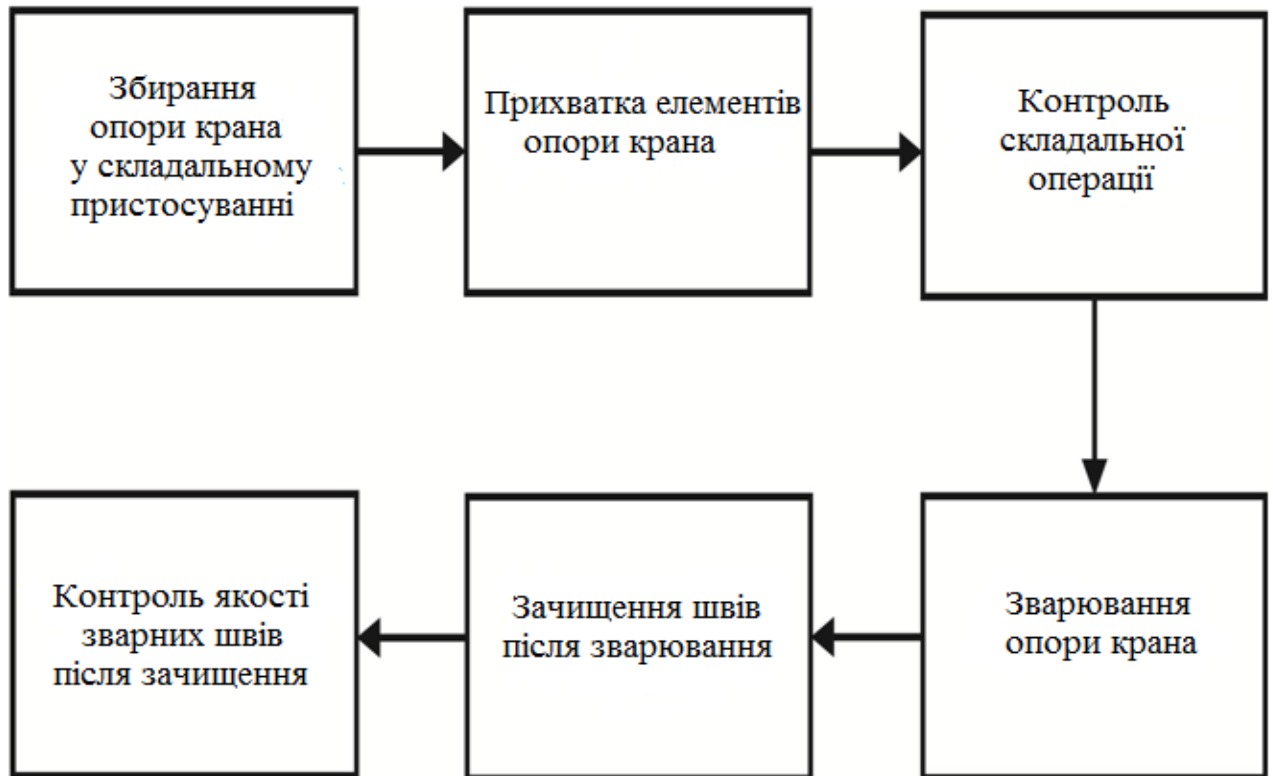


Рис.3.1 Технологічна схема складання та зварювання опори крана.

3.2. Обґрунтування вибору зварювального устаткування, його технічні характеристики.

Для механізованого зварювання в середовищі захисних газів ($Ar+CO_2$) використовуємо інверторний цифровий напіваавтомат PATON ProMIG-350-15-4 WK/ (рис.3.2).



Рис.3.2 Напіваавтомат PATON ProMIG-350-15-4 WK

Це апарат для промислового використання, призначений для напіваавтоматичного зварювання (НА «MIG / MAG»), для ручного дугового зварювання (РДЗ «MMA») та аргонодугового зварювання (АРГ «TIG»), постійним струмом, в середовищі захисних газів і сумішей. В апараті ProMIG-350-15-4 реалізований повністю цифровий спосіб управління, за рахунок чого забезпечуються його багатофункціональність і широкі можливості в точному налаштуванні режимів зварювання. Підвищений показник тривалості

					131.6121м зст.05.05.03.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

навантаження на номінальному струмі до 350А, дозволяє працювати будь-якими електродами діаметром від 1,6 мм до 6 мм, а також напівавтоматичне зварювання суцільним дротом діаметром від 0,6 до 1,4 мм. Завдяки двокорпусному виконанню, блок подачі дроту можна відокремити від джерела струму за допомогою кабелів комунікації різною довжиною (1, 5, 10м) на значну відстань від джерела струму і більш зручно працювати на складних чи об'ємних металевих конструкціях, а також в режимі MMA та TIG.

RATON ProMIG-350-15-4 WK обладнаний якісним металевим 4-х роликовим механізмом подачі дроту з потужним герметичним двигуном, а універсальний роз'єм KZ-2 типу "ЄВРО" дозволяє підключати зварювальні пальники від широкого ряду виробників. Також оснащений 4-ма роз'ємами для підключення шланга рідинного охолодження та кабелю із силовими контактами. Потужний кронштейн під зварювальний дріт дозволяє встановлювати котушки, вагою до 15 кг. Модель ProMIG-350-15-4, в поєднанні з високою потужністю і продуктивністю, має невелику вагу і габаритні розміри. А завдяки РК-екранам апарат легко і зручно налаштувати для вирішення будь-якої задачі. Апарат комплектується якісними аксесуарами від компанії ABICOR BINZEL, які дозволяють відразу почати працювати в режимах MIG/MAG та MMA.

Блок автономного охолодження Cooler-7 призначений для забезпечення якісного охолодження аксесуарів (пальники, плазмотрони), при роботі зі зварювальними установками та апаратами повітряно-плазмового різання. У блоці автономного охолодження присутній датчик потоку рідини, який захищає пальник від згорання у випадку припинення циркуляції рідини. Модель Cooler-7 забезпечує надійне охолодження пальників під час зварювальних робіт на високих токах (> 300А для напівавтоматичного і > 140А для аргонодугового зварювання) та є невід'ємною частиною зварювального обладнання, що працює в даних умовах. Cooler-7 вміщує в себе до 7 літрів охолоджуючої рідини і забезпечує її циркуляцію в замкнутій системі з високою потужністю (подача рідини на висоту до 10 метрів) і продуктивністю (до 6,5 л/хв).

