

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
 факультет інженерії машин, споруд та технологій
 (повна назва факультету)
 кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
 (повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення верхньої
секції стріли крана

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МПс-41
 спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

	_____	Киричук С.М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	Барановський В.М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	Дячун А.Є.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	_____	Окіпний І.Б.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«04» лютого 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Киричук Сергій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення верхньої секції стріли крана

Керівник роботи Барановський В.М., д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » січня 2024 року № 4/7-80

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи базовий технологічний процес, річна програма випуску -500 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Зміст. Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки. Перелік посилань.

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

Карта технологічного процесу. Кондуктор для складання. Пристрій розмотувальний

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорони праці</i>	<i>Сенчишин В.С., к.т.н., доцент</i>		

7. Дата видачі завдання 04 лютого 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Реферат</i>	<i>05.02.2024</i>	
	<i>Зміст</i>	<i>07.02.2024</i>	
	<i>Вступ</i>	<i>14.02.2024</i>	
	<i>Аналітична частина</i>	<i>26.02.2024</i>	
	<i>Технологічна частина</i>	<i>18.02.2024</i>	
	<i>Конструкторська частина</i>	<i>03.06.2024</i>	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>07.06.2024</i>	
	<i>Висновки</i>	<i>09.06.2024</i>	
	<i>Перелік посилань</i>	<i>10.06.2024</i>	
	<i>Графічна частина</i>	<i>18.06.2024</i>	

Студент

(підпис)

Киричук С.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Барановський В.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Мета дослідження – підвищення якості зварювання верхньої секції стріли крана КС-5371.

Об'єктом дослідження є конструкція верхньої секції стріли крана КС-5371.

У процесі виконання КРБ розроблено оснащення для проведення зварювальних операцій деталей секції крана, визначено матеріал зварного виробу, запропоновано метод зварювання деталей зварного виробу, встановлено оптимальні режими зварювання та проведено опис технологічного процесу виготовлення.

Наведено матеріали з безпеки життєдіяльності та охорони праці під час виконання зварювальних робіт.

ЗМІСТ

	ВСТУП	5
1	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	6
1.1	Аналіз конструкції виробу	6
1.2	Характеристика матеріалу виробу	7
1.3	Характеристика базового технологічного процесу	9
2	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
2.1	Розроблення варіанту удосконаленого технологічного процесу	12
2.2	Вибір способу зварювання	13
2.3	Вибір зварювальних матеріалів	16
2.4	Розрахунок режимів зварювання	18
2.5	Вибір зварювального та складального обладнання	19
2.6	Технологічний процес збирання виробу та контроль якості зварних з'єднань	25
3	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	32
3.1	Розрахунок затискного пристрою	32
3.2	Проектування складально-зварювальних пристроїв	35
4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	37
4.1	Характеристика шкідливих речовин при механізованому зварюванні в захисних газах	37
4.2	Технологічні способи зниження шкідливих виділень	40
	ВИСНОВКИ	45
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	46
	ДОДАТКИ	48

ВСТУП

У КРБ розроблено технологічний процес виготовлення верхньої секції стріли крана КС-5371.

У процесі виробництва верхньої секції виникає необхідність зварювання довгих швів короба секції, що є дуже трудомістким процесом, який ускладнюється також значними зварювальними деформаціями.

У роботі пропонується використовувати автоматичне зварювання, яке є більш технологічне, ніж механізоване зварювання при виготовленні протяжних швів.

Зварювання здійснюється за допомогою сучасного обладнання імпульсною дугою.

Застосування цієї установки вирішує відразу кілька проблем, що виникають у процесі зварювання короба.

Пропонований спосіб зварювання не вимагає підготовки кромки, зводить до мінімуму зварювальні деформації, а також скорочує витрати часу на подальшу слюсарну обробку, оскільки розбризкування практично відсутнє.

Це призводить до зниження трудомісткості та позитивно позначається на економічній складовій виробництва зварного виробу.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз конструкції виробу

Розглянута конструкція – це верхня секція стріли самохідного крана на коротко-базовому шасі КС-5371, який відноситься до вантажопідйомного обладнання.

Секція стріли крана – збірна конструкція, що входить до складу стрілового обладнання крана.

Є елементом, що складається з рами, системи блоків для вантажних тросів та ін.

Секція верхня є завершальною секцією стріли.

Габаритні розміри виробу: 88 015 881 084 мм.

Вага виробу 884 кг.

Верхня секція (рис. 1.11) працює у важких умовах, піддається безпосередньому впливу високих динамічних навантажень.



Рисунок 1.1 – Секція стріли

Збірна телескопічна стріла відноситься до кранового устаткування та являє собою три зварні короби.

Дані короби вставляються один в одного та використовується для кріплення гайкових обойм, а також для підйому та переміщення різних вантажів.

Основа стріли - несуча частина. Вона приймає на себе основне навантаження. А ще піддається кліматичним впливам та великим навантаженням.

Середня секція – деталь збірної телескопічної стріли.

Дана деталь кріпиться до основи.

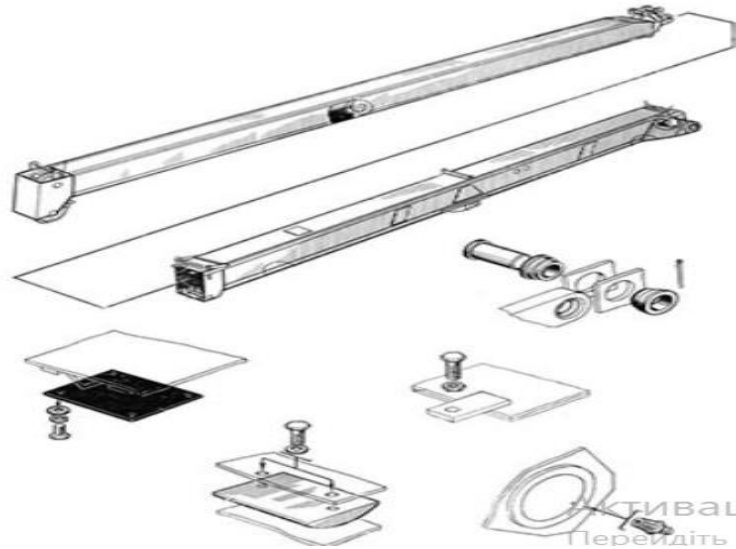


Рисунок 1.2 – Деталювання секції стріли

Верхня секція стріли – металева конструкція.

Дана секція бере участь у підйомі вантажу.

1.2 Характеристика матеріалу виробу

Секція верхня є складною звареною конструкцією, що складається з двох складальних одиниць оголовка і кронштейна.

Конструкція виготовляється із сталей 10ХСНД та Ст3.

Сталь 10ХСНД - низьколегована хромокремнієво-нікелева з міддю.

Сталь 10ХСНД забезпечує клас міцності сортового, смугового та фасонного прокату КП 390 при товщині до 15 мм.

Сталь 10ХСНД забезпечує клас міцності листового, широкосмугового універсального прокату та гнутих профілів КП 390 при товщині прокату до 40 мм, без застосування додаткової обробки, що зміцнює.

Сталь 10ХСНД застосовується: для виготовлення елементів зварних металоконструкцій та різних деталей, до яких висуваються вимоги підвищеної міцності та корозійної стійкості з обмеженням маси та працюючі при температурі від -70 до +450°C.

Хімічний склад сталі 10ХСНД представлений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 10ХСНД

Марка	C	Si	S	Ni	P	Cr	Gr	Cu	Mn	As
10ХСНД	≤0,12	0,8-1,1	≤0,04	0,5-0,8	≤0,035	0,6-0,9	0,4-0,6	0,5-0,8		

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 10ХСНД

Марка	Межа міцності, δв, МПа	Межа плинності, δт, МПа	Відносне подовження, δ, %
09Г2С	530-670	390	19

Від хімічного складу сталі залежить її структура та фізичні властивості, які можуть змінюватися під впливом нагрівання та охолодження металу при зварюванні. На зварюваність сталі впливає вміст у ній вуглецю та легуючих елементів.

За ознакою зварюваності всі сталі можна умовно розділити на чотири групи:

1. Добре зварювані сталі - еквівалентний вміст вуглецю не більше 0,25. Ці сталі дають тріщин при зварюванні звичайним способом, тобто. без попереднього та супутнього підігріву та подальшої термообробки.

2. Задовільно зварювальні – еквівалентний вміст вуглецю в межах 0,25-0,35. Вони допускають зварювання без появи тріщин тільки в нормальних виробничих умовах, тобто при навколишній температурі вище 0°C, відсутності вітру та ін. зварюванні в умовах, що відрізняються від нормальних (при температурі нижче 0 ° C).

3. Обмежено зварювані - еквівалентний вміст вуглецю в межах 0,35-0,45. Вони схильні до утворення тріщин при зварюванні у звичайних умовах. При зварюванні таких сталей необхідна попередня термообробка та підігрів. Більшість сталей цієї групи піддають термообробці і після зварювання.

4. Погано зварюються – еквівалентний вміст вуглецю вище 0,45. Такі стали схильні до утворення тріщин під час зварювання.

1.3 Характеристика базового технологічного процесу

Дугове зварювання під шаром флюсу, як і ручне зварювання, металевим електродом, здійснюється за рахунок використання тепла дуги.

