

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 деталі типу
“Ковпак”

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

(шифр і назва спеціальності)

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

Тернопіль
2025

РЕФЕРАТ

Зварювання є найпоширенішим процесом металообробки, призначеним для створення нероз'ємних сполук металів, сплавів і різних матеріалів.

Цей технологічний процес економічно вигідний, високопродуктивний і значною мірою механізований, що широко застосовується практично у всіх галузях машинобудування.

Сучасні досягнення в галузі радіоелектроніки, електротехніки, оптики, автоматики, мікропроцесорної та обчислювальної техніки удосконалюють технологічний процес зварювання звільняючи людину від шкідливої та монотонної праці.

Цьому сприяє впровадження у виробництво роботизованих зварювальних комплексів.

ЗМІСТ

1	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1	Аналіз конструкції виробу	7
1.2	Характеристика матеріалу виробу	8
1.3	Характеристика базового технологічного процесу	12
2	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17
2.1	Розроблення варіанту удосконаленого технологічного процесу	17
2.2	Вибір способу зварювання та зварювальних матеріалів	17
2.3	Розрахунок режимів зварювання	21
2.4	Обладнання, пристрої, інструмент для виконання заготівельних операцій	25
2.5	Устаткування для зварювання	29
2.6	Технологічний процес збирання виробу та контроль якості зварних з'єднань	34
3	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	47
3.1	Вибір пристосувння	47
3.2	Розрахунок одностійкового кантувача	48
4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	44
4.1	Техніка безпеки при зварюванні в захисних газах	44
4.2	Пожежна безпека в зварювальних цехах	54
	ВИСНОВКИ	57

ВСТУП

Актуальність теми дипломного проекту обумовлена тим, що роботизовані зварювальні комплекси є технічно складним обладнанням, що безперечно викликає деякі проблеми: у виборі обладнання, його компонуванні, призначенні.

Досить гостро постає проблема і з промисловими робітниками, які здійснюють експлуатацію цього обладнання. Все це посилюється ще й малою часткою літератури російською, а всі світові лідери у виробництві роботизованих зварювальних систем є іноземними компаніями.

Метою КРБ є створення варіанта виробництва корпусу спеціальної техніки типу «Ковпак» з високою продуктивністю праці, зниження трудомісткості та собівартості виготовлення виробу, поліпшення умов праці та збільшення, у потрібний момент, випуску вироблених виробів, з найменшою кількістю залучених кваліфікованих зварювальників.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз конструкції виробу

«Ковпак» – є корпусом спеціальної техніки.

Він являє собою деталь, що обертається, зварену з катаних броньових листів і верстата.

Корпус спеціальної техніки типу «Ковпак» складається з великої кількості деталей.

У КРБ розроблено технологію збирання та зварювання даної деталі відповідно до рисунка 1.1.

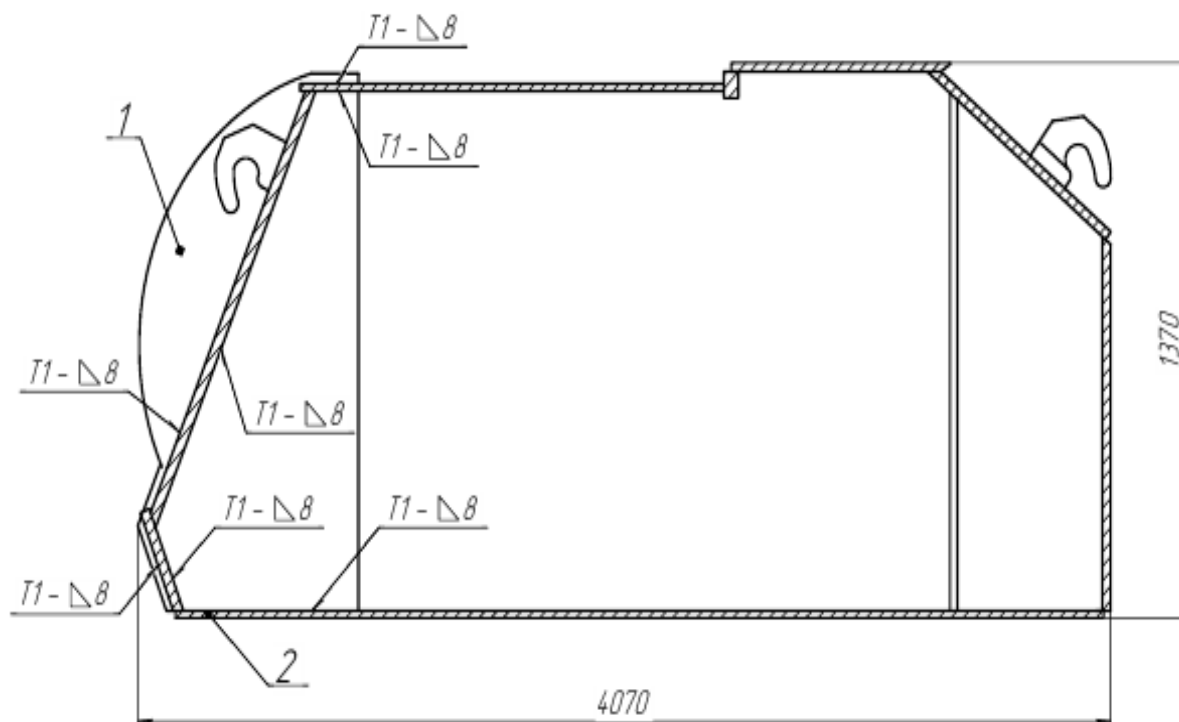


Рисунок 1.1 – Розріз зварного корпусу спеціальної техніки типу «Ковпак»: 1 – верстат; 2 – листи вежі

У верстат входить дві щоби, зварені між собою верхньою і нижньою планками відповідно до рисунка 1.2.

Зварне з'єднання верстата з корпусом вежі зазнає динамічних і ударних навантажень.