					131.6121м зст.05.05.03.ПЗ	Аркуш
						5
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1. Технічні характеристики напівавтомата PATON ProMIG-350-15-4 WK

Найменування	Параметри
Номінальна напруга мережі електроживлення, В	380/400
Номінальний струм, що споживається з мережі, А	16...18,5
Номінальний зварювальний струм, А	350
Максимальний діючий струм, А	450
Тривалість навантаження (ТН)	70%
Межі зміни мережі електроживлення, В	±15%
Межі регулювання зварювального струму, А	14-350
Діаметр штучного електрода, мм	1,6-6
Діаметр суцільного зварювального дроту, мм	0,6-1,4
Маса котушки не більше, кг	15
Імпульсні режими при зварюванні	MMA/TIG
Термін гарантії, міс	36
Функція «Hot-Start»	Регульована
Функція «Arc-Force»	Регульована
Функція «Anti-Stick»	Автоматична
Блок зниження напруги холостого ходу	вкл/викл
Напруга холостого ходу, В	12/75
Напруга підпалювання дуги, В	110
Номінальна споживна потужність, кВА	10,7-12,3
Максимальна споживна потужність, кВА	15,3
Охолодження	Адаптивне
Клас захисту	IP33

3.3 Контроль якості зварних швів

Дефекти – невідповідність виробу нормативно-технічної документації. Дефекти знижують механічні та інші властивості зварних з'єднань, наплавлених та напилених шарів, що погіршують зовнішній (товарний) вид виробів.

У цій конструкції можуть спостерігатися такі дефекти: тріщини, непровари, підрізи, пори, включення (металеві, оксидні), погана форма зварного шва та наплавленого валика.

Тріщини (Рис.3.2) утворюються в результаті виникнення напруг, перевищують тимчасовий опір (межа міцності) металу в макро- та мікрооб'ємах.



Рис.3.3 Тріщини зварного шва

Це макро- та мікротріщини. Вони вважаються найнебезпечнішим видом дефектів, оскільки підвищують концентрацію напруг. Такі тріщини можуть виникати в процесі зварювання безпосередньо після зварювання, а також під час експлуатації зварної або наплавленої конструкції. Ділянки зварного шва та наплавленого шару з тріщинами видаляють механічною обробкою або поверхневою термічною різкою (стружкою) та зварюють повторно.

Непровари (Рис.3.3) утворюються внаслідок несплавлення наплавленого металу з основним або незаповненням розрахункового перерізу. Обидва види непроварів є концентраторами напруги. Непровари виникають при нестабільному

режимі зварювання, при поганому обробленні кромek деталей перед зварюванням.

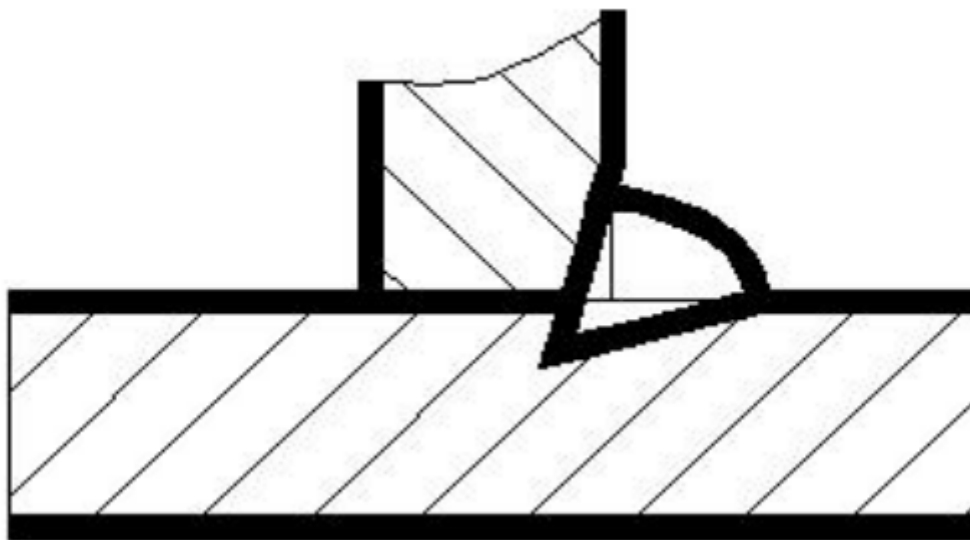


Рис.3.4 Непровари зварного шва

Підрізи (Рис.3.4) - поглиблення на поверхні основного металу, розташовані вздовж шва. Ці дефекти зменшують робочий переріз швів, служать концентраторами напруги. Причиною виникнення є зварювання на підвищеному струмі при великих швидкостях, а також на підвищеному напрузі.

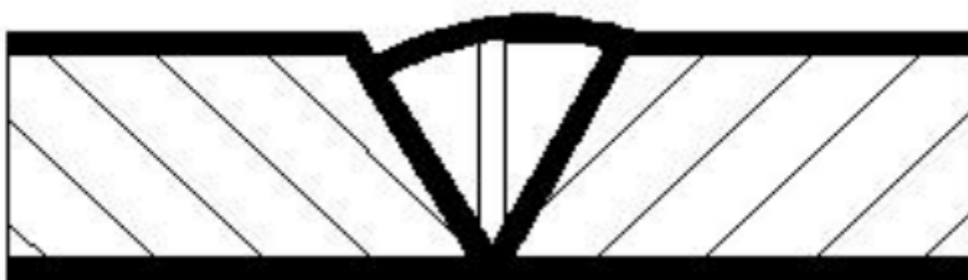


Рис.3.5 Підрізи зварного шва

Пори (Рис.3.5) порожнини у шві, заповнені газами.