Істотна її відмінність полягає в тому, що дуга горить під шаром сипучого (рідкого) флюсу між виробом, що зварюється, і непокритим електродним дротом, яка у міру плавлення подається до зони дуги спеціальною зварювальною головкою.

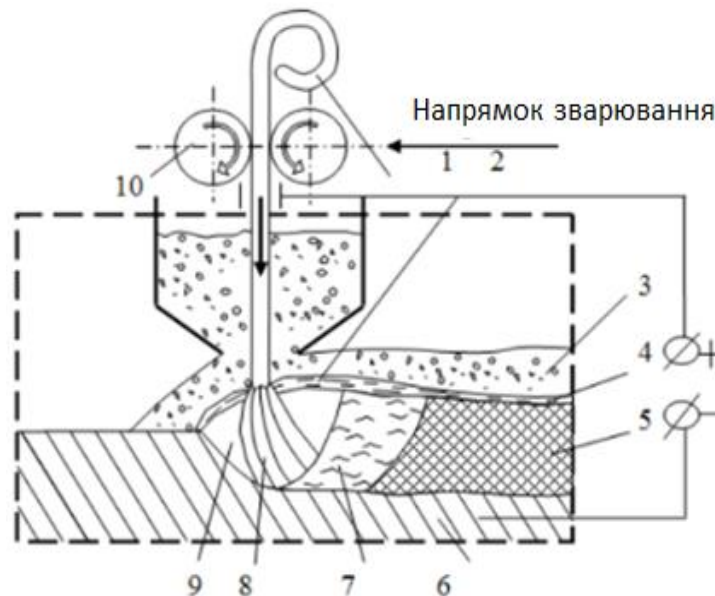


Рисунок 1.3 – Схема процесу автоматичного зварювання під шаром флюсу: 1– електрод; 2 – рідкий флюс; 3 – сипучий флюс; 4 – спік флюсу; 5 – закристалізований метал шва; 6 – метал, що зварюється; 7 – розплавлений метал шва; 8 – зона електричної дуги; 9 – газовий міхур; 10 – ролики

Струмо-підведення до дроту здійснюється через ковзний контакт поблизу місця горіння дуги. Це зменшує нагрівання дроту джоулевим теплом та створює можливість застосування високої густини струму без перегріву електродного дроту.

Збільшення струму і найкраще використання тепла дуги, що горить під шаром флюсу, веде до прискорення процесу розплавлення електродного дроту, до збільшення глибини проплавлення металу, що зварюється і підвищення продуктивності в 5...10 разів по порівняно з ручним дуговим зварюванням штучними електродами.

Автоматичне зварювання під флюсом відрізняють такі переваги:

- висока продуктивність, що перевищує ручне зварювання в 5-10 разів. Вона забезпечується застосуванням великих струмів через малі значення вильоту h-електродного дроту без побоювання значного його перегріву у вильоті та відшаровування обмазки як у покритому електроді, більш концентрованим та повним використанням теплоти в закритій зоні дуги, зниженням трудомісткості за рахунок автоматизації процесу зварювання;
- висока якість зварного шва внаслідок захисту металу зварювальної ванни розплавленим шлаком від кисню та азоту повітря, легування металу шва, збільшення щільності металу при повільному охолодженні під шаром застиглого шлаку;
- економія електродного металу при значному зниженні втрат на чад, розбризкування металу та недогарки. При ручному зварюванні ці втрати досягають 20 - 30%, у той час як при автоматичному зварюванні під флюсом вони не перевищують 2-5%;
- економія електроенергії за рахунок повнішого використання теплоти дуги в порівнянні з ручним зварюванням. Витрати електроенергії при автоматичному зварюванні зменшуються на 30-40%.

Крім того, при автоматичному зварюванні умови праці значно кращі, ніж при ручній: дуга закрита шаром шлаку та флюсу, виділення шкідливих газів та пилу значно знижено, тому немає необхідності у захисті зору та особи зварювальника від впливу випромінювань дуги, а для витяжки газів досить природної витяжної вентиляції.

Автоматичне зварювання має й недоліки – це насамперед обмежене маневреність зварювальних автоматів та виробництво зварювання головним чином у нижньому положенні.

Якість наплавленого металу при автоматичній зварювання під шаром флюсу зазвичай вище, ніж при ручному зварюванні, відрізняється більшою стабільністю і менше залежить від кваліфікації зварювальника.

При зварюванні під шаром флюсу досягається надійний захист рідкого металу від контакту з повітрям: швидкість охолодження зварювальної ванни значно менша, ніж при ручне зварювання.

Автоматичне зварювання під флюсом дає значну економію електродного матеріалу та електроенергії, покращує умови праці зварювальника.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення варіанту удосконаленого ТП

Способи зварювання вибираються не тільки з числа типових, а й з-поміж спеціальних, для того щоб проектована технологія відповідала сучасним вимогам, а також була найбільш ефективною.

Вибір способу зварювання залежить від вихідних даних. Якщо вибір утруднений, можливістю застосування різних способів зварювання, вибирається найбільш економічно ефективний.

Для сталі 10ХСНД зварювання рекомендується проводити такими способами: ручна-дугова, під флюсом, електродом, що плавиться в захисних газах і електрошлакова.

У КРБ запропоновано обрати зварювання електродом, що плавиться, в середовищі захисних газів, оскільки воно дозволяє отримати чисті і рівні шви, а також забезпечує міцне зчеплення матеріалів.

При дуговому зварюванні в захисних газах захисний газ, що безперервно подається в зону зварювальної дуги, відтісняє повітря, не допускаючи його шкідливого впливу на розплавлений основний та присадковий метал.

Дугове зварювання в захисних газах може здійснюватися неплавним (вольфрамовим) і електродами, що плавляться.

Як захисні гази застосовуються: інертні (аргон та гелій), активні (азот, водень, вуглекислий газ) та суміші газів (аргон та кисень, аргон з вуглекислим газом та ін.).

При зварюванні електродом, що не плавиться, джерелом тепла є електрична дуга, що збуджується між вольфрамовим електродом і виробом.

Зварювання неплавким електродом може здійснюватися з безперервною та імпульсною подачею енергії.

Під час такого типу зварювання можуть бути виконані безперервні та точкові шви.

Установка для механізованого зварювання плавким електродом у захисних газах (рис. 2.1) складається з джерела живлення 1, контактора 2, баластного реостата 3, механізму, що подає 4, ротаметра 5, балона з редуктором 6 і зварювального пальника (або самохідної головки) 7.

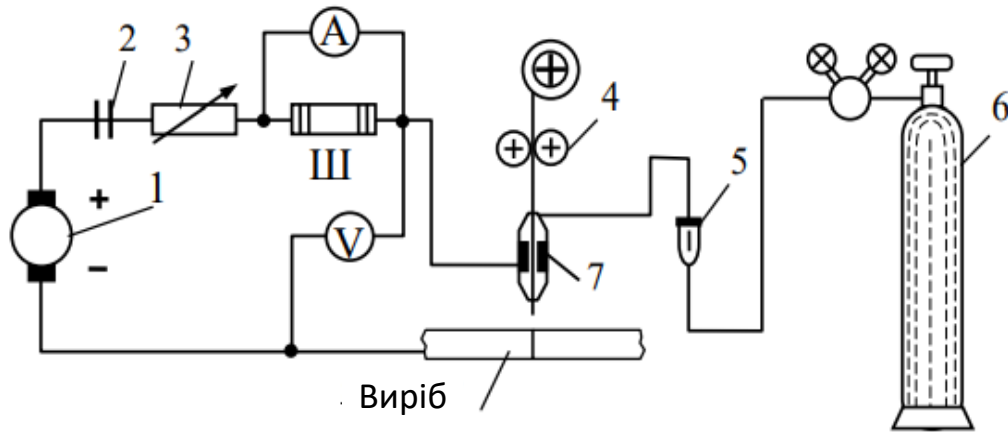


Рисунок 2.1 – Схема зварювального посту для механізованого дугового зварювання в захисних газах

2.2 Вибір способу зварювання

Дуговим зварюванням в середовищі захисних газів називається зварювання при якому дуга і розплавлений метал, а в деяких випадках і шов, що остигає, знаходяться у захисному газі, що подається до зони зварювання за допомогою спеціальних пристроїв.

Технологічними перевагами є відносна простота процесу зварювання, що у різних просторових положеннях. Можливість спостереження освіти шва. Невеликий обсяг шлаків, що беруть участь в процесі зварювання в CO_2 дозволяє в ряді випадків отримати шви високої якості.

Недоліками є необхідність застосування захисних заходів проти світлової та теплової радіації дуги, можливість порушення газового захисту при здування струменя повітря.

Сутність способу зварювання у вуглекислому газі полягає в тому, що електрична дуга та розплавлений метал захищені від впливу кисню та азоту, струменем захисного газу.

У зону зварювання електродний дріт та вуглекислий газ надходять через сопло зварювального пальника. Зварювання ведеться на постійному струмі, зворотної полярності, що забезпечує швидке розплавлення електродного дроту.