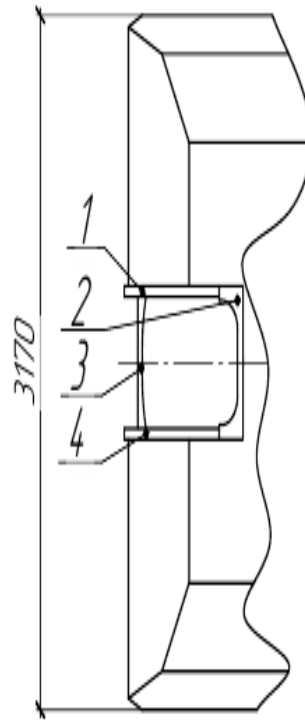


Рисунок 1.2 – Вид зверху корпус спеціальної техніки типу «Ковпак»: 1 – права щока; 2 – верхня планка; 3 – нижня планка; 4 – ліва щока

Основні параметри, характеристики та елементи зварного корпусу спеціальної техніки типу «Ковпак»:

- довжина – 4070 мм;
- висота – 1370 мм;
- ширина – 3170 мм;
- товщина – 14 мм;
- матеріал – Сталь 20ХГСНМ.

1.2 Характеристика матеріалу виробу

Для виготовлення корпусів спеціальної техніки використовують спеціальні сталі.

Специфічні умови високошвидкісного навантаження з локалізованим додатком ударно-хвильового навантаження, робота матеріалу при напругах, що

перевищують межу плинності, одночасно при різних схемах навантаження висувають додаткові вимоги, крім механічних властивостей, до мікроструктури, чистоті матеріалу, легованості твердого розчину після остаточної характеру.

Це дозволяє виділити матеріали для броньових сталей в окремий підклас конструкційних матеріалів [2].

Основні характеристики та технологічність процесу виготовлення деталей регламентує:

- забезпечення необхідного комплексу властивостей (міцність та пластичність) та наскрізної прожарюваності деталей товщиною від 2 до 20 мм в умовах більш «м'якого» загартування (на повітрі або між масивними плитами) для зведення до мінімуму повідець деталей і листів, а також обсягу їхньої подальшої редагування;
- зниження рівня залишкової напруги та вирішення проблеми живучості внаслідок максимально допустимого підвищення температури низької відпустки.

Ці дві основні завдання вирішуються успішно вирішуються при використанні низьколегованих сталей із сумарним вмістом легуючих елементів менше 5% і з системами легування Cr-Ni-Mo-(V) та Cr-Si-Ni-Mo-(V).

У цих системах пік ударної в'язкості посідає інтервал температур низької відпустки 170-220° і 250-280°C відповідно. Підвищення температур відпустки понад зазначений діапазон супроводжується одночасним зниженням показників міцності і пластичності сталей.

При порівнянні металургійної технології виплавки сталей та технології їх термічної або термомеханічної обробки обидві системи легування забезпечують приблизно однаковий рівень характеристик міцності.

Застосування сталей з підвищеним до 0,8...1,8% Si підвищує відпускоустійкість броньової сталі при 200-250 ° C, а також показники ударної в'язкості (КСУ-40), в'язкості (K1c).

Це досягається за рахунок не тільки зниження рівня залишкової напруги

(завдяки вищій температурі початку мартенситного перетворення та підвищенню температури низької відпустки), а й присутність у структурі 6 - 10% залишкового аустеніту, що зберігає стабільність у широкому діапазоні експлуатаційних температур.

При цьому об'ємну частку залишкового аустеніту та його стабільність можна змінювати в широких межах, варіюючи температуру ізотермічного гарту або регламентуючи швидкість охолодження в бейнітно-мартенситному інтервалі температур.

Вітчизняні та закордонні броньові сталі мартенситного класу з $< 0,4 \% \text{ C}$ застосовують для бронеконструкцій, зварювання яких проводять аустенітними зварювальними матеріалами з подальшою (при необхідності) низьким відпуском зварних з'єднань.

У нашому випадку використовується сталь 20ХГСНМ.

Хімічний склад та механічні властивості сталі представлені в таблицях 1.1 та 1.2:

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 20ХГСНМ

Марка	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	S	P
20ХГСНМ	0,2- 0,25	1,25- 1,5	0,35- 0,6	1,0- 1,5	0,4- 0,8	0,1- 0,3	не більше 0,03	не більше 0,03

Сталь 20ХГСНМ є низьковуглецевою, малолегованою сталлю.

У малолегованих сталях 20ХСНМ і 26ГСМ, що містять до 0,25%, мартенситна складова близько 73%, а в сталях 26ГСМ – 65% від усього вмістовного обсягу.

Об'ємна частка пластинчастого мартенситу з підвищенням вмісту від 0,19 до 0,26% коливається від 4 до 6%.

Крім мартенситної складової у структурі сталей 20ХСНМ та 26ГСМ присутні продукти проміжного перетворення. Нижній бейніт займає 15%, а верхній 3% всього обсягу матриці.

У сталі 20ХСНМ, крім зазначених вище структурних складових, присутні структурно-вільний ферит, який займає 10% обсягу і переважно розташовується на межах зерен або потрійних стиків.

Використання низької відпустки при 250 - 260°C на заключній стадії термічної обробки призводить до появи виділень карбідів розміром 0,03 - 0,18 мкм мартенситної складової структури.

При цьому жодних помітних змін у субструктурі матриці немає.

У загальному випадку підвищення вмісту вуглецю та використання термічної обробки з метою одержання мартенситу – найбільш економічні та вигідні методи для зміцнення сталі.

Однак, коли вміст вуглецю в сталі перевищує 0,3%, у структурі неминуче присутній подвійний мартенсит, що надає шкідливий вплив на в'язкість і підвищує схильність до утворення загартованих тріщин.

Для отримання межі міцності $\sigma_B = 1500 - 2100$ МПа вміст вуглецю має становити близько 0,4%. Температура відпустки повинна бути якомога вищою, щоб максимально відновити пластичність і в'язкість.