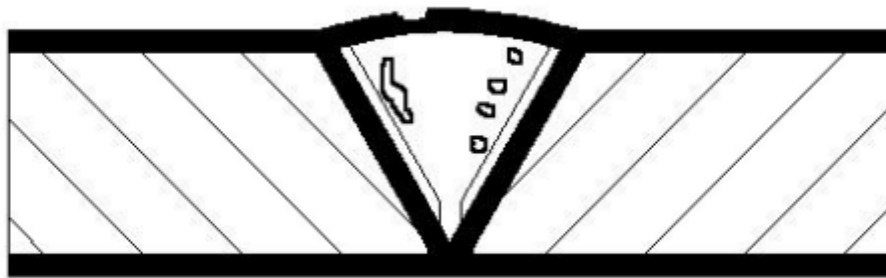


Рис.3.6 Пори зварного шва

Ці дефекти виникають при перенасиченні зварювальної ванни оксидом вуглецю, азотом, воднем, що можливо внаслідок високої швидкості зварювання, подовження дуги при підвищеній напрузі, наявності забруднень на поверхні основного металу, зволоження зварювальних матеріалів, наявності домішок (СО, N₂, H₂) у захисних газах . Пори знижують герметичність і робочий переріз зварних швів, тому дефектну частину шва видаляють механічною обробкою або термічною поверхневою різкою, а потім заварюють цю ділянку повторно.

До дефектів форми зварних швів і наплавлених валиків відносяться такі: нерівномірنا висота та ширина, горби, сідловини, нерівномірна висота катетів у таврових швах. Ці дефекти можуть виникати через відступи від технології або несправності обладнання під час автоматичного зварювання та наплавлення.

До дефектів належить невідповідність хімічного складу, макро- та мікроструктури, механічних та інших властивостей вимог нормативно-технічної документації (технічних умов, креслень, стандартів).

Ультразвуковий дефектоскоп УД2301 (Рис.3.6) використовується для проведення неруйнівного контролю якості різних матеріалів, конструкцій та виробів з металів, композиційних матеріалів, скла та пластику. Дефектоскоп дозволяє виявляти різні внутрішні дефекти, порушення однорідності виробів та

конструкцій, вимірювати товщини стінок з одностороннім доступом до об'єктів контролю, проводити контроль якості зварних з'єднань.

Крім контролю внутрішніх дефектів, прилад дозволяє вимірювати з великою точністю товщину виробів, показати сигнал у вигляді сканів і проводити повний документальний контроль зберігаючи результати вимірювань у власну пам'ять до 32 гігабайт. Корпус приладу невеликого розміру дозволяє проводити вимірювання в обмеженому просторі або важкодоступні ділянки. Помітно розширює зручність роботи з дефектоскопом чіткий кольоровий дисплей, що має високу роздільну здатність 320*480 пікселів.

Причому натисканням однієї кнопки можна змінити орієнтацію дисплея на 90 градусів, отримавши 4 варіанти орієнтації на вибір для зручності налаштування під себе і лівіше і правіше.

Прилад виготовляється в легкому, міцному та ергономічному корпусі з удароміцного пластику. Зовнішня поверхня корпусу захищена спеціальними гумовими бамперами, у повсякденному використанні це сильно збільшує ударостійкість та надійність дефектоскопу.

Дефектоскоп оснащений усіма функціями, які мають бути у сучасному цифровому ультразвуковому дефектоскопі загального призначення: від дефектоскопії великобаритного лиття до товщинометрії тонких виробів.



Рис.3.7 Дефектоскоп УД2301

Відмінними рисами даного приладу серед інших дефектоскопів є:

- мініатюрні розміри
- невелика вага
- кольоровий великий дисплей з високою роздільною здатністю
- наявність вбудованої пам'яті великого об'єму, що дозволяє зберігати практично необмежену кількість налаштувань та результатів
- можливість роботи з будь-якими п'єзоперетворювачами
- частотний діапазон з плавним регулюванням від 1 до 10МГц
- відображення шкали розгортки як у мікросекундах, так і міліметрах
- наявність усіх необхідних режимів роботи – АСД, ВРЧ, АРД
- два незалежні строби з індивідуальною логікою спрацьовування
- автоматична або ручна побудова кривої ВРЧ (до 32 пікселів)
- наявність у приладі режиму роботи по DAC кривим (побудова за 32 точками)
- наявність у дефектоскопі режиму контролю з використанням АРД-діаграм
- два види подання сигналів: детектований та радіо для підвищення надійності виявлення різних дефектів та підвищення точності при роботі в режимі товщинометрії
- побудова та обробка в дефектоскопі А, В розгорток (А-скан, Б-Скан)
- режими: обгинальної, заморожування та відображення ходу променя для зручності проведення дефектоскопії
- можливість гнучкого налаштування інтерфейсу приладу
- у дефектоскопі реалізовано унікальну систему виведення інформації, що підвищує зручність роботи з дефектоскопом та продуктивність контролю – можна налаштувати відображення необхідної кількості параметрів та їх розмір
- архів вимірювань, архів налаштувань, архів перетворювачів – у приладі реалізовано можливість збереження будь-яких параметрів на вбудовану пам'ять з подальшою передачею на ПК для формування та друку протоколів контролю
- 4 варіанти орієнтації дисплея з можливістю повороту в будь-який момент
- мультимовність (вибір мови інтерфейсу в меню приладу).

Висновки:

1. У даному розділі дипломного проекту описана принципова послідовність виготовлення опори крана. Для виготовлення конструкції обираємо механізоване зварювання в середовищі захисних газів, а саме в $\text{Ar}+\text{CO}_2$.

2. Обрано устаткування для механізованого зварювання в середовищі захисних газів: інверторний цифровий напівавтомат PATON ProMIG-350-15-4 WK

3. Зроблено контроль якості зварних швів за допомогою ультразвукового дефектоскопа УД-2301.

4. Застосування обраної технології, устаткування і зварювальних матеріалів, методів контролю забезпечує необхідну якість виготовлення конструкції, що зварюється.

					131.6121м зст.05.05.03.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

					131.6121м зст.05.05.04.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Студент	Грідін А.О.				Охорона праці та навколишнього середовища		
Керівник	Лабарткава О.В.						
Консультант							
Зав.кафедри	Драган С.В.						
Затв.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	12
					НУК ім. Адм. Макарова		

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Метою охорони праці є зведення до мінімуму ймовірності ураження працюючих при максимальному комфорті і продуктивності праці.