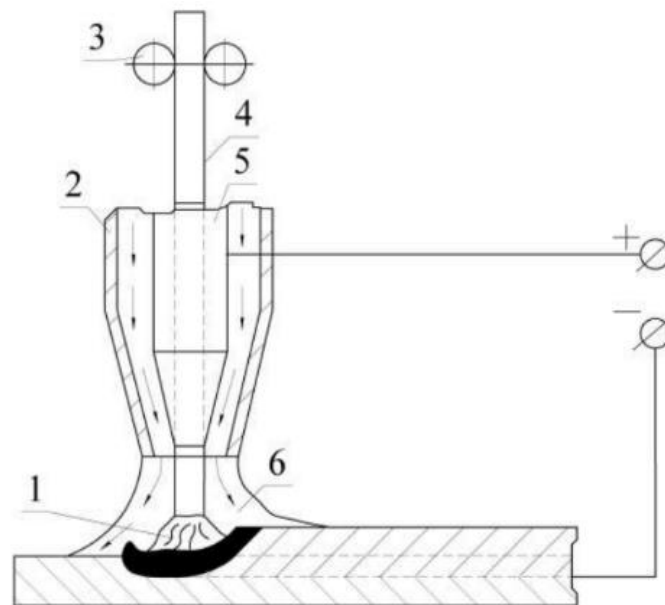


Рисунок 2.2 – Схема дугового зварювання у вуглекислому газі електродом, що плавиться: 1 – електрична дуга; 2 – газове сопло; 3 – ролики, що подають; 4 – електродний дріт; 5 – струмо-з'єднувальний мундштук; 6 – захисний газ

Особливість зварювання електродом, що плавиться, в CO_2 є застосування електродних дротів з підвищеним вмістом елементів розкислювачів (марганцю, кремнію та ін.), що компенсують їх вигорання в зоні зварювання.

При відсутності або недостатній кількості розкислювачів, є ймовірність утворення тріщин у зварному з'єднанні.

Механізоване зварювання в захисних газах необхідно проводити дротом діаметром до 1,6 мм, вертикальні та стельові шви – дротом діаметром 0,8-1,2 мм.

Механізоване зварювання здебільшого виконують з використанням вивідних планок. У тих випадках, коли застосування вивідних планок неможливе, допускається зварювання без них, але з обов'язковою заваркою кратера.

При напівавтоматичному зварюванні не рекомендується запалювати дугу на основному металі поза межами зварного шва та виводити кратер на основний метал.

У разі перерви в процесі зварювання допускається поновлення після зачистки кінцевої ділянки зварного шва завдовжки не менше 50 мм та кратера від шлаку.

Кратер потрібно повністю перекрити швом.

При двосторонньому зварюванні першим необхідно проварити корінь шва, потім очистити шлак і метал, що протік, після чого накласти зі зворотного боку основний шов.

При багат шаровому зварюванні після накладання кожного шару потрібно зачистити шви і кромки, що зварюються від шлаку, виявлені дефекти необхідно усунути згідно з технологією підприємства-виробника.

Якщо застосовуються закріплення і зворотні вигини для виконання певних швів, необхідно їх видалити після повного остигання деталі. Зварювання із закріпленням деталей проводити тільки, якщо дане закріплення передбачено технологічним процесом.

Після завершення зварювання всі шви, а також прилеглу до них зону основного металу очистити від шлаку, бризок, натеків металу та видалити вивідні планки.

Видалення вивідних планок здійснювати кисневою різкою чи механічним шляхом, після цього торці швів зачистити. Забороняється видаляти вивідні планки ударами молотка чи кувалди.

Зачищення зварних бризок дозволяється не проводити у важкодоступних місцях металокоплекції, якщо це зазначено у конструкторській документації.

Після виконання зварювання кожен зварник повинен поставити своє тавро: якщо одну металокоплекцію зварює група зварювальників, то тавро ставиться поруч із виконаним швом, якщо зварювання виконував один зварювальник, то тавро ставиться один раз у певному місці, яке передбачає креслення чи технологічна документація.

2.3 Вибір зварювальних матеріалів

Дріт СВ-08Г2С випускається діаметром від 0,3 до 12 мм.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту

Марка дроту	C·%□	Si·%□	Mn·%□	Ni·%□	S·%□	P·%□	Cr□
СВ-08Г2С□	0,05-0,11□	0,7-0,95□	1,8-2,1□	≤0,25□	≤0,025□	≤0,03□	≤0,20□

Дріт використовується на різного роду промислових підприємствах. Ним постачаються як автоматичне, так і напівавтоматичне зварювальне обладнання промислового типу, яке використовується як для наплавлення, так і для створення стандартних зварних швів.

При цьому електроди СВ-08Г2С традиційно застосовують для формування валика на зварювальному з'єднанні та при усуненні дірок, виявлених між конструктивними елементами готового металовиробу.

Слід зазначити, що дріт даної марки також досить часто застосовують у зварювальних роботах як присадний матеріал.

Якщо ж говорити про функцію наплавлення, то наявність марганцю та кремнію у складі дає можливість:

- забезпечити з'єднання високої міцності;
- сформувати шов найвищої якості;
- знизити ціну створення металоконструкції.

На виробничих підприємствах зварювальний дріт намотують на прямокутні або квадратні болванки, габарити яких регламентуються стандартами.

У подібній формі великовагових мотків транспортуються як вироби без покриття, так і їх аналоги обмежені.

Виробники СВ08Г2С повинні проводити випробування зварного дроту на розрив, що відповідає вимогам діючих стандартів.

Якщо регламентовані параметри не збігаються з реальними показниками, виріб піддається додатковій термообробці або ж відправляється на переробку.

Крім того, перевіряється якість поверхні дроту. У якісного виробу має бути чиста поверхня без слідів бруду, олії, іржі або окалини, а також графіту чи сірки.

Крім того, вона повинна бути гладкою, іншими словами, без тріщин, вибоїн, розшарування та раковин, які є дефектами прокату.

Для захисту зварювальної дуги та зварювальної ванни приймаємо суміш двоокису вуглецю з аргоном у співвідношенні 18% двоокису вуглецю до 82% аргону.

2.4 Розрахунок режимів зварювання

Діаметр електродного дроту

$$d = \sqrt[4]{h_p \pm 0.05 \cdot h_p} \text{ мм}^2, \quad (2.1)$$

де h_p - глибина проплавлення, мм.

$$d = \sqrt[4]{9 \pm 0.05 \cdot 9} = 1,6 \text{ мм.}$$

Швидкість зварювання

$$V_{зв} = K_v \cdot \frac{h_p^{1.61}}{e^{3.36}}; \quad (2.2)$$

$$V_{зв} = 10 \cdot \frac{9^{1.61}}{e^{3.36}} = 17.8 \text{ м/с.}$$

де $K_v = 10$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру дроту.

Зварювальний струм

$$I_{зв} = K_v \cdot \frac{h_p^{1.32}}{e^{1.07}}; \quad (2.3)$$

$$I_{36} = 75 \cdot \frac{9^{1.32}}{e^{1.07}} = 247,5 \text{ А.}$$

Напруга зварювання

$$U_3 = 14 + 0.05 \cdot I_{36}; \quad (2.4)$$

$$U_3 = 14 + 0,05 \cdot 247,5 = 26,34 \text{ В.}$$

Розрахунок витрати зварювального дроту

$$M = K \cdot (1 + \phi_p) \cdot M_{nm} \text{ мм}, \quad (2.5)$$

де K – коефіцієнт витрати дроту;

ϕ_p – коефіцієнт втрат на розбризкування;

M_{nm} – маса наплавленого металу, кг.

$$M = 1.04 \cdot (1 + 0.14) \cdot 23.9 = 25.2 \text{ кг.}$$

Розрахунок витрати захисного газу

$$Q_{pz} = q_{pz} \cdot t_3; \quad (2.6)$$

$$Q_{pz} = 15 \ 882 = 13320 \text{ л.}$$

2.5 Вибір зварювального та складального обладнання

Відповідно до виду конструкції та матеріалу вибираємо імпульсний зварювальний апарат Lorch серії S 3-SpeedPulse.

Переваги імпульсних зварювальних напівавтоматів Lorch серії SpeedPuls:

- робота з алюмінієм, сталлю, в т.ч. з нержавіючої;
- чудовий контроль за зварювальною дугою та зварювальною ванною;
- практична відсутність необхідності доопрацювання зварювального шва;
- висока якість шва;
- найвища швидкість зварювання.

У зварювальних напівавтоматах Lorch серій S та S-SpeedPuls реалізовано можливість регулювання динаміки зварювальної дуги – функція ХТ.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд зварювального апарату Lorch серії S 3-SpeedPulse.

Завдяки регулюванню динаміки процес зварювання стає ще більш стабільним.

ХТ поєднує всі найкращі характеристики, що створює більш просту, комфортну, кращу в керуванні імпульсне зварювання з регулюванням напруги.

1. Покращене зварювання зазорів шляхом зміни вильоту електрода.
2. Активна протидія відхиленням дуги шляхом зменшення довжини дуги.
3. Найкращий контроль при зварюванні в обмеженому просторі: кутові з'єднання тощо.

4. Стабільність без стрибків напруги/струму.

5. Мале утворення бризгів.

6. Без чутних змін частоти.

7. При SpeedPulse ХТ – помірне регулювання довжини дуги.

8. Простий та зручний процес зварювання.

9. Зменшення витрат на обробку деталі після зварювання.

Легкі налаштування роботи імпульсного зварювального напівавтомату Lorch SpeedPuls дозволяють навіть новачкам отримувати ідеальну якість зварювальних сполук.