Ефективний метод зміцнення маловуглецевого мартенситу – використання легування Si, Mn, Ni та Mo для реалізації твердорозчинного зміцнення.

Така комбінація легування елементів не тільки зміцнює маловуглецевий мартенсит, а й стабілізує міжрічкові плівки залишкового аустеніту, а також пригнічує початок зміни структури мартенситу.

1.3 Характеристика базового технологічного процесу

Сутність процесу зварювання під флюсом визначає його особливості порівняно з ручним дуговим зварюванням.

Продуктивність у порівнянні з ручним зварюванням збільшується в 5-12 разів. При зварюванні під флюсом струм електродним дротом проходить тільки в її вильоті.

Тому можна використовувати підвищені (25-100 А/мм²) порівняно з ручним дуговим зварюванням (10-20 А/мм²) щільності зварювального струму без побоювання значного перегріву електрода у вильоті та відшаровування обмазки, як у покритому електроді.

Використання великих зварювальних струмів різко підвищує глибину проплавлення основного металу та з'являється можливість зварювання металу підвищеної товщини без обробки кромки.

Зварювання під флюсом – дугове зварювання, при якому дуга горить під шаром зварювального флюсу, що забезпечує захист зварювальної ванни від повітря.

За ступенем механізації процесу розрізняють автоматичне та напівавтоматичне зварювання під флюсом. Схема процесу автоматичного зварювання під флюсом наведена на рис. 1.3.

Електродний дріт автоматично подається у зону зварювання. Дуга горить між кінцем електрода 4 і виріб 2 під шаром зварювального флюсу 6. під дією тепла, що виділяється зварювальною дугою, плавляться електродний дріт і основний метал, а також частина флюсу, що знаходиться в зоні дуги.

В області горіння дуги утворюється порожнина, обмежена у верхній частині оболонкою розплавленого флюсу 7. Ця порожнина заповнена парами металу, флюсу та газами, їх тиск підтримує флюсове склепіння, що утворюється над зварювальною ванною.

Дуга 5 горить у безпосередній близькості від переднього краю ванни, дещо відхиляючись від вертикального положення у бік, зворотний напрямку зварювання.

Під впливом тиску дуги рідкий метал також відтісняється в бік, протилежну напрямку зварювання, утворюючи зварювальну ванну 8.

Під електродом створюється кратер з тонким шаром розплавленого металу, а основна маса розплавленого металу займає простір від кратера до поверхні шва 12.

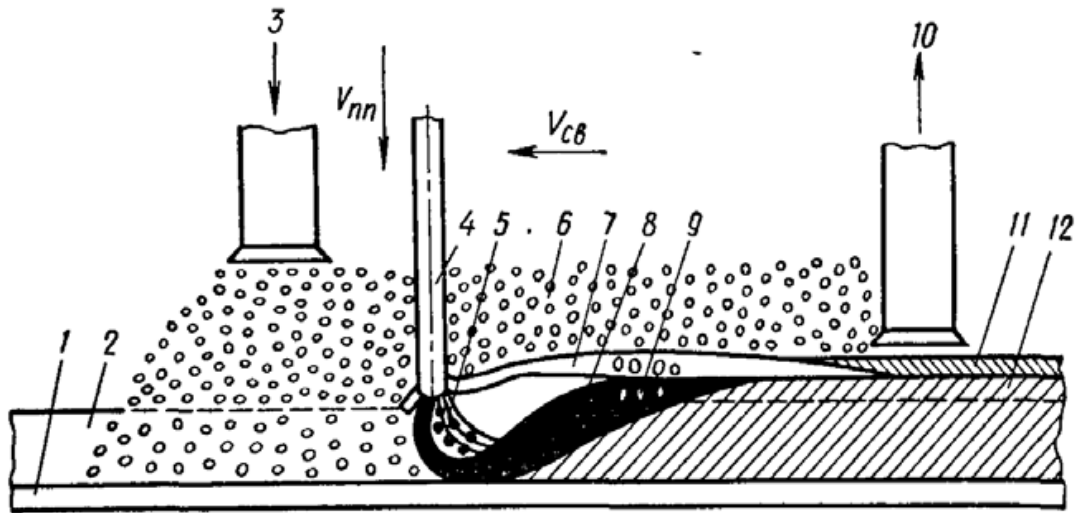


Рисунок 1.3 – Схема процесу автоматичного зварювання під флюсом: 1 – підкладка; 2 – виріб; 3 – бункер під флюс; 4 – електрод; 5 – дуга; 6 – флюс; 7 – оболонка розплавленого флюсу; 8 – зварювальна ванна; 9 – гази; 10 – пристрій пневмовідсмоктувача нерозплавленого флюсу; 11 – шлакова кірка; 12 – метал шва

Флюс захищає дугу і зварювальну ванну від шкідливого впливу навколишнього середовища, надає металургійний вплив на метал зварювальної ванни і, крім того, перешкоджає розбризкуванню рідкого металу.

Розплавлений флюс, володіючи низькою теплопровідністю, уповільнює процес охолодження шва, що полегшує шлаковим включенням і розчиненим у металі газів 9 піднятися на поверхню ванни, сприяючи очищенню металу шва від забруднень.

Нерозплавлений в процесі зварювання надлишковий флюс пневматичним пристроєм 10 відсмоктують зі шва і використовують надалі при наступному зварюванні. Розплавлена та затверділа частина флюсу утворює на шві товсту шлакову кірку 11. Після припинення зварювання та охолодження металу шлакова кірка легко відокремлюється від металу шва 12. Зварювання зазвичай проводять на підкладці 1 або флюсовій подушці.

Автоматичне зварювання під флюсом виконують електродним дротом діаметром 2 – 6 мм. Рівноміцність з'єднання досягається підбором флюсів та зварювальних дротів та вибором режимів та техніки зварювання.

При зварюванні низьковуглецевих сталей та більшості випадків застосовують флюси АН-348-А та ОСЦ-45 та низьковуглецеві електродні дроти Св-08 та Св-08А.