Виготовлення опори крана проводиться в заводських умовах із застосуванням наступного обладнання: листопрямильна машина, листозгинальна машина, верстат плазмового різання з ЧПУ, гідравлічний прес, фланжирувальна машина, крайкозколююча машина, зварювальний трактор, напівавтомат зварювальний, верстат фрезерний, кран мостовий, траверса магнітна, ножиці гільйотинні.

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників при складально-зварювальних операціях.

У зв'язку з роботою перерахованого вище обладнання виникають шкідливі фактори, перелічені в таблиці 4.1 [17,18,19].

Таблиця 4.1. Шкідливі фактори та заходи щодо їх зниження

Шкідливий фактор та його нормативне значення	Заходи щодо зниження шкідливого фактора
Підвищений рівень шуму та вібрацій на робочому місці	
Шум несприятливо впливає на організм людини, викликаючи психічні та фізіологічні порушення, що знижують працездатність та створюють передумови для загальних та професійних захворювань та виробничого травматизму. Нормативні параметри шуму на робочих місцях визначені у Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99 [12], відповідно до якого допустимий рівень шуму в цеху, де проводиться зварювання, дорівнює 80 дБА.	а) заміна галасливих технологічних операцій на малошумні або наскільки можна повністю безшумні; б) зниження шуму в джерелі шляхом удосконалення конструкції або схеми тієї частини обладнання, яка здійснює шум; в) використання у конструкції матеріалів зі зниженими акустичними властивостями; г) застосування додаткового звукоізолюючого пристрою або огороження, розташованого по можливості ближче до джерела, наприклад: -звукоізолюючого кожуха, який може закривати окремий шумний вузол

	машини; - акустичних екранів, що відгороджують шумний механізм від робочого місця чи зони обслуговування машини. д) застосування звукопоглинаючих облицювань для обробки стелі та стін шумних приміщень; е) застосування ефективних засобів індивідуального захисту (антифони, заглушки та ін.).
--	--

Продовження таблиці 4.1. Шкідливі фактори та заходи щодо їх зниження

Шкідливий фактор та його нормативне значення	Заходи щодо зниження шкідливого фактора
Підвищена температура приміщення	
Згідно з санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 [13] більшість робіт з виготовлення опори крана відноситься до категорії робіт Па та Пб. Верхньою межею допустимої температури на робочому місці для цих категорій робіт є +28°C тепла. При забезпеченні допустимих величин мікроклімату на робочих місцях перепади та зміни температури в зміну не повинні бути більшими за 3-4 °С, а відносна вологість повітря не повинна виходити за межі 70% - при температурі повітря 25°C та 55% - при температурі повітря 28 °C	а) застосування ефективних способів вентиляції, зокрема наявність місцевої витяжної вентиляції об'ємом не менше 1000 м3 від посту для видалення гарячого повітря та зварювального аерозолі; б) обмеження надходження тепла до приміщення, наприклад, екранування; в) режим праці та відпочинку; г) встановлення в приміщенні теплозахисних засобів, що володіють такими характеристиками: простота у виготовленні та монтажі; зручність для обслуговування, огляду, очищення; міцність; д) застосування спеціальних засобів індивідуального захисту, носіння належного спецодягу; е) питний режим із попередженням вимивання водорозчинних вітамінів та мікроелементів; ж) влаштування кімнат теплового розвантаження з кондиціонуванням повітря, температура в яких повинна бути не нижчою від суми половини температури зовнішнього повітря плюс 8°C;

	i) додаткові пільги та компенсації.
Шкідливі пилогазоподібні речовини (пил, зварювальні аерозолі, пари та гази)	
Зварювальні роботи супроводжуються забрудненням повітряного середовища робочої зони зварювальними аерозолями, кількість і склад яких залежить від хімічного складу зварювальних матеріалів і металів, що зварюються, способів і режимів зварювання, наплавлення, різання і паяння металів. Елементи досліджуваної опори крана, зварюються механізованим зварюванням, електродом, що плавиться, в середовищі захисних газів згідно з ГОСТ 14771 – 76 [8]. При зазначеному способі зварювання виділяються такі речовини: пил - 8 мг/м³, окис марганцю-0,58 мг/м³, окис хрому - 0,028 мг/м³, окис нікелю - 0,038 мг/м³, окис вуглецю - 58 мг/м³. Гранично допустимі концентрації, встановлені ГОСТ 12.1.005-88 [14]: оксиди вуглецю - ГДК = 20 мг/м³; водень фтористий – ГДК = 0,5 мг/м³, діоксид азоту – ГДК = 2 мг/м³; ангідрид сірчистий – ГДК = 10 мг/м³; озон (O₃) – ГДК O₃ = 0,1 мг/м³; хром (Cr₂O₃, CrO₃) – ГДК Cr₂O₃ = 1 мг/м³, ГДК CrO₃ = 0,01 мг/м³; кремній (SiO₂+MnO₂) – ГДК SiO₂+MnO₂ = 1 мг/м³; марганець (MnO₂) – ГДК MnO₂ = 0,2 мг/м³	Відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 [15] місцевих витяжних пристроїв відкритого типу – місцевих відсмоктувачів марки «СовПлім» у поєднанні із загальнообмінною припливно-витяжною механічною вентиляцією. Ефективність місцевих відсмоктувачів становить 75%, загальнообмінної витяжної вентиляції – 25%. Ефективність місцевих відсмоктувачів обумовлена такими факторами: - місцеві відсмоктувачі локалізують шкідливі речовини безпосередньо в зоні їх утворення, запобігаючи розповсюдженню їх по всьому обсягу виробничого приміщення; - завдяки близькому прихильності до джерела шкідливих виділень місцеві відсмоктувачі можуть видаляти їх за допомогою мінімальних обсягів повітря, що має велику економічну перевагу порівняно із загальнообмінною вентиляцією.