З використанням описаних напівавтоматів швидкість зварювання зростає на 48%.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики зварювального апарату

Параметри	Значення
Напруга живлення,	380 А
MIG/MAG зварювальний струм, А	25-320А
Кількість роликів у механізмі подачі	4
Діаметр алюмінієвого дроту (min-max), мм	1,0-1,2 мм
Діаметр сталевого дроту (min-max), мм	0,6-1,2 мм
Клас захисту	IP23

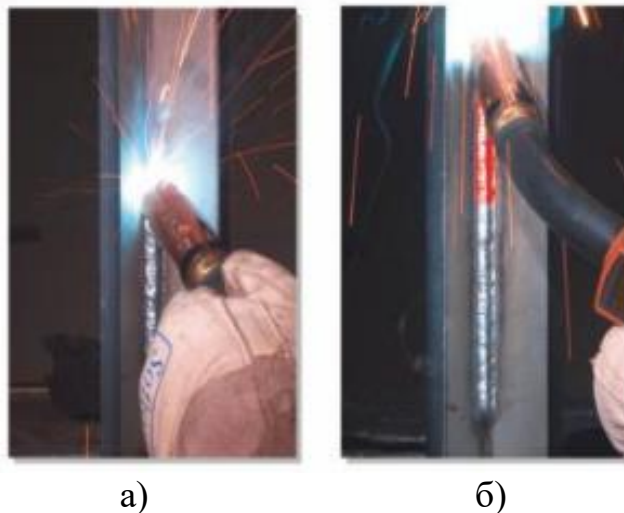


Рисунок 2.4 – Вертикальні шви: а) технологія знизу-вверх, б) технологія SpeedUp

Дані напівавтомати об'єднують функції дуги зі струминним перенесенням та імпульсною дугою. Переміщення матеріалу в процесі виконання ТП безперервне, виключаючи крізного роду замикання.

Для вибраного ТП зварювання вибираємо каретку Lizard.

Це самохідна компактна програмована каретка для дугового зварювання методом MIG/MAG зварних швів великої довжини з переміщенням по конструкції, що зварюється.



Рисунок 2.5 – Загальний каретки Lizard

Lizard може бути запрограмований виконання тривалого чи стіжкового зварювального шва. За допомогою двох кнопок визначається тип зварного шва і такі параметри як довжина, відстань між стібками, заповнення шва, час заповнення кратера та інші.

Важлива додаткова функція зварювальної каретки Lizard – це маятниковий блок коливань. Каретка може автоматично визначити роботу блоку та налаштувати відповідний режим роботи.

Блок коливань значно збільшує функціональність каретки, дозволяючи працювати у місцях недоступних для зварювальника.

Дуже важливою опцією є блок осциляції. Він автоматично визначає необхідні параметри зварювальної операції.

Блок осциляції значно розширює можливості зварювального трактора, особливо при зварюванні швів з обробкою кромки та вертикальних швів.

Відповідно до необхідних умов вибираємо джерело живлення напівавтомат зварювальний Fubag INMIG 500T DW SYN з DRIVE INMIG DW.

Fubag INMIG 500T DW SYN – трифазний інверторний зварювальний апарат Fubag, оснащений дачі дроту DRIVE INMIG для тривалих зварювальних робіт у режимі зварювання MIG-MAG.

Напівавтомат INMIG 500 T DW SYN працює в режимах MIG-MAG, MMA, TIG та має синергетичне керування з можливістю вибору зварювальних параметрів.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики каретки Lizard

Параметри	Значення
Напруга мережі живлення	220 В
Швидкість руху	0 – 1200 мм/хв
Робоча напруга	25 В
Регулювання направляючих	75 мм
Регулювання пальника вверх/вниз	35 мм
Регулювання пальника кут	360 ⁰
Вага	13,5 кг

Інвертор має цифровий дисплей та оснащений можливістю регулювання гарячого старту, форсажу дуги, режиму роботи пальника, вибору типу зварювання та охолодження пальника.

Апарат оснащений можливістю регулювання швидкості подачі дроту, зварювального струму, індуктивності, напруги дуги, заварювання кратера, продування газом та іншими параметрами зварювання.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд зварювального апарату Fubag INMIG 500T DW SYN

Зварювальний напівавтомат Fubag INMIG 500 T DW SYN має легке керування всіма важливими параметрами зварювання на лицьовій панелі джерела та пристрою, що подає, з цифровою індикацією параметрів і високою продуктивністю.

Напівавтомат показує відмінні результати в діапазоні струму 35-500А в режимі MIG/MAG з дротом діаметром від 0,6 до 1,6 мм, котушкою, вагою 15 кг і діаметром 300 мм. Апарат має вбудовану функцію термозахисту з індикацією перегріву.

Тривалість увімкнення (ПВ) 60% при 40 С. Функція VRD у режимі ручного дугового зварювання MMA знижує напругу холостого ходу до безпечного рівня.

Регулювання індуктивності забезпечує стабільність дуги та зварювального процесу, а 4-х роликів механізм, що подає, забезпечує плавну подачу дроту.

Якісне та надійне складання зварювального напівавтомата підтверджується:

- швидкознімними роз'ємами;
- ізоляцією типу "шуба" ніжок транзисторів;
- індивідуальним кріпленням транзисторів пастою та гвинтиком.

Швидке підключення зварювальних кабелів та євророз'єми для пальника гарантує зручність використання.

Відмінні функції.

1. Три види зварювання виробів в одному апараті (MMA, MIG-MAG, TIG LIFT).
2. Виносний 4-х роликів механізм подачі DRIVE INMIG з шланг-пакетами різної довжини.
3. Синергетичне керування в режимі MIG зварювання.
4. Цифрова індикація параметрів зварювання на механізмі подачі DRIVE INMIG.
5. Котушка діаметром 300 мм.

6. Функції заварювання кратера та продування газом.
7. Система охолодження тунельного типу.
8. Вбудована функція термічного захисту зварювального апарату з індексацією перегріву.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики зварювального апарату

Параметри	Значення
Напруга живлення	400 А
MIG/MAG зварювальний струм	50-500А
Споживана потужність	26 кВт
Діаметр дроту	0,6-1,6 мм
Діаметр котушки	300/15 мм/вагу

Вибираємо подаючий механізм FUBAG DRIVE INMIG DW SYN PULSE . Механізм подачі DRIVE INMIG DW SYN PULSE забезпечує можливість роботи у віддаленні від джерела.

Апарат має цифровий дисплей та оснащений можливістю регулювання швидкості подачі дроту, зварювального струму, індуктивності та напруги дуги.

Режим роботи напівавтоматичне зварювання (MIG/MAG).



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд подаючого механізму FUBAG DRIVE INMIG DW SYN PULSE

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики подаючого механізму

Параметри	Значення
Напруга живлення	500 А
Зварювальний струм	60 А
Кількість роликів	4
Діаметр дроту	6-1,6 мм
Діаметр котушки	300 мм

2.6 Технологічний процес збирання виробу та контроль якості зварних з'єднань

Застосування зварювальних пристроїв дозволяє:

- зменшити трудомісткість робіт;
- підвищити продуктивність праці;
- скоротити тривалість виробничого циклу;
- покращити умови праці;
- підвищити якість продукції;
- розширити технологічні можливості зварювального обладнання;
- сприяє підвищенню комплексної механізації та автоматизації виробництва та монтажу зварних виробів.

До конструкцій зварювальних пристроїв пред'являється ціла низка вимог:

- зручність в експлуатації (передбачає доступність до місць встановлення деталей, затискних пристроїв та пристроїв управління, місць накладання прихваток та зварних швів, зручні пози робітника, мінімум його нахилів та ходінь та інші вимоги наукової організації праці);
- забезпечення заданої послідовності складання та накладання швів відповідно до розробленого технологічного процесу;
- забезпечення заданої якості зварного виробу (пристосування має бути досить міцним і жорстким, а деталі, що закріплюються, залишатися в необхідному положенні без деформування їх при зварюванні);

- можливість використання зварювальних пристроїв типових, уніфікованих, нормалізованих та стандартних деталей, вузлів та механізмів (це сприяє зниженню їх собівартості пристроїв, термінів їх проектування та виготовлення, підвищенню ремонтноздатності тощо);

- технологічність деталей та вузлів пристосування, а також пристосування загалом;

- використання механізмів для завантаження, подачі та встановлення деталей, зняття, виштовхування та вивантаження зібраного виробу, застосування інших засобів комплексної механізації.

На рисунку 2.7 представлено схему ТП складання та зварювання верхньої секції стріли крана.