При зварюванні відповідальних конструкцій, а також металу з великою кількістю іржі рекомендується використовувати електродний дріт Св-08ГА.

Використання зазначених матеріалів дозволяє отримати метал шва з механічними властивостями, рівними або перевищують механічні властивості основного металу.

При зварюванні низьколегованих сталей використовують ті ж самі флюси та електродні дроти Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2 та ін.

Легування металу шва марганцем із дроту кремнієм при проварі основного металу, при підборі відповідного термічного циклу (погонної енергії) дозволяє отримати метал шва з необхідними механічними властивостями.

Використанням зазначених матеріалів досягається висока стійкість металу швів проти утворення пор і кристалізаційних тріщин. При зварюванні без обробки крайок збільшення частки основного металу шва і тому деяке підвищення в ньому вуглецю може міцнісні властивості і знизити пластичні властивості металу шва.

При зварюванні низьколегованих термозміцнених для попередження шва в зоні термічного впливу слід використовувати режими з малою погонною енергією, а при зварюванні термозміцнених з підвищеною погонною енергією.

Для забезпечення пластичних властивостей металу шва та навколошовної зони на рівні властивостей основного металу у другому випадку слід вибирати режими, що забезпечують отримання швів підвищеного перерізу, застосовувати електродводугове зварювання або проводити попередній підігрів металу до 150-200 ° С [6].

До переваг даного способу зварювання можна віднести:

- Висока продуктивність, що перевищує продуктивність ручного дугового зварювання в 5-10 разів.

Досягається вона рахунок використання зварювального струму значної сили, і, як наслідок цього, рахунок глибокого проплавлення зварюваного металу.

А також за рахунок того, що відсутні чад та розбризкування металу, а, отже, виключаються втрати металу.

Крім того, висока продуктивність забезпечується внаслідок автоматизації процесу зварювання металу.

- Застосування флюсу підвищує якість зварювання за рахунок того, що утворює захисну плівку навколо зони зварювання та перешкоджає проникненню в неї навколишнього повітря.

Крім того, флюс, на поверхні розплавленого металу має низьку теплопровідність і перешкоджає швидкому остиганню рідкого металу. Внаслідок цього гази та неметалеві включення встигають спливати на поверхню зварювальної ванни і вийти з неї до того, як метал кристалізується.

- Процес автоматичного зварювання під флюсом повністю механізований, що дозволяє зменшити до мінімуму трудомістку та дорогу ручну працю та знизити кваліфікацію зварювальника.

А технологія ручного дугового зварювання має на увазі ручну працю і для виконання цих робіт потрібен зварювальник вищої кваліфікації.

- Електрична дуга при автоматизованому зварюванні виходить стабільнішою, т.к. знаходиться під захисним шаром зварювального флюсу.

- При автоматичному зварюванні втрати електродного металу не перевищують 2-5%, оскільки чад металу та його розбризкування практично відсутні.

Для порівняння, при ручному зварюванні втрати металу через його чад та розбризкування досягають 20%, а в деяких випадках 30%.

- При автоматичному зварюванні коефіцієнт використання теплоти від

електричної дуги вищий за ручне зварювання. Це дозволяє суттєво економити електроенергію. Економія може сягати 40%.

- Покращені умови роботи зварювальника. Зона зварювання закрита непроникними шарами флюсу та шлаку, які унеможливають проникнення навколишнього повітря в зону зварювання.

Але також ці шари перешкоджають виділенню шкідливих газів та пилу із зварювальної зони у повітря. Тому для видалення газів достатньо наявності природної витяжної вентиляції на робочому місці зварювальника.

- Через те, що дуга знаходиться під флюсом, вона не видно оператору, отже, виключено її вплив на очі, тому не потрібно спеціальної маски або окулярів для захисту очей.

До недоліків такого виду зварювання можна віднести можливість зварювання швів тільки в нижньому положенні або при невеликих нахилах зварних кромок на кут не більше 15°. Також утруднено застосування автоматичного зварювання у монтажних умовах. Ці недоліки обумовлені недостатньою маневреністю зварювальних автоматів через їх конструктивні особливості. Але згодом, у міру розвитку зварювальної техніки та технології подібний недолік буде усунено.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення варіанту удосконаленого ТП

Сучасні умови виробництва зварних металоконструкцій диктують підвищення якості та продуктивності виробів, що виготовляються.

Ручне дугове зварювання є низькопродуктивним способом зварювання, воно також обумовлене залежністю якості зварювання від кваліфікації та індивідуальних особливостей зварювальника.

У зв'язку з цим використання ручного дугового зварювання не доцільно у виготовленні металоконструкцій з великою довжиною зварювальних швів, тому вибір способу зварювання буде виробляється з механізованих видів зварювання.

2.2 Вибір способу зварювання

Зварювання в захисних газах – один із найпоширеніших способів зварювання плавленням. У порівнянні з іншими способами він має ряд переваг, з яких головні:

- можливість візуального, в тому числі дистанційного, спостереження за процесом зварювання;
- широкий діапазон робочих параметрів режиму зварювання у будь-яких просторових положеннях;
- можливість механізації та автоматизації процесу;
- можливість зварювання металів різної товщини в межах від десятих часток до десятків міліметрів.

Зварювання в захисних газах – загальна назва різновидів дугового зварювання, що здійснюється з вдування через сопло пальника в зону дуги струменя захисного газу.

Як захисні застосовують: інертні (Ar, He), активні (CO₂, O₂, N₂, H₂).

При зварюванні електродом, що плавиться, в захисному газі (рисунок 2.1) в зону дуги, що горить між електродом, що плавиться (зварювальним дротом) і виробом через сопло подається захисний газ, що захищає метал зварювальної ванни, краплі електродного металу і закристалізувався метал від впливу активних газів атмосфери.

Теплотою дуги розплавляються кромки виробу, що зварюється, і електродний (зварювальний) дріт. Розплавлений метал зварювальної ванни, кристалізуючись, утворює зварний шов.