Продовження таблиці 4.1. Шкідливі фактори та заходи щодо їх зниження

Шкідливий фактор та його нормативне значення	Заходи щодо зниження шкідливого фактора
Психофізичні фактори	
З психофізичних факторів, що виникають при виробництві проекрованої опори крана в заводських умовах, можна відзначити підвищене навантаження на органи почуттів (зір, слух), важку фізичну роботу, розумову перенапругу, монотонність праці, стресові емоційні навантаження, високий рівень інтенсивності діяльності, незручну робочу здійсненні	а) зменшення густини робочого часу; б) виключення випадкових перебоїв у роботі, ритмізація трудових процесів в) правильний режим праці та відпочинку, зокрема 30 хвилинна перерва після кожних двох годин безперервної роботи або 15 хвилинна перерва на кожну годину роботи

зварювальних процесів	
Недостатня освітленість робочої зони	
Недостатня освітленість може стати причиною неадекватного сприйняття людиною технологічного процесу, втоми та пульсуючого головного болю. Рациональне освітлення має велике значення для високопродуктивної та безпечної роботи. Нормування значень освітленості робочої поверхні при зварювальних роботах становить 200 лк згідно з ДБН В.2.5-28:2018 [16]. Коефіцієнт пульсацій освітленості (Кп) для виробничих приміщень має бути не більше ніж 10%	Пристрій у приміщенні згідно зі ДБН В.2.5-28:2018 [16] суміщеного освітлення. Природне освітлення здійснюється через бічні віконні отвори, штучне освітлення приймається як загальне з рівномірним розташуванням необхідної кількості світильників

4.2. Заходи щодо зниження впливу небезпечних і шкідливих факторів.

При виготовленні опори крана також виникають небезпечні фактори, наведені в таблиці 4.2 [17,18,19].

Таблиця 4.2. Небезпечні фактори та заходи щодо їх усунення

Небезпечний фактор	Заходи щодо усунення небезпечного чинника
Наявність відкритих струмопровідних елементів, що знаходяться під напругою	
Наявність відкритих струмопровідних елементів, що знаходяться під напругою. Експлуатація устаткування заводі пов'язані з використанням електричної енергії. Електричний струм робить на людину внутрішній вплив, призводить до зовнішніх травм, електроударів та електричного шоку. Внутрішній вплив може бути термічний, електролітичний та біологічний.	а) надійна ізоляція всіх проводів, пов'язаних із джерелом струму та дуги; б) заземлення зварювальної установки та джерела живлення зварювальної дуги (корпусу випрямляча, клеми зворотного проводу, установки) відповідно до ГОСТ 12.1.030-81 та правил улаштування електроустановок; в) застосування у джерелах живлення автоматичних вимикачів високої напруги; г) надійний пристрій електродотримача, який повинен мати високу механічну міцність; д) використання при роботі сухого спецодягу та рукавиць, черевиків без металевих шпильок та цвяхів, застосування гумових килимків та калош як діелектрика;

	е) використання під час роботи переносної лампи напругою не більше 12 В; ж) ремонт електрозварювального обладнання та апаратури фахівцями-електриками
--	---

Продовження таблиці 4.2. Небезпечні фактори та заходи щодо їх усунення

Небезпечний фактор	Заходи щодо усунення небезпечного чинника
--------------------	---

Розбризування металу

Бризки, іскри та викиди розплавленого металу та шлаку за відсутності засобів захисту є причиною опіків шкірних покривів, травмування органів зору, а також підвищують небезпеку виникнення пожеж.	а) застосування якісних зварювальних апаратів, які здатні покращити зварювання за рахунок стабілізації характеристик зварювального струму; б) своєчасна заміна сопла або струмового наконечника, що зносився; в) застосування якісних зварювальних матеріалів; г) правильна підготовка матеріалу до зварювання. д) спеціальна техніка зварювання, що передбачає зменшення довжини дуги шляхом максимального наближення електрода до поверхні, що зварюється
---	--

Рухомі механізми та вироби

Небезпека представляє контакт з будь-якими елементами обладнання, що рухаються, виробом, транспортованим виробом за допомогою мостового крана. При роботі підйомно-транспортного обладнання виникає небезпека ненавмисного контакту з частинами обладнання, що рухаються, і можливим ударом від падаючих предметів при обриві вантажу, що піднімається, або падіння його з місця, що піднімається.	а) облік індивідуальних особливостей устаткування; б) надійність, міцність та зручність обслуговування обладнання, включаючи засоби захисту; в) використання огорожувальних пристроїв для запобігання потраплянню людини в небезпечну зону; г) забарвлення небезпечних частин та механізмів кранів у жовтий колір; д) подача попереджувального звукового сигналу під час руху мостового електрокрана, що не допускає знаходження робітників під вантажем; е) вивіска на видному місці вантажопідйомності та дати технічних оглядів
--	--

Підвищена температура поверхонь обладнання

					131.6121м зст.05.05.04.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Нагріті поверхні обладнання та апаратів сприяють отриманню опіків різного ступеня тяжкості від зіткнення з нагрітими поверхнями	Для зменшення температури поверхонь обладнання потрібна наявність теплоізоляції обладнання, а також наявність ефективно працюючої вентиляції. Також на робочих місцях та устаткуванні, що має нагріті поверхні, необхідно встановити спеціальні знаки «Обережно. Гаряча поверхня»
---	--

4.3. Екологічна безпека.

Виготовлення опори крана може супроводжуватися виділенням в атмосферу, гідросферу та літосферу [17,18,19]:

1) матеріальних забруднювачів, таких як:

- тверді аерозолі, утвореними пиловатими частинками металів та абразивних матеріалів;
- газоподібні (пароподібні) забруднювачі, що надходять у повітря через вентиляційні викиди;
- відходи металообробки за рахунок викиду стічних вод;
- тверді промислові відходи (стружки та тирсу металів, що відслужило свій термін металеве обладнання, сконденсований пил);

2) енергетичних забруднювачів, таких як:

- високий рівень шуму, вібрації, теплові забруднення (за рахунок виділення теплоти при обробці поверхонь металів та роботи обладнання),
- електромагнітні поля, що виділяються працюючим обладнанням (трансформатори, індуктори, різні генератори),

Тверді промислові та побутові відходи підлягають утилізації шляхом переробки відходів у вторинну сировину.

Утилізація відпрацьованих люмінесцентних ламп здійснюється спеціалізованою організацією, що має ліцензію на проведення подібного виду робіт, шляхом укладання договору з цією організацією відповідно до чинних норм з утилізації.