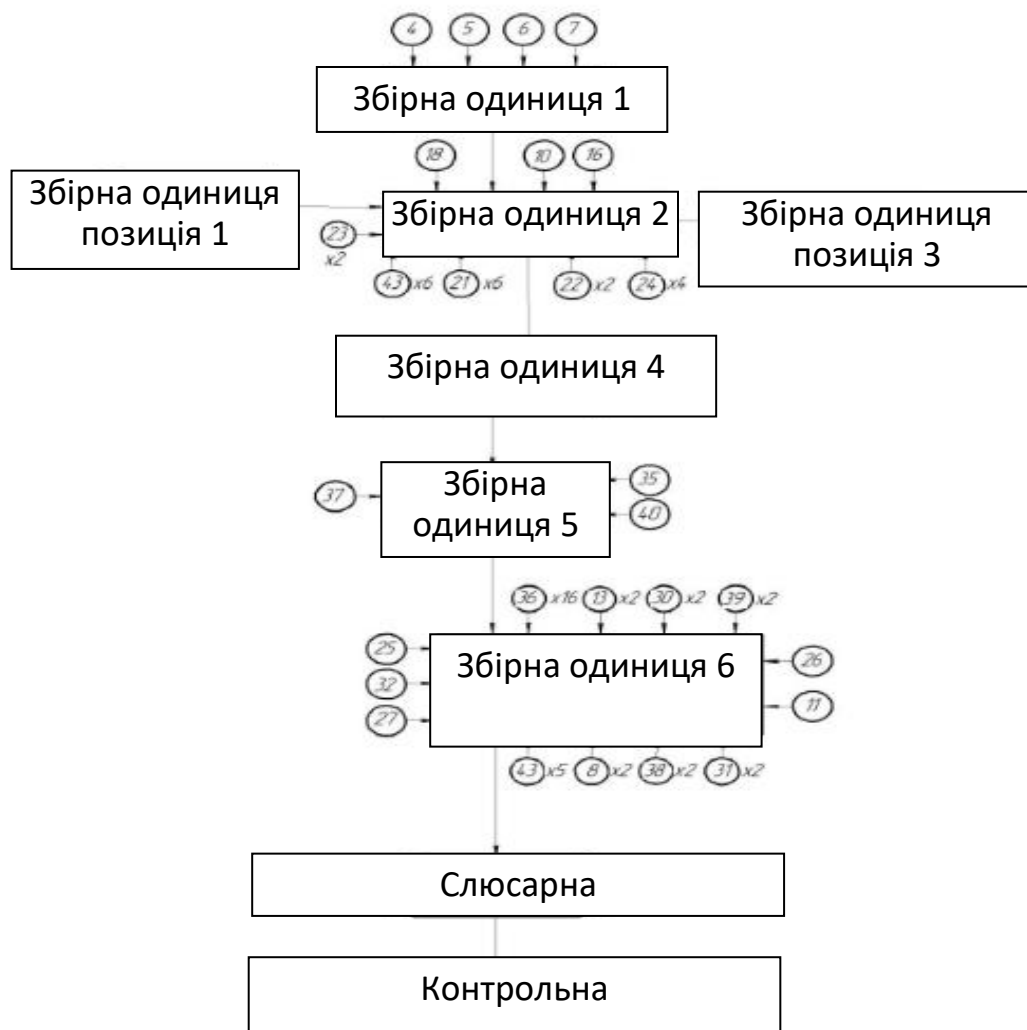


Рисунок 2.7 – Схема ТП складання та зварювання верхньої секції

На основі представленої схеми складаємо поопераційну технологію.

Таблиця 2.6 – Поопераційна технологія

005	Комплектуюча
010	Збиральна
015	Зварювальна
020	Переміщення
025	Слюсарна
030	Зварювальна
035	Слюсарна
040	Слюсарна
045	Контрольна
050	Збиральна
055	Зварювальна
060	Зварювальна
065	Збиральна
070	Зварювальна
075	Зварювальна
080	Збиральна
085	Зварювальна
090	Зварювальна
100	Зварювальна
105	Зварювальна
110	Слюсарна
115	Дрібноструйна очистка
120	Слюсарна
125	Контрольна

Дефекти зварних з'єднань – відхилення від заданих властивостей, суцільності та форми шва, властивостей та суцільності навколошовної зони, що призводить до порушення міцності та інших експлуатаційних характеристик виробу.

Дефекти бувають зовнішні, внутрішні та наскрізні.

Дефекти форми та розмірів шва:

- неповномірність швів;
- нерівномірність шва;

- несиметричність шва;
- горбистість шва;
- грибоподібність;
- бічні виплески металу;
- подрізи шва;
- напливи;
- пропали.

Дефекти, що порушують суцільність зварних з'єднань:

- непровари;
- тріщини;
- пори;
- шлакові включення.

Дефекти можуть бути допустимими та недопустимими. Вигляд та розмір допустимих дефектів зазвичай вказується в технічних умовах або стандартах на цей вид виробу.

Під час виготовлення верхньої стріли секції крана КС-5371 застосовується візуальний вимірювальний контроль зварних швів. Зовнішнім оглядом виявляють невідповідність шва геометричним розмірам, напливи, подрізи, глибокі кратери, пропали, тріщини, непровари, нориці та пори тощо. [14].

Зварні з'єднання розглядаються неозброєним оком або за допомогою лупи при хорошому освітленні (не менше 500 люмен); обмір швів виробляють за допомогою інструментів та шаблонів-катетомерів.

Найпоширеніший метод є ехо-імпульсний. За його допомогою контролюють близько 95% зварювальних швів. Ехо-метод заснований на пронизуванні контрольованого об'єкта ультразвуковими.

По амплітуді та часу проходження ехо-сигналів визначаються умовні розміри та координати розташування дефекту. Також існують способи для визначення форми і конфігурації дефекту це площинний та об'ємно-площинний.

Чим більша різниця акустичних імпедансів у металу зварного шва – тим вищий коефіцієнт відображення та амплітуда відбитого сигналу. Ехо-імпульсний метод відрізняється високою чутливістю може проводитися лише за одностороннього доступу до об'єкта. Недоліки даного методу – залежність амплітуди ехо-сигналів від просторової орієнтації деталі та шорсткості її поверхні.

Операційний контроль зварювальних робіт.

Операційний контроль зварювальних робіт виконується виробничими майстрами служби зварювання та контрольними майстрами служби технічного контролю (СТК).

Перед початком зварювання перевіряється [14]:

- наявність у зварювальника допуску до виконання даної роботи;
- якість складання або наявність відповідного маркування на зібраних елементах, що підтверджують належну якість складання;
- стан кромки та прилеглих поверхонь;
- наявність документів, що підтверджують позитивні результати контролю зварювальних матеріалів;
- стан зварювального обладнання або наявність документа, що підтверджує належний стан обладнання;
- температура попереднього підігріву деталей, що зварюються.

У процесі зварювання перевіряється :

- режим зварювання;
- послідовність накладання швів;
- розміри шарів шва, що накладаються, і остаточні розміри шва;
- наявність тавра зварювальника на зварному з'єднанні після закінчення зварювання.

Контроль зварних з'єднань сталевих конструкцій.

Контроль якості зварних з'єднань сталевих конструкцій виконується візуально вимірювальним контролем із перевіркою геометричних розмірів та форми швів в обсязі 100%.



Рисунок 2.8 – Ультразвуковий дефектоскоп

При виготовленні верхньої стріли секції крана застосовується візуально-вимірювальний контроль деталей.

Даним способом контролюють вихідні деталі та готову продукцію, виявляють відхилення форми деталей та виробів, вади металу, обробки поверхні та видимі дефекти зварних швів.

Переваги візуального та вимірювального контролю:

- простота контролю;
- просте обладнання;
- мала трудомісткість.

При контролі стикових зварних з'єднань, виконаних без підкладних колій, слід враховувати наступні особливості:

- крім ехо-сигналів від дефектів типу непроварів і тріщин, що розташовуються переважно в кореневій зоні, а також пір та шлакових включень, які можуть знаходитися в будь-якій зоні наплавленого металу шва, на екрані дефектоскопа в зоні контролю можуть з'явитися ехо-сигнали від:

- провисання в корені шва;
- зміщення кромки через різну товщину або через не співвісність елементів, що зварюються.

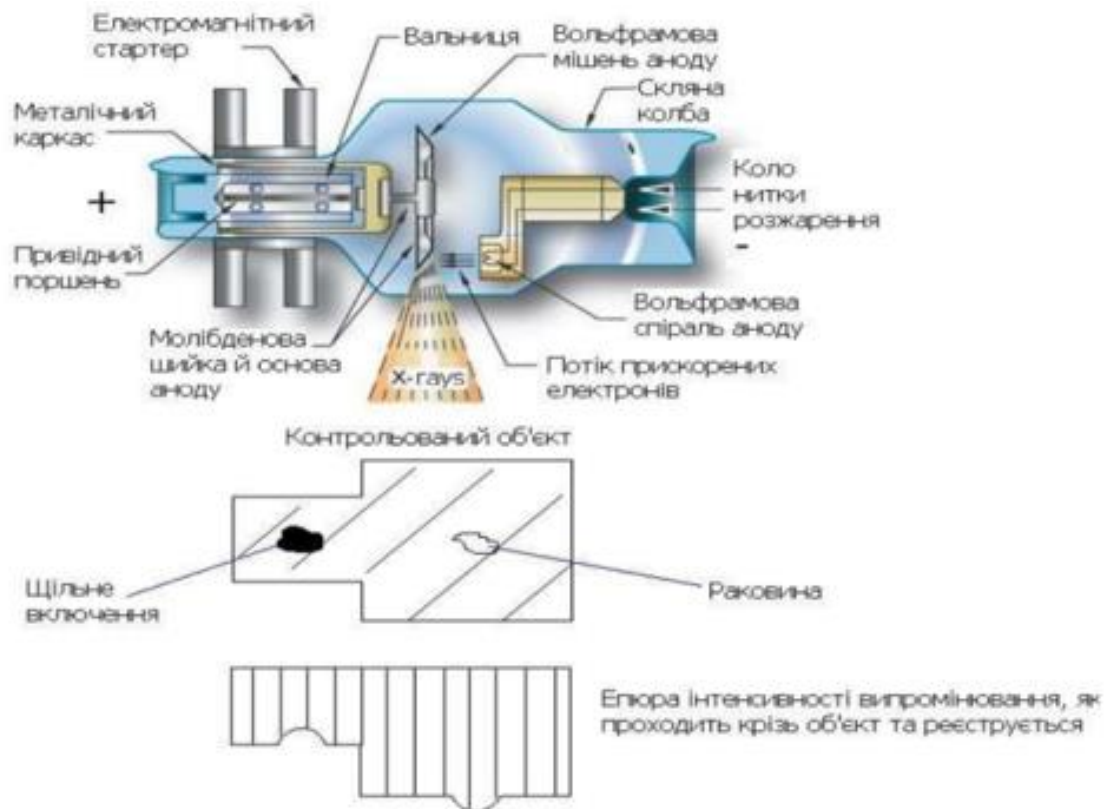


Рисунок 2.9 – Просвічування об'єкту

Розрізняють три основних методи радіаційного контролю:

- радіографічний – інтенсивність випромінювання, що пройшло через об'єкт. Радіографічний знімок - радіограма. Радіографічний спосіб контролю відзначається простотою та можливістю документальності контролю;
- радіоскопічний – зображення просвіченого об'єкта перетворюється у світлотіньове. У якості детектору приймається флуоресцентний монокристалічний екран. Зображення зчитується через оптичну систему та передаються на телевізійну трубку;
- радіометричний – проводять заміри інтенсивності іонізуючого випромінювання, що пройшло через деталь.