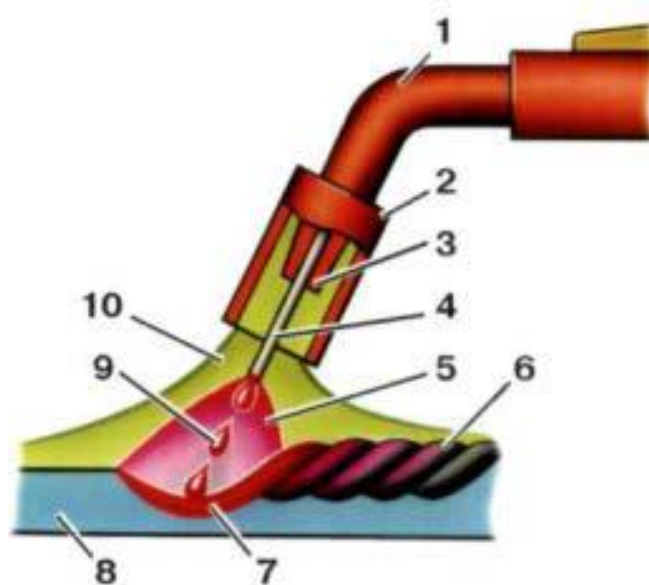


Рисунок 2.1 – Схема зварювання у захисних газах: 1 – пальник; 2 – сопло; 3 – струмопідвідний наконечник; 4 – електродний дріт; 5 – зварювальна дуга; 6 – зварювальний шов; 7 – зварювальна ванна; 8 – основний метал; 9 – краплі електродного металу; 10 – газовий захист

При зварюванні низьковуглецевих та низьколегованих сталей для захисту розплавленого електродного металу та металу зварювальної ванни найчастіше застосовують вуглекислий газ та суміші аргону з вуглекислим газом до 30 %.

Аргон і гелій як захисні гази застосовують тільки при зварюванні конструкцій відповідального призначення.

Зварювання в захисних газах виконують металевим електродом, що плавиться і не плавиться.

У деяких випадках для зварювання використовують вугільний або графітовий електрод, що не плавиться.

Цей спосіб застосовують при зварюванні бортових з'єднань із низьковуглецевих сталей товщиною 0,3 - 2,0 мм (наприклад, каністр, корпусів конденсаторів тощо).

Так як зварювання виконують без присадки, вміст кремнію та марганцю в металі шва невеликий. В результаті міцність з'єднання становить 50-70% міцності основного металу.

При автоматичному і напівавтоматичному зварюванні плавиться електродом швів, розташованих у різних просторових положеннях, використовують електродний дріт діаметром до 1,2 мм, а при зварюванні швів, розташованих у нижньому положенні застосовують електродний дріт діаметром 0,8 - 1,6 мм.

Структура та властивості металу швів та навколошовної зони на низьковуглецевих та низьколегованих сталях залежать від використаного електродного дроту, складу та властивостей основного металу та режиму зварювання (термічного циклу зварювання, частки участі основного металу у формуванні шва та форми шва). Вплив цих умов та технологічні рекомендації приблизно такі ж, як і при ручному дуговому зварюванні та зварюванні під флюсом.

На властивості металу шва впливає якість вуглекислого газу. При підвищеному вмісті азоту та водню, а також вологи в газі у швах можуть утворюватись пори.

При зварюванні у вуглекислому газі вплив іржі незначний. Збільшення напруги дуги, підвищуючи вміст легуючих елементів, погіршує механічні властивості шва.

Зварювання низьковуглецевих і низьколегованих сталей в аргоні застосовується рідко, так як ці сталі добре зварюються під флюсом і в вуглекислому газі, і лише у виняткових випадках, коли потрібне отримання швів високої якості, використовується інертний газ.

При застосуванні чистого аргону для зварювання конструкційних сталей з'єднання характеризуються недостатньою стабільністю та незадовільним формуванням шва. Добавка до аргону невеликої кількості кисню або вуглекислого газу суттєво підвищує стійкість горіння дуги та покращує формування шва.

Розчиняючись у рідкому металі та накопичуючись переважно на поверхні, кисень значно знижує його поверхневий натяг.

Тому для зварювання сталей застосовують не чистий аргон, а суміші з киснем чи вуглекислим газом.

Високі технологічні властивості при зварюванні сталей забезпечуються при додаванні до аргону до 1-5% кисню. При застосуванні кисню знижується критичний струм, у якому краплинний перенесення перетворюється на струменевий; дуга горить стабільно, забезпечуючи зварювання невеликих товщин.

Кисень сприяє збільшенню щільності металу шва, поліпшенню сплавлення, зменшенню підрізів та збільшенню продуктивності процесу зварювання.

Кисень знижує вміст вуглецю в металі шва до нижчого рівня. Надлишок кисню в захисному газі призводить до утворення пор у металі шва.

Для зварювання низьковуглецевих і низьколегованих сталей може застосовуватися аргон з добавкою 10 - 20 % вуглекислого газу. Вуглекислий газ сприяє усуненню пористості у швах та поліпшенню формування шва.

Широкий діапазон захисних газів, що застосовуються, обумовлює велике поширення цього способу як щодо зварюваних металів, так і їх товщин (від 0,1 мм до десятків міліметрів).

Основними перевагами розглянутого способу зварювання є такі:

- висока якість зварних з'єднань на різноманітних металах та їх сплавах різної товщини, особливо при зварюванні в інертних газах через малий чад легуючих елементів;
- можливість зварювання у різних просторових положеннях;

- відсутність операцій із засипання та прибирання флюсу та видалення шлаку;
- можливість спостереження за утворенням шва, що особливо важливо при механізованому зварюванні;
- висока продуктивність та легкість механізації та автоматизації процесу;
- низька вартість використання активних захисних газів.

До недоліків способу відносяться: необхідність застосування захисних заходів проти світлової та теплової радіації дуги; можливість порушення газового захисту при здуванні струменя газу рухом повітря або при забризкуванні сопла; втрати металу на розбризкування, при якому бризки міцно з'єднуються з поверхнями шва та виробу; наявність газової апаратури та деяких випадках необхідність водяного охолодження пальників [7].