					131.6121м зст.05.05.04.ПЗ	Аркуш
Зм...	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

4.4. Техніка безпеки на робочому місці при роботі з обладнанням.

До роботи по електрозварюванню допускаються особи, що пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань техніки безпеки і що мають кваліфікаційне посвідчення; що мають кваліфікаційну групу по техніці безпеки не нижче II [20].

При виробництві зварювальних робіт повинні прийматися заходи для надійного захисту робітників від дії; на шкіру бризок розплавленого металу і шлаку, шкідливих випромінювань на очі, агресивних хімічних речовин (кислот, лугів, маслопродуктів) і електромагнітних полів на людину, поразки струмом в умовах підвищеної небезпеки, механічних травм, отруєння шкідливими газами, що виділяються при зварюванні кольорових металів і в результаті застосування флюсів.

У комплект засобів індивідуального захисту входять: спецодяг, спецвзуття і запобіжні пристосування.

Спецодяг призначається для захисту іскор, що працюють від безпосередньої дії, і бризок металу і шлаку, шкідливих випромінювань і хімічних речовин.

Для захисту зварювальника від металу і шлаку призначені рукавиці, рукавиці з крагами або рукавичками з іскростійких матеріалів і брезентовий костюм.

Спеціальне взуття застосовується для захисту ніг зварювальника.

Спеціальні захисні каски оберігають голову від механічних травм і поразки струмом. Захисні каски часто оснащуються щитками або масками для захисту очей, особи і органів дихання електрозварника.

Робота зварювальників дозволяється тільки за наявності захисних щитків з оглядовими стеклами-світлофільтрами, що поглинають ультрафіолетові промені і

знижують яскравість дуги. Із зовнішнього боку захисних стекол зазвичай вставляють прості стекла, які оберігають перші від бризок металу і забруднення.

Для зберігання інструменту, збору залишків електродів (огарків) служать спеціальні сумки.

Робоче місце зварювальника повинне освітлюватися за допомогою зовнішніх світильників або переносної лампи напругою до 12 В [20,21].

Постійні місця проведення робіт електрозварювальних, що розташовуються у виробничих приміщеннях, повинні відповідати наступним вимогам:

- діючих ДБН і санітарних норм;
- обладнати місцевою вентиляцією для ефективного уловлювання зварювального аерозолі і видалення його з робочої зони;
- мати огорожування у вигляді ширм, що не згорають, кабін;
- стінки ширм і кабін не повинні доходити до підлоги, утворюючи проміжок не менше 50 мм, а при зварюванні в середовищі захисних газів - 30 мм;
- вільна площа на один зварювальний пост в кабіні має бути передбачена в розмірі не менше 3 м².

4.5. Розрахунок системи місцевої вентиляції у закритих приміщеннях.

При відновленні у закритих приміщеннях відбувається виділення речовин, інтенсивність яких наведена у таблиці 4.2 [21].

Таблиця 4.2. Валові виділення шкідливих речовин

Загальна кількість пилу	Складові частини пилу		
	MnO ₂	Cr ₂ O ₃	CO
7...14	0,5...2,0	0,4...0,6	1,0...2,0

Ефективність вентиляції не повинна допускати запиленості повітря зварювальним пилом не більше 4 мг/м³.

Для створення сприятливих умов при наплавленні необхідно

використовувати місцеву вентиляцію для відбору загазованого повітря з зони дихання зварювальників.

Кількість повітря, необхідного для видалення шкідливих речовин одним пилогазоприймачем, дорівнює:

$$Q_n = S_c * V_c, \text{ де}$$

S_c – площа вхідного перерізу пилогазоприймача, м^2 ,

V_c – середня швидкість руху повітря в перерізі, м/с ;

$$S_c = \frac{\pi * d_{\text{в}}^2}{4} ;$$

$$S_c = \frac{3.14 * 0.15^2}{4} = 17.6 * 10^{-3} \text{ м}^2, \text{ де}$$

$d_{\text{в}}$ – діаметр вхідного перерізу (воронки);

$d_{\text{в}}$ – 100 мм - воронкоподібний пилогазоприймач до зварювального апарата.

$$V_c = \frac{V_T * L_1^2}{k_1 * d_1^2}$$

$$V_c = \frac{0.5 * 0.07^2}{0.06 * 0.15^2} = 1.82 \text{ м/с, де}$$

$V_T = 0.5 \text{ м/с}$ — швидкість руху повітря в точці виділення шкідливих речовин.

$L_1 = 0,07 \text{ м}$ – відстань від місця виділення шкідливих речовин до вхідного перерізу пилогазоприймача;

$K_1 = 0,06$ – коефіцієнт, що залежить від форми перерізу пило газоприймача;

$d_1 = 0,1 \text{ м}$ – діаметр вхідного перерізу пило газоприймача;

$$Q_b = 3600 \cdot 1,82 \cdot 17.6 \cdot 10^{-3} = 115,31 \text{ м}^3/\text{год}/$$

Кількість повітря, що необхідно для загально обмінної вентиляції:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{k_m * A}{k_e * (N_{\text{п.з.}} - N_{\text{в}})} ;$$

$$Q_{\text{заг}} = \frac{0.25 * 55200}{0.7 * (0.3 - 0.3 * 0.3)} = 93877 \text{ м}^3/\text{год, де}$$

$k_m = 0,25$ – коефіцієнт використання місцевої витяжної вентиляції;

$k_e = 0,7$ – коефіцієнт ефективності вентиляції;

					131.6121м зст.05.05.04.ПЗ	Аркуш
Зм...	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$N_{p.з.} = 0,3 \text{ мг/м}^3$ – гранично допустима концентрація марганцю в робочій зоні;

N_v – концентрація шкідливих речовин у вхідному вентиляційному струмені (згідно нормативних документів повинна бути не більше 30 % ГДК), мг/м^3 ;

A – інтенсивність виділення шкідливих речовин при наплавлювальних роботах, мг/г .

$$A = 1000 \cdot g \cdot P \cdot N$$

$$A = 1000 \cdot 3 \cdot 2,3 \cdot 8 = 55200 \text{ мг/год, де}$$

$g = 3 \text{ г/кг}$ (електродного дроту) – валовий вихід шкідливих речовин на одиницю витраченого матеріалу;

P – кількість використаного матеріалу, кг/год .