Методика контролю стикових зварних з'єднань.

Контроль проводиться прямим і одноразово відбитим променем із двох сторін шва із зовнішнього боку виробу. По внутрішній поверхні допускається контролювати зварні стикові з'єднання з внутрішнім діаметром виробу не менше 1200 мм.

При неможливості проведення контролю прямим чи одноразово відбитим променем допускається проводити контроль багаторазово відбитим променем.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок затискного пристрою

Визначимо ексцентриситет ексцентрика з умови самогальмування

$$e = 0.8 \cdot \frac{D}{2}, \quad (3.1)$$

де D – діаметр ексцентрика, $D = 40-80$ мм.

$$e = 0.8 \cdot \frac{80}{2} = 32;$$

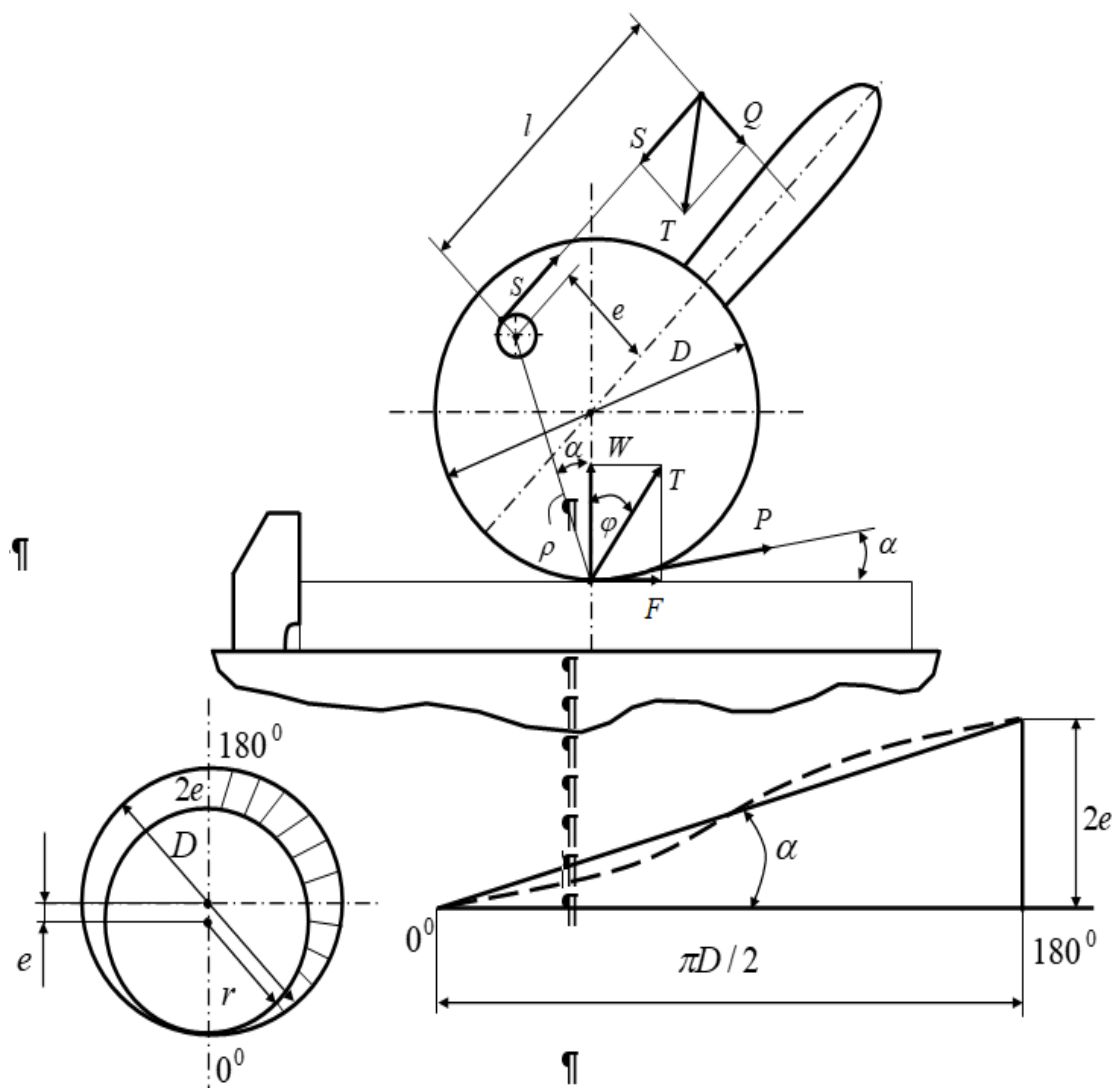


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема ексцентрикового притискача

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2e}{D} = 0,8.$$

Для надійного закріплення деталі має виконуватися умова самогальмування ексцентрика

$$P_e \leq F_{mp} \cdot \frac{D}{2} + F_{mk} \cdot \frac{d}{2}, \quad (3.2)$$

де e – ексцентриситет, мм;

D – діаметр ексцентрика, мм;

d – діаметр осі обертання кулачка, мм;

F_{mp} – сила тертя в контактї, кулачок – деталь, Н;

F_{mk} – сила тертя на осі обертання кулачка. Н.

F – площа поперечного перерізу штока, мм².

Силою тертя на осі обертання кулачка можна знехтувати, тоді умова самогальмування виражатиметься таким чином

$$P_e \leq f \cdot P \cdot \frac{D}{2}; \quad (3.3)$$

$$P_e = 0,8 \cdot 150 \cdot \frac{350}{2} = 21000 \text{ Н.}$$

Кут підйому криволінійного клина

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2e}{\pi D} = \frac{2 \cdot 32}{3,14 \cdot 80} = \frac{64}{126} = 0,507. \quad (3.4)$$

$$\alpha = 26^\circ 56'.$$

Сила закріплення заготовки

$$W = \frac{Pl}{\rho [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1]}, \quad (3.5)$$

де l – довжина рукоятки, $l = 250$ мм;

ρ – відстань від точки прикладання сили закріплення заготовки до цапфи,
 $\rho = 60$ мм;
 $\operatorname{tg}\varphi$ – кут тертя в цапфі, $\operatorname{tg}\varphi = f = 0,1$;
 P – сила на рукоятці, $P = 180$ Н.

$$W = \frac{180 \cdot 0,25}{0,06 [\operatorname{tg}(38^{\circ}60' + 26^{\circ}50') + \operatorname{tg} 26^{\circ}50']} = \frac{180 \cdot 0,25}{0,06 \cdot [2,24 + 0,48]} = 2,82 \cdot 10^2 \text{ Н.}$$

3.2 Проектування складально-зварювальних пристроїв

Одним із найголовніших та найефективніших напрямків у розвитку технічного прогресу є комплексна механізація та автоматизація виробничого процесів, зокрема процесів зварювального виробництва.

Автоматизація зварювальних процесів спрямована на підвищення якості зварних з'єднань, а також на їх стабілізацію при виробництві однотипних виробів шляхом виключення впливу таких факторів, як кваліфікація та стомлюваність робітника. Виключаючи або зводячи до мінімуму кількість неприпустимих дефектів зварних швів, вона значно зменшує втрати робочого часу, матеріальні та енергетичні витрати, пов'язані з виправленням шлюбу, а також економить трудові ресурси.

Перед зварюванням за допомогою оправки до зворотного боку зварних швів притискаються мідні підкладки, щ об уникнути протікання розплавленого металу, оскільки зварювальна дуга горить безпосередньо в зазорі між деталями. Крім того, підкладки дозволяють забезпечити формування зворотного валика.

Процес зварювання здійснюється наступним чином: зварювальна каретка рухається безпосередньо по коробі верхньої секції, базується по кромках за допомогою роликів напрямних, в конструкцію яких були внесені зміни для стійкого кріплення каретки на коробі верхньої секції.

Пальники закріплені на зварювальній каретці за допомогою регульованого кріплення, подвійний тримач пальника забезпечує кріплення двох пальників одночасно.

Напівавтомат LorchSapromS 3 SpeedPulse дозволяє робити зварювання при здвоєній подачі.