З існуючих видів електродугового зварювання для виготовлення корпусу спеціалізованої техніки доцільніше використовувати зварювання в захисних газах, оскільки цей вид зварювання на даний момент характеризується великою продуктивністю, високою якістю зварних швів, мобільністю перекладу від механізованого до автоматизованого та роботизованого процесу, не змінюючи основного зварювального обладнання.

Можливість зварювання широкого спектру матеріалів у будь-яких просторових положеннях. Використання сумішей газів та їх різне співвідношення дає можливість впливати на технологічні властивості дуги та форму зварного шва.

2.3 Вибір зварювальних матеріалів

У зв'язку з особливостями фазових і структурних перетворень при зварюванні для отримання сполук з високою стійкістю до утворення холодних тріщин, а також швів з високими пластичними властивостями і малою чутливістю до концентраторів напруг рекомендується застосовувати зварювальні матеріали, що забезпечують аустенітну структуру шва.

При міцності металу шва 600 МПа забезпечується висока працездатність конструкцій в умовах динамічних та ударних навантажень.

Для забезпечення аустенітної структури шва у вітчизняній практиці використовують зварювальні дроти марки Св-08Х20Н9Г7Т [2].

Зварювальний дріт має наступний хімічний склад, зазначений у таблиці 2.1.

Механічні властивості наплавленого металу таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св-08Х20Н9Г7Т

Марка дроту	С %	Si %	Mn %	Ni %	Ti %	S %	P %
Св-08Х20Н9Г7Т	не більше 0,1	0,5-1,0	5,0-8,0	18,5-22,0	8,0-10,0	0,6-0,9	0,018

Таблиця 2.2 – Механічні властивості наплавленого металу Св-08Х20Н9Г7Т

Тимчасовий опір на розрив, МПа	Межа плинності, МПа	Відносне подовження, %	Робота удару Кв при випробуванні на ударний вигин при зварюванні серед захисних газів (Ar+ CO ₂ 2-5%). Мінімальне середнє значення, Дж	
			-20° С	+20° С
620	430	35	60	120

Захисний газ: CO₂

Діоксид вуглецю довгий час переважно використовували в країнах Східної Європи та країнах завдяки його відносно низькій вартості та доступності.

Однак такі істотні недоліки зварювання в CO_2 серійними кремнемарганцевими дротами, як підвищений рівень розбризкування і набризкування електродного металу, вузьке і глибоке проплавлення основного металу з високим валиком, не завжди задовільні механічні властивості металу шва і особливо його ударної в'язкості CO_2 сумішами газів на основі аргону в тих галузях, де приділяється підвищена увага до показників якості металу шва та зварних з'єднань.

Слід звернути увагу, що процес зварювання в CO_2 дуже чутливий до змін параметрів режимів. Для задовільного формування швів і зниження втрат металу на розбризкування зварювання в CO_2 краще проводити дротом малого діаметра (0,8...1,4 мм) або на малих (з короткими замиканнями) і великих струмах (зануреною дугою), міняючи середні режими, на яких відзначається.

Наприклад, для дроту діаметром 2,0 мм несприятливі режими знаходяться в діапазоні $280 \text{ A} \leq I_{\text{св}} \leq 400 \text{ A}$, $28 \text{ В} \leq U_{\text{д}} \leq 32 \text{ В}$.

Захисний газ: Суміші $\text{Ar} + \text{CO}_2$.

Застосування сумішей цих газів було викликане прагненням знайти захисне середовище, яке поєднувало б переваги аргону, вуглекислого газу та аргоно-кисневої суміші.

Форма дуги та характер перенесення електродного металу при зварюванні у сумішах $\text{Ar} + \text{CO}_2$ істотно залежать від складу суміші.

При тому самому режимі зварювання в сумішах з різним вмістом CO_2 перенесення електродного металу може бути краплинним без коротких замикань (рисунк 2.2, а) або з короткими замиканнями дугового проміжку (рисунк 2.2, ж), дрібнокрапельним (рисунк 2.2, в) і струменевим (рисунк 2.2, в).

При вмісті 20 % CO_2 і більше при струмах вище за критичне значення форма проплавлення основного металу змінюється і пальцеподібний провар (рисунк 2.2, г) зникає.

При вмісті в суміші понад 35...40% CO_2 процес багато в чому схожий на зварювання в чистому CO_2 , однак рівень розбризкування при цьому нижчий.

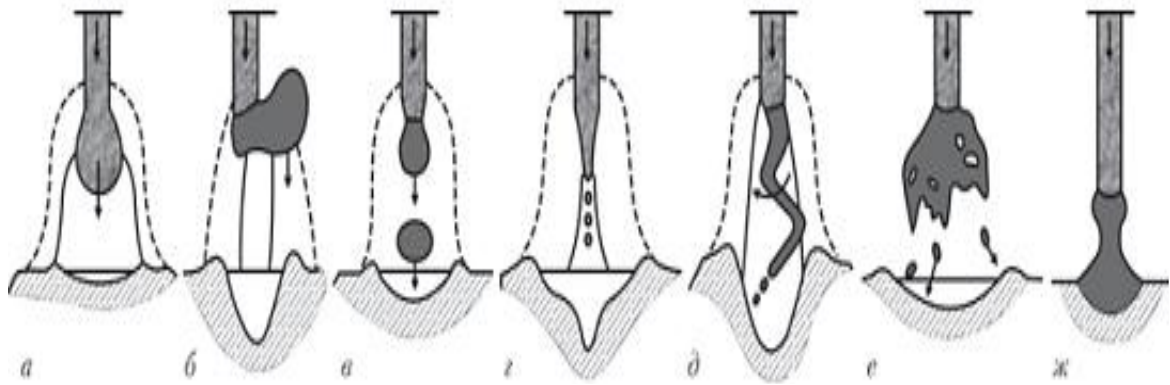


Рисунок 2.2 – Вплив типу перенесення електродного металу на форму проплавлення: а – краплинний; б – крупнокраплинний; в – дрібнокрапельний; г – струминний; д – струминно-обертальний; е – з вибухом краплі; ж – з короткими замиканнями

Поліпшення формування шва при застосуванні сумішей $\text{Ar} + 20\ldots 25\% \text{CO}_2$ спостерігається у широкому діапазоні режимів.