$N = 8$ – кількість одночасно працюючих в приміщенні наплавлювальних автоматів.

$$P = \alpha_p \cdot I_{зв}$$

$$P = 12 \cdot 190 = 2,3 \text{ кг/год};$$

$\alpha_p = 12 \text{ г/(А} \cdot \text{год)}$ – коефіцієнт розплавлення наплавлювального дроту;

$I_{зв} = 190 \text{ А}$ – сила зварювального струму.

Виконавши розрахунки можна зробити висновок:

- обладнати усі наплавлювальні автомати воронкоподібними пилогазоприймачами;
- обладнати цех загальнообмінною вентиляцією.

Висновки.

1. Досліджувана опора крана виготовляється на заводі, де згідно з чинним законодавством України є служба охорони праці та/або спеціаліст з охорони праці. В обов'язки цієї служби або спеціаліста входить контроль за дотриманням нормативних умов праці на підприємстві.

2. Умови праці працівників заводу-виробника досліджуваної опори крана відповідають вимогам нормативних документів.

3. При проведенні зварювальних робіт обов'язково необхідно виконувати правила безпеки та використовувати всі необхідні способи індивідуального захисту, які передбачені на заводі.

					131.6121м зст.05.05.04.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

					131.6121м зст.05.05.05.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Студент	Грідін А.О.				Економічна оцінка проекту		
Керівник	Лабарткава О.В.						
Консультант							
Зав.кафедри	Драган С.В.						
Затв.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	7
					НУК ім. Адм. Макарова		

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ РІЧНОЇ ПРОГРАМИ ВИПУСКУ

У даному розділі дипломного проекту виконується розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску опор крана.

Розрахунок виконується для річного випуску у кількості 2500 шт.

Вихідні данні розрахунку:

1. Річний об'єм продукції, шт	2500
2. Ціна дроту, грн. за кг	85
3. Витрати CO ₂ на 1 м.п., л	1,85
4. Витрати дроту на 1 м.п., кг	0,45
5. Ціна 1 л. CO ₂ , грн.	15
6. Витрати електроенергії на 1 м.п. с.д. кВт/г	3,7
7. Ціна 1 кВт/г, грн.	5
8. Трудомісткість на 1м.п. н/а н.-г.	0,23
9. Розряд робіт	4
10. Часова тарифна ставка, грн.	120
11. Рівень додаткових витрат, %	16
12. Норма амортизації, %	15
13. Норма витрат на поточний ремонт обладнання, %	5
14. Вартість зварювального обладнання, грн.	314846

Розрахунок витрат на електроенергію наведений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Витрати на електроенергію

Найменування	Е.О. виміри	Річна програма, 30 шт.	Річна програма в п.м.	Розхід на 1 п.м.	Ціна 1 кВт/г, грн.	Витрати на електроенергію, грн.
Електроенергія	кВт/г	2500	6000	3,7	5	111000

Розрахунок витрат на основну заробітну плату приведений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Витрати на ОЗП

Найменування	Е.О. виміри	Річна програма п.м.	Трудовісткість на річну програму, н-г	Часова тарифна ставка, грн.	Сума витрат ОЗП, грн.
Зварювання напівавтоматом	0,23	Існуючий варіант		120	165600
		6000	1380		

Розрахунок витрат на зварювальні матеріали приведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Витрати на зварювальні матеріали

Найменування матеріалу	Одиниці виміру	Розхід на 1 п.м.	Річна програма, п.м.	Ціна одиниці, грн.	Розхід на річну програму, кг; л	Витрати на матеріал, грн.
Дріт	кг.	0,45	6000	85	2700	229500
СО ₂	л.	1,85	6000	15	11100	166500
						396000

Розрахунок витрат на додаткову заробітну плату (ДЗП) наведений в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4. Витрати на ДЗП

Сума витрат ОЗП, грн.	Рівень витрат на ДЗП, %	Сума витрат на ДЗП, грн.
165600	16%	26496

Розрахунок відрахувань від ЗП приведений в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5. Відрахування від З.П.

Сума витрат на ОЗП і ДЗП, грн.	Рівень відрахувань від ЗП, %	Сума відрахувань від ЗП, грн.
192096	22,0 % (ЄСВ)	42261,12
	Всього	42261,12

Розрахунок витрат на амортизацію зварювального обладнання наведено у таблиці 5.6

Таблиця 5.6. Витрати на амортизацію зварювального обладнання

Найменування обладнання	Початкова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Сума витрат на амортизацію, грн.
Зварювальний напівавтомат з джерелом живлення	55500	15	8325

Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання наведено у таблиці 5.7

Таблиця 5.7. Витрати на поточний ремонт обладнання

Найменування обладнання	Вартість обладнання, грн.	Норма витрат на поточний ремонт, %	Сума витрат на поточний ремонт обладнання, грн.
Зварювальний напівавтомат з джерелом живлення	55500	5	2775

Розрахунок цехових накладних витрат наведено у таблиці 5.8

Таблиця 5.8. Розрахунок цехових накладних витрат

Сума витрат на основну зарплатню, грн.	Рівень витрат на цехові накладні витрати, %	Рівень витрат на цехові накладні витрати, грн.
165600	20	33120

Розрахунок витрат на загальнозаводські накладні витрати наведено у таблиці 5.9

Таблиця 5.9. Розрахунок витрат на загальнозаводські накладні витрати

Сума витрат на основну зарплатню, грн.	Рівень витрат на основні загальнозаводські витрати, %	Сума витрат на загальнозаводські витрати, грн.
165600	18	29808

Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт при виготовленні стійок конвеєру приведено у таблиці 5.10.

Таблиця 5.10. Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт при виготовленні опор крана

	Показники	Одиниці вимірювання	Зміна витрат, грн.
1	Витрати на матеріали	грн.	396000
2	Витрати на електроенергію	грн.	111000
3	Витрати на ОЗП	грн.	165600
4	Витрати на ДЗП	грн.	26496
5	Відрахування від ЗП	грн.	42261,12
6	Витрати на поточний ремонт	грн.	2775
7	Амортизаційні відрахування	грн.	8325
8	Цехові накладні витрати	грн.	33100
9	Загальнозаводські накладні витрати	грн.	29808
10	Загальна собівартість зварювальних робіт	грн.	815365,12

Висновки.