Каретка Lizard має систему зворотного зв'язку, яка дозволяє стабілізувати швидкість руху, знижувати до мінімуму кількість дефектів шва. Автоматична система ARC включає зварювальне обладнання на початку руху каретки, а також забезпечує одночасний процес зварювання та пересування каретки. Lizard може бути запрограмована виконання безперервного або інтервального зварного шва, що дозволяє здійснити зварювання зворотно-ступінчастим способом, який значно знижує деформації.

Знижує величину деформацій та зварювальний мультипроцесорний напівавтомат LorchSapromS 3 SpeedPulse. Його режим SpeedArc контролює погонну енергію, яка впливає на якість шва та деформацію при зварюванні.

Колона механізована призначена для правильного позиціонування зварювального напівавтомата щодо виробу та його переміщення із заданою швидкістю у процесі зварювання.

Ця установка дозволяє проводити одностороннє зварювання секції верхньої за один прохід з повним проплавленням. При цьому підготовка кромки не потрібна.

Цей спосіб зварювання не тільки значно знижує основний час зварювання, але й виключає час, що витрачається на механічну підготовку кромки, а також зменшує час на подальшу слюсарну обробку поверхонь, оскільки технологія зварювання SpeedPulse забезпечує практично безперервний перенесення крапель, що в свою чергу майже повністю виключає бризки в час зварювання. Технологія SpeedPulse відрізняється незначною теплопередачею, що забезпечує мінімальну величину деформації та найкраща якість шва.

Розміщення цеху – всіх його виробничих відділень та ділянок, а також допоміжних, адміністративно-конторських та побутових приміщень має по можливості повністю задовольняти всі специфічні вимоги процесів, що підлягають виконанню в кожному з цих відділень.

У цьому полягає одне з основних завдань оптимального проектування промислових підприємств.

Відповідно до різних типів зварювальних виробництв та різновидів їх організації у практиці проектування одноповерхових складально-зварювальних цехів встановилися певні типові схеми взаємного розташування. Кожна типова схема відповідає вимогам організації окремих різновидів зварювальних виробництв.

Ми пропонуємо використати типову схему зі змішаним напрямом виробничого потоку.

Переміщення оброблюваного металу та деталей, що виготовляються, складальних одиниць і виробів виконується мостовим краном. Спеціалізація прольотів у заготівельному відділенні здійснюється за групами сортаменту оброблюваного металу, а у відділеннях вузлового та загального складання – зварювання – за типорозмірами виробів, що виготовляються.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Характеристика шкідливих речовин при механізованому зварюванні в захисних газах

Хімічний склад і рівні виділень ЗА (зварювального аерозолі) при механізованому зварюванні в захисних газах залежать від складу зварювального дроту, захисного газу та режимів зварювання.

При зварюванні дротом типової марки Св-08Г2С у вуглекислому газі інтенсивність виділення ЗА в залежності від параметрів режиму зварювання і діаметру дроту коливається від 0,2 до 1,6 г/хв, питомі виділення – від 4,6 до 20,3 г/кг дроту.

При цьому, не дивлячись на незначний вміст марганцю в зварювальному дроті (1,8...2,1 %), його вміст в ЗА, що утворюється, досягає 11,1...13,7 %. Концентрація діоксиду кремнію складає 7,6...10 %, а заліза – 54...85 %.

З підвищенням вмісту легуючих елементів (Mn, Si) в зварювальному дроті їх концентрація в ЗА та рівні виділень підвищуються. При застосуванні дротів, мікролегованих рідкоземельними металами (РЗМ), які вміщують незначну кількість церію (0,01...0,03 %) і трохи знижену кількість марганцю (1,5...1,8 %), рівні виділення ЗА і вміст у ній токсичного марганцю знижується.

Цьому сприяє не тільки знижений вміст марганцю в дроті, але й можливість проводити зварювання струмом прямої полярності, при якій температура дуги нижча, ніж в дузі зворотної полярності.

Такі переваги в гігієнічному відношенні забезпечують наявність в дроті РЗМ. Крім ЗА при зварюванні в захисних газах в зоні зварювальної дуги утворюються і шкідливі газоподібні речовини, склад яких визначається складом захисного газу.

При зварюванні у вуглекислому газі в повітря робочої зони виділяється монооксид вуглецю (чадний газ) з інтенсивністю 0,1...0,2 г/хв та оксиди азоту – 0,003...0,015 г/хв.

Основною причиною утворення монооксиду вуглецю є дисоціація вуглекислого газу при високій температурі зварювальної дуги. Оксиди азоту утворюються в результаті окиснення азоту повітря при дії на нього теплоти і випромінювання зварювальної дуги.

Оскільки дуга горить в атмосфері захисного вуглекислого газу, то інтенсивність утворення оксидів азоту дуже невелика порівняно з утворенням монооксиду вуглецю. При використанні в ролі захисного газу аргону або його суміші в повітрі робочої зони з'являється озон, який утворюється із кисню повітря та захисного газу під дією ультрафіолетового випромінювання дуги.

Концентрація озону в початковий період зварювання висока, але потім він реагує з оксидом азоту із утворенням діоксиду азоту та кисню. Причому озон утворюється не тільки в зоні дуги, а і на деякій відстані від неї. Концентрація озону в повітрі знижується пропорційно відстані віддалення від дуги.

При механізованому зварюванні порошковими дротами у вуглекислому газі рутилового (ПП-АН8, ПП-АН10), рутил-флюоритного (ПП-АН9, ППАН18), а також самозахисними дротами карбонатно-флюоритного типу (ППАН7, ПП-АН11) утворюються ЗА і гази, що вміщують, крім марганцю, кремнію, заліза, оксидів азоту та вуглецю, також фтористий водень, тетрафтористий кремній, розчинні і нерозчинні фториди.

Інтенсивність виділення ЗА при зварюванні цими дротами вища, ніж при застосуванні дротів суцільного перерізу, виділення фтористого водню складає 16,6...56,7 мг/хв, тетрафтористого кремнію – 29,3...78,7 мг/хв.

Таким чином, при зварюванні порошковими дротами в залежності від їх складу основними шкідливими речовинами, що надходять в повітря робочої зони є фтористі гази, розчинні фториди та сполуки марганцю. При використанні хромонікелевих зварювальних і наплавних порошкових дротів, а також наплавних порошкових стрічок, у складі ЗА, крім фторидів, можуть бути присутні сполуки нікелю, шестивалентного та трьохвалентного хрому, які в залежності від їх вмісту в ЗА можуть визначати його токсичність.

При зварюванні активованим дротом інтенсивність утворення ЗА на оптимальних режимах нижча, ніж при використанні порошкових дротів і вища, ніж при зварюванні дротом суцільного перерізу типу Св-08Г2С.

Вміст марганцю в ЗА, який утворюється при зварюванні активованим дротом нижча, ніж у випадку застосування дроту Св-08Г2С.

Проте у складі таких ЗА 42 з'являються легколетючі розчинні та нерозчинні сполуки фтору. При збільшенні діаметру дроту інтенсивність утворення ЗА зростає.

Найбільш токсичними компонентами ЗА при зварюванні активованими дротами є сполуки марганцю та фтору.

Рівень виділень ЗА залежить від параметрів процесу зварювання: величини зварювального струму і напруги дуги, діаметру електродного дроту та складу захисного газу.

Виділення ЗА підвищується із збільшенням окиснювальної здібності захисного газу: введення до його складу інертного газу замість вуглекислого газу знижує рівень виділень ЗА.

Підвищення напруги дуги призводить до збільшення рівня виділення ЗА. Залежності інтенсивності і питомих виділень ЗА мають складний вид.

Із збільшенням величини зварювального струму і одночасно напруги дуги інтенсивність утворення ЗА спочатку підвищується, а потім знижується до мінімуму, після чого знову починає зростати.

При цьому питомі виділення ЗА в основному знижуються.

Для кожного діаметру зварювальних дротів існують певні значення зварювального струму, при яких виділяється максимальна кількість ЗА, та ділянка значень сили струму, що забезпечує мінімальну інтенсивність утворення аерозолію.

Залежності інтенсивності утворення шкідливих газів (монооксиду вуглецю та діоксиду азоту) від величини зварювального струму мають параболічний вид. Мінімальна інтенсивність утворення монооксиду вуглецю та діоксиду азоту реєструється при зварюванні зануреною дугою.

4.2 Технологічні способи зниження шкідливих виділень

При механізованому зварюванні в захисних газах рівень утворення ЗА та його хімічний склад в значній мірі залежать від окиснювальної здатності захисного газу. Активний газ CO_2 , виконуючи захисні функції металу шва, в той же час є окиснювачем і сприяє утворенню ЗА як за рахунок випарування, так і за рахунок окиснення електродного та основного металу.

Тому зварювання в CO_2 характеризується відносно високим рівнем виділення ЗА, а також шкідливих газоутворюючих компонентів CO , NO , NO_2 . Введення в склад захисної суміші інертного газу (Ar) послаблює її окиснювальну здатність і тим самим знижує рівень виділень ЗА, оскільки при цьому його утворення відбувається тільки за рахунок випарування металу.

Крім того, зменшення утворення ЗА пояснюється зміною характеру переносу електродного металу (при зварюванні в аргонових сумішах він стає струминним) та зниженням рівня його розбризкування. Так, при використанні захисного газу у вигляді суміші вуглекислого газу (30 %) із аргоном (70 %) замість вуглекислого газу інтенсивність утворення ЗА при зварюванні на оптимальних режимах знижується більш, ніж у 2 рази, питомі виділення ЗА – в 2,5 рази.

При використанні захисного газу, який містить 25 % вуглекислого газу, 70 % аргону та 5 % кисню, що підвищує окиснювальну здатність захисного середовища в порівнянні з захисним газом (30 % вуглекислого газу та 70 % аргону), рівень виділень ЗА дещо підвищується.

Слід також враховувати, що при зварюванні в аргонових сумішах різко підсилюється інтенсивність ультрафіолетового випромінювання зварювальної дуги, яке є причиною підвищеного утворення озону. Причому озон утворюється не тільки в зоні дуги, але й на деякій відстані від неї, зменшуючи свою концентрацію пропорційно відстані від дуги. Тому виникають додаткові проблеми, пов'язані з локалізацією озону в об'ємі зварювального приміщення або з необхідністю екранування випромінювання дуги.

Стримувати утворення ЗА шляхом ослаблення окиснення електродного металу можна як за рахунок зміни складу захисного середовища, так і за рахунок збільшення площі газового захисту.

Якщо просто збільшити швидкість подачі захисного газу, то це може мати протилежний ефект, так як підвищена швидкість струменю захисного газу може призвести до затягування в зону дуги кисню з навколишньої атмосфери.

Зазвичай кращий захист забезпечується при низьких швидкостях подачі захисного газу, однак він може здуватися протягами повітря.

Оптимальний газовий захист можна забезпечити за рахунок збільшення його площі шляхом застосування другого газового сопла паралельно першому.

Регулювання режиму зварювання (сили зварювального струму та напруги дуги) приводить до зміни рівня виділень ЗА.

Залежності рівнів виділень ЗА від режиму зварювання мають складний вигляд: зі збільшенням величини зварювального струму та одночасно напруги дуги інтенсивність утворення ЗА спочатку підвищується, потім знижується до певного мінімального значення, після чого знову починає зростати.

При цьому питомі виділення ЗА в основному знижуються. Такі складні залежності рівнів виділень ЗА від режиму зварювання пояснюються впливом на процес виділення ЗА потужності дуги, характеру переносу електродного металу та рівня його розбризкування, що залежить, в свою чергу, від складу зварювальних дротів, захисного газу та режиму зварювання.

На ділянці режимів зварювання, в межах якої інтенсивність утворення ЗА збільшується при підвищенні зварювального струму, зварювальний процес супроводжується коротким замиканням дугового проміжку краплями електродного металу, а вибухи перемичок посилюють інтенсивність викиду пари за межі дуги.

Аналогічним змінам у рівні виділень ЗА сприяє збільшення довжини дуги, а відповідно, і часу переносу та випарування крапель металу. При переході до крапельного або до струминного переносу без замикань дугового проміжку, а також по мірі занурення дуги у ванну, викликаним подальшим

збільшенням зварювального струму, інтенсивність утворення ЗА починає знижуватися та досягає мінімуму при повному зануренні дуги.

Отже, при зварюванні в захисних газах дротом суцільного перерізу в межах технологічно допустимих режимів зварювання існує ділянка зменшеного виділення ЗА.

Підвищення зварювального струму з режиму, який звичайно застосовується (400 А) до рекомендованого з гігієнічних позицій (430 А) дозволяє при зберіганні продуктивності процесу знизити питомі виділення ЗА більш, ніж у 3 рази і відповідно зменшити об'єми 53 необхідної вентиляції.

Ділянка різкого зниження інтенсивності виділень ЗА відповідає різкому зануренню дуги в основний метал і відбувається при певних значеннях потужності дуги, що визначається, насамперед, діаметром зварювального дроту (в даному випадку це – 12,3 кВт).

Ділянка значень сили струму, що забезпечує мінімальне виділення ЗА (0,7...0,8 г/хв) при зварюванні в аргонних сумішах знаходиться в межах 370...500 А, при зварюванні в вуглекислому газі – знаходиться в межах 420...500 А.

Завдяки тому, що ділянка струму з мінімальними виділеннями ЗА при використанні аргонних сумішей починається при більш низьких значеннях зварювального струму, ніж у випадку зварювання в CO₂, застосування цих сумішей розширює можливості маневрувати у технологічно допустимому діапазоні режимів зварювання та знижувати виділення аерозолі.

Дослідження залежностей рівнів виділень ЗА від режиму зварювання та діаметру зварювального дроту показують, що при використанні дроту меншого діаметру (1,6 мм) на режимах, які зазвичай застосовують в порівнянні зі зварюванням дротом діаметром 2,0 мм, інтенсивність утворення ЗА знижується приблизно в 2 рази, питомі виділення – в 2,5 рази.

При цьому максимум та мінімум інтенсивності виділень відбуваються при більш низьких значеннях зварювального струму, що пояснюється впливом на виділення аерозолі змін характеру переносу електродного металу.

При застосуванні дротів меншого діаметру ці зміни характеру переносу металу і, відповідно, ділянка режимів, яка забезпечує мінімальне виділення аерозолі, починається при більш низьких значеннях зварювального струму, що дозволяє значно знизити рівень шкідливих виділень як за рахунок вибору відповідного режиму зварювання, так і за рахунок застосування дротів меншого діаметру (див. рис. 4.4 і 4.5).

Таким чином, при розробці технологічних рекомендацій по зниженню рівня шкідливих виділень при механізованому зварюванні в захисних газах необхідно керуватися такими закономірностями утворення ЗА:

1. Хімічний склад аерозолі, що утворюється при зварюванні в захисних газах, визначається в основному складом зварювального дроту та захисного газу.

2. Інтенсивність утворення ЗА залежить, по-перше, від потужності зварювальної дуги; по-друге, від характеру переносу електродного металу і ступеня його розбризкування також залежного від характеру переносу електродного металу. Останній, в свою чергу, визначається режимом зварювання, складом зварювального дроту та захисного газу.

3. При зварюванні на режимах з коротким замиканням дугового проміжку утворенню та виділенню ЗА в оточуючу атмосферу сприяють, по-перше, різке підвищення тиску в зоні дуги в результаті вибуху перемички електродного металу, що є причиною розбризкування, і, по-друге, додаткове випарування з бризок цього металу. Рівень розбризкування електродного металу визначається складом зварювального дроту, окиснювальною властивістю захисного газу та режимом зварювання.

4. Підвищення окиснювальної здатності захисного газу збільшує рівень утворення ЗА. Тому введення в склад захисної атмосфери інертного газу (наприклад, аргону) знижує рівень виділень ЗА.

5. Збільшення інтенсивності утворення ЗА з підвищенням зварювального струму та напруги дуги спостерігається при переносі металу з короткими замиканнями.

З переходом до краплинного переносу без замикань дугового проміжку або до струминного переносу інтенсивність утворення ЗА починає знижуватися і досягає мінімуму при зануренні дуги в зварювальну ванну.

6. Для кожного діаметра зварювальних дротів існують певні значення зварювальних струмів, при яких виділяється максимальна кількість ЗА, і ділянка струмів, що забезпечує мінімальну інтенсивність утворення аерозолю.

7. При виборі технології зварювання необхідно керуватися системою склад – режим зварювання, оскільки для кожної марки зварювального дроту існують свої певні значення зварювальних струмів, що забезпечують мінімальні виділення аерозолю.

ВИСНОВКИ

У КРБ було розроблено технологічний процес зварювання секції верхньої крана КС-5371.

З метою збільшення продуктивності, підвищення якості та зниження собівартості продукції було розроблено автоматичне встановлення для зварювання короба секції верхньої.

Також, в КРБ наведено обґрунтування вибору способу зварювання, зварювальних матеріалів та обладнання, здійснено розрахунок елементів пристроїв.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М. та ін. *Металознавство : підручник*. Київ : Політехніка, 2018. 384 с.
2. Боженко Л. І. *Проектування та виробництво заготованок : підручник / Л. І. Боженко*. Львів : Світ, 1996. 368 с.
3. Пилипець М. І., Комар Р. В. *Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин : метод. вказівки*. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 58 с.
4. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. *Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб.* Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. *Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник*. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
6. *Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі : Комар Р.В., Окіпний І.Б., Сенчишин В.С. Тернопіль : 2022. 42 с. 15. Дичковський М. Г. *Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб.* Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.*
7. Палаш В. М. *Металознавчі аспекти зварності залізовуглецевих сплавів.: Навчальний посібник*. – Львів: КІНПАТРІ ЛТД, 2003. - 263 с.
8. *Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання плавленням» / М.І. Підгурський, Б.П. Татарин, І.Б. Окіпний, В.С. Сенчишин*. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 95 с.
9. Кривов, Г.О. *Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Кривов, Г.О., Зворикін, К.О.* – К.:КВІЦ, 2012.-896 с.

10. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. – К.: Основа, 2021. – 400 с.
11. Биковський, О.Г. Довідник зварника: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
12. Спеціальні способи зварювання : підручник / І. В. Кривцун, В. В. Квасницький, С. Ю. Максимов, Г. В. Єрмолаєв, за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Б. Є. Патона. – Миколаїв : НУК, 2017.– 346 с.
13. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник / О.М. Костін – Миколаїв: НУК, 2004. –225 с.
14. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / 2-ге видання, переробл. та доповн.: Навч. посібник.- К.: Арістей, 2006. - 272 с.
15. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник / О.Г. Левченко – К.: Основа, 2010. – 240 с.
16. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487с.

ДОДАТКИ