Висота посилення помітно менше, ніж при зварюванні в CO_2 , валик має плавний перехід до основного металу, а в діапазоні струмів, при яких відбувається струмене (дрібнокрапельне) перенесення, формується дрібношуйчаста поверхня, як на швах, зварених під флюсом (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд кутового шва, виконаного у суміші $\text{Ar} + \text{CO}_2$ дротом Св-08Г2С діаметром 1,2 мм при $I_{\text{зв}} = 260\text{А}$, $U_{\text{д}} = 28\text{ В}$

Сприятлива форма шва, мала висота посилення та знижений рівень втрат електродного металу на розбризування забезпечують помітне зменшення витрати електродного дроту на одиницю довжини шва.

Рекомендації щодо оптимального складу сумішей $\text{Ar}+\text{CO}_2$ зарубіжних фірм, що виробляють газові суміші, суперечливі. Очевидно, це зумовлено переважно жорсткої боротьби за ринки збуту і патентними міркуваннями, і навіть відмінностями у хімічному складі застосовуваних сталей і зварювальних дротів.

У Європі широко рекламується суміш $\text{Ar} + 10\ldots 15\% \text{CO}_2$. Однак накопичений досвід показав, що оптимальною слід вважати суміш $\text{Ar} + 20\% \text{CO}_2$, яка має найкраще поєднання технологічних та металургійних властивостей.

При її застосуванні можна уникнути характерної для аргону пальцеподібної форми провару, що призводить до несплавлення і порів, а також типового для вуглекислого газу вузького та глибокого провару, небезпечного з точки зору утворення тріщин у швах.

Результати опублікованих дослідників свідчать про те, що показники механічних властивостей металу швів, виконаних у газових сумішах на основі аргону, відповідають вимогам, що пред'являються до сполук та конструкцій, що працюють в умовах негативних температур, динамічних навантажень та інших несприятливих факторів.

Недоліком суміші $\text{Ar}+\text{CO}_2$ є її висока ціна порівняно з чистим CO_2 та сумішшю $\text{Ar}+\text{O}_2$. Зумовлено це тим, що суміш одержують із чистих газів і на відміну від аргоно-кисневої суміші її не можна отримати безпосередньо при поділі повітря на повітророзділювальних установках. Технічно та технологічно прийнятним способом здешевлення аргонових сумішей з CO_2 є використання як вихідний компонент «сирого аргону», що містить до $5\% \text{O}_2$

2.4 Розрахунок режимів зварювання

У виготовленні корпусу спеціалізованої техніки використовують тип з'єднання Т1. З'єднання є тавровим одностороннім, форма підготовки кромки – без скошу кромки, рис. 2.4а.

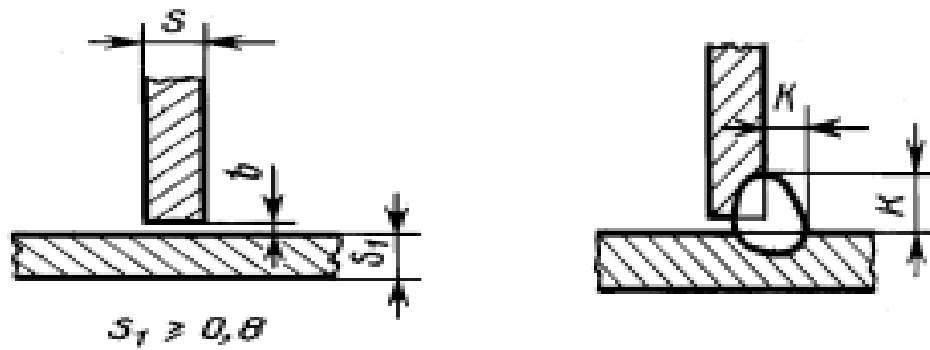


Рисунок 2.4 – Конструктивні елементи підготовки кромки, що зварюються: S , S_1 – товщина деталі; b – зазор

У нашому випадку: товщина деталей $S = S_1 = 14$ мм, зазор $b = 0+1,5$ мм. Конструктивні елементи шва зварного з'єднання показані відповідно до рисунка 2.4б.

Катет зварного шва

$$1,2 \times S_m = 17 \text{ мм}, \quad (2.1)$$

де S_m – товщина тоншого елемента, мм.

Найменший катет дорівнює 6 мм, прийmemo 9 мм.

Розрахуємо параметри режиму зварювання для шва Т1 катет 9 в нижньому положенні, за один прохід.

Захисний газ: Аргон 80% + 20% CO_2 .

$$h_p = (0.7 \dots 1.1) \cdot K. \quad (2.2)$$

Розрахункову глибину проплавлення визначимо за формулою

$$h_p = (0.7 \dots 1.1) \cdot 9 = 6.3 \dots 9.9 \text{ мм}, \quad (2.3)$$

де K – катет шва, мм, $K = 9$ мм.

Прийmemo $h_p = 6$ мм.

Діаметр електродного дроту:

$$d_e = \sqrt[4]{h_p} \pm 0.05 \cdot h_p; \quad (2.4)$$

$$d_e = \sqrt[4]{7} \pm 0.05 \cdot 7 = 0.9 \dots 1.6 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_e = 1.6 \text{ мм}$.

$$l_g = 10 \cdot d_e \pm 2 \cdot d_e. \quad (2.5)$$

$$l_g = 10 \cdot 1.6 \pm 2 \cdot 1.6 = 16 \pm 3.2 \text{ мм}.$$

Приймаємо $l_g = 16 \text{ мм}$.

Площа поперечного перерізу наплавленого металу шва

$$F = 0.5 \cdot K^2 + 1.05K, \quad (2.6)$$

де K – катет шва, мм.

$$F = 0.5 \cdot 9^2 + 1.05 \cdot 9 = 49.95 \text{ мм}^2.$$

Сила зварювального струму

$$I_{зв} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}, \quad (2.7)$$

де a, b, c – коефіцієнти.

$$a = -0.015 \cdot \frac{\pi \cdot d_e^2}{F}. \quad (2.8)$$

$$a = -0.015 \cdot \frac{3.14 \cdot 1.6^2}{49.95} = -0.0024$$

$$b = 0.64 + 0.06x + \frac{\pi \cdot d_e^2}{F} \cdot (3.34 + 0.35x - 0.01 \cdot \alpha), \quad (2.9)$$

де α – кут скосу кромок, град, $\alpha = 45^\circ$;

x – положення електрода в обробці, мм, $x = 0$.

$$b = 0.64 + 0.06 \cdot 0 + \frac{3.14 \cdot 1.6^2}{49.95} \cdot (3.34 + 0.35 \cdot 0 - 0.01 \cdot 45) = 1.19$$

$$c = -74.05 + 0.05 \cdot \alpha - 6.56 - \frac{\pi \cdot d_e^2}{F} \cdot (185.97 - 0.6 \cdot \alpha \cdot x - 0.58 \cdot \alpha + 27.81 \cdot x) -$$

$$- \frac{(1+k) \cdot F}{(0.001 \cdot l_e + 0.965) \cdot (0.003 \cdot \%CO_2 + 0.945)}$$

де k – коефіцієнт площ дорівнює відношенню площі проплавлення до площі наплавлення;

l_e – виліт електродного дроту, мм, $l_e = 14$ мм.

$$c = -74.05 + 0.05 \cdot 45 - 6.56 - \frac{3.14 \cdot 1.6^2}{49.95} \cdot (185.97 - 0.6 \cdot 0 - 0.58 \cdot 45 + 27.81 \cdot 0 - \\ - \frac{(1 + 0.2) \cdot 49.95}{(0.001 \cdot 14 + 0.965) \cdot (0.003 \cdot 20 + 0.945)} = -107.16$$

$$I_{3\phi} = \frac{-1.19 + \sqrt{1.19^2 - 4 \cdot (-0.0024) \cdot (-107.16)}}{2 \cdot (-0.0024)} = 121 \text{ А.}$$

Приймаємо силу зварювального струму 120 ± 10 А.

Швидкість подачі дроту:

$$V_{n.d} = 0.78 \cdot I_{3\phi} - 8.32; \quad (2.10)$$

$$V_{n.d} = 0.078 \cdot 121 - 8.32 = 672 \text{ м/год.}$$

Прийmemo подачу дроту 670 ± 30 м/год.

Швидкість зварювання:

$$V_{3\phi} = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot (0.078 \cdot I_{3\phi} - 8.32) \cdot 60}{4 \cdot F}; \quad (2.11)$$

$$V_{3\phi} = \frac{3.14 \cdot 1.6^2 \cdot (0.078 \cdot 120 - 8.32) \cdot 60}{4 \cdot 49.95} = 21 \text{ м/год.}$$

Напруга на дузі

$$U_{\phi} = \frac{B \cdot V_{3\phi}}{\eta_c \cdot I_{3\phi}}, \quad (2.12)$$

де η_c – значення теплового ККД;

B – коефіцієнт.

$$U_{\phi} = \frac{154 \cdot 21}{0.44 \cdot 120} = 60 \text{ В.}$$

Витрата захисного газу:

$$q_{газ} = 3.3 \cdot 10^{-3} \cdot I_{зв}^{0.75}; \quad (2.13)$$

$$q_{газ} = 3.3 \cdot 10^{-3} \cdot 120^{0.75} = 0.120 \text{ л/с} = 7.2 \text{ л/хв.}$$

2.5 Вибір зварювального та складального обладнання

Промисловий робот IRB 1520ID призначений для дугового зварювання, оснащений контролером (шафа управління) IRC5 і програмним забезпеченням для управління роботом RobotWare.

Технічні характеристики вказані в таблиці 2.3. Осі маніпулятора показані на рис. 2.5.

Габаритні розміри та розміри розташування осей маніпулятора представлені на рис. 2.6.

Області установки обладнання, не повинні перевищувати зазначених на рис. 2.6.

Максимальна вага областей: A = 20 кг, B = 10 кг, C = 15.

Робочі діапазони досяжності та точки позиціонування маніпулятора представлені на рис. 2.5.

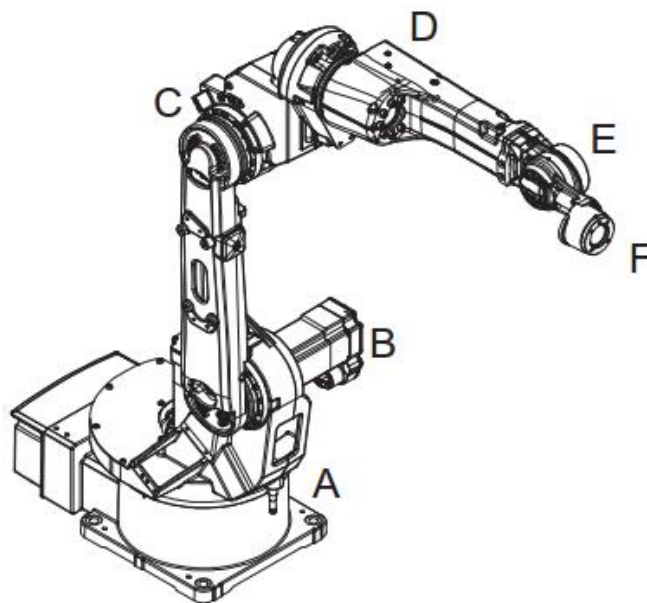


Рисунок 2.5 – Осі маніпулятора