1. Виконано розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску опор крану.

2. Загальна собівартість зварювання річної програми випуску виробів в кількості 2500 шт. складає 815365,12 грн. (≈ 327 грн на 1 опору).

					131.6121м зст.05.05.05.ПЗ	Аркуш
						7
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					131.6121м зст.05.05.ПЗ		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Студент	Грідін А.О.				Загальні висновки		
Керівник	Лабарткава О.В.						
Консультант							
Зав.кафедри	Драган С.В.						
Затв.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	6
					НУК ім. Адм. Макарова		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Технологія для зварювання та складання опори крана, що розробляється в даному проекті, забезпечує не тільки отримання надійних зварних з'єднань, що відповідають усім вимогам, але й допускає максимальний ступінь механізації та автоматизації всього виробничого процесу виготовлення виробу.
2. Для виготовлення опори крана обрано сталь марки 09Г2. Обґрунтовано і розраховано режими механізованого зварювання в захисних газах ($\text{Ar}+\text{CO}_2$), для таврового з'єднання та з'єднання внапусток.
3. У результаті розрахунку термічного циклу для сталі 09Г2 визначено, що в металі шва утворюється 90...95% мартенситу та 5...10% ($\Phi+\Pi$) структура і твердість 370...400 HV, шов буде мати гарну міцність і пластичність.
4. 3.Результати дослідження мікрошліфів підтвердили, що структура метала шва складається з 80...90% мартенситу та 20...10% ($\Phi+\Pi$).
5. 4. Твердість основного металу дорівнює 164 HV, зони сплавлення 277 HV, металу шва 344 HV.
6. У даному розділі дипломного проекту описана принципова послідовність виготовлення опори крана. Для виготовлення конструкції обираємо механізоване зварювання в середовищі захисних газів, а саме в $\text{Ar}+\text{CO}_2$.
7. Обрано устаткування для механізованого зварювання в середовищі захисних газів: інверторний цифровий напівавтомат PATON ProMIG-350-15-4 WK
8. Зроблено контроль якості зварних швів за допомогою ультразвукового дефектоскопа УД-2301.
9. Застосування обраної технології, устаткування і зварювальних матеріалів, методів контролю забезпечує необхідну якість виготовлення конструкції, що зварюється.
10. Розрахункова система місцевої вентиляції на поточно-механізованій лінії дозволить здійснити захист зварників у процесі роботи від впливу шкідливих речовин, що виділяються при зварюванні, також підібрано

необхідний вентилятор для системи вентиляції. Визначили основні джерела шуму і виявили способи захисту від шуму для робітників.

11. Виконано розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску опор крану.

12. Загальна собівартість зварювання річної програми випуску виробів в кількості 2500 шт. складає 815365,12 грн. (≈ 327 грн на 1 опору).

					131.6121м зст.05.05.ПЗ	Аркуш
						3
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА:

1. Николаев Г.А. и др.. Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. Учебное пособие для машиностроит. Вузов. М: «Высшая школа», 1971. 760 с.
2. Беленя В.А., Балдин Г.С., Ведеников и др.; Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Е.И. Под общ. ред. Е.И. Беленя. 6-е изд. перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1986. 560 с.
3. Виносні опори автомобільного крана. URL: https://www.youtube.com/watch?v=H06My152Zuo&ab_channel=%D0%92%D1%8B%D1%81%D1%88%D0%B8%D0%B9%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%B6%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA (дата звернення: 12.11.2024).
4. Опора виносна. URL: https://www.xn---74-5cdb4a5ash2agkn.xn--plai/goods/83294071-opora_vynosnaya_x_45721a_31_03_000 (дата звернення: 12.11.2024).
5. Марочник сталі и сплавів. URL: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=115 (дата звернення: 12.11.2024).
6. Кнорозов Б.В., Усова Л.Ф., Третьяков А.В. и др. М. Технология металлов и материаловедение. Металлургия, 1987. 800 с.
7. Костін О.М. Зварювальні матеріали: Навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2004. 225 с.
8. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977. 432 с.
9. Справочник по сварке. Под редакцией инж. Е.В. Соколова. Том 1. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. Москва, 1961. 554 с.

					131.6121м зст.05.05.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

10. Справочник по сварке. Под редакцией инж. Е.В. Соколова. Том 2. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. Москва, 1962.

11. С.В. Драган, Г.В. Єрмолаєв, Ж.Г. Голобородько, М.В. Матвієнко, С.А. Лой, В.Я. Сагань. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за напрямом підготовки 6.050504 "Зварювання" Миколаїв : НУК, 2015. 69 с.

12. Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М. Технология, механизация и автоматизация производств сварных конструкций: Атлас: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов., М.: Машиностроение, 1989. 328 с.

13. Куркин С.А., Николаев Г.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учеб. для вузов., М.: Высш. шк., 1991. 398 с.

14. Лебедєв Ю.М., Лебедєва В.Ф., Лой С.А. Розрахунки теплових процесів при зварюванні: Методичні вказівки до виконання курсової роботи. – Миколаїв: НУК, 2008. – 64 с.

15. Розрахункова оцінка хімічного складу шва та властивості шва та ЗТВ. URL: <https://studfile.net/preview/3208473/page:5/> (дата звернення: 12.11.2024).

16. Єгоров Г.В., Єрмолаєв Г.В., Квасницький В.В., Квасницький В.Ф., Мартиненко В.О., Матвієнко М.В., Кравченко Л.П. Основи технології зварювання низьколегованих високоміцних сталей: навч. посібник. НУК, 2014. 136 с.

17. ДСН 3.3.6.037-99. – Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

18. ДСН 3.3.6.042-99. – Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

19. ГОСТ 12.1.005-88. - Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

20. Техніка безпеки під час експлуатації обладнання в ремонтних майстернях. <https://oppb.com.ua/news/tehnika-bezpeky-pid-chas-ekspluataciyi-obladnannya-v-remontnyh-maysternyah>. (дата звернення: 12.11.2024).

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

22. ДБН В.2.5-28:2018. – Природне і штучне освітлення.

					131.6121м зст.05.05.ПЗ	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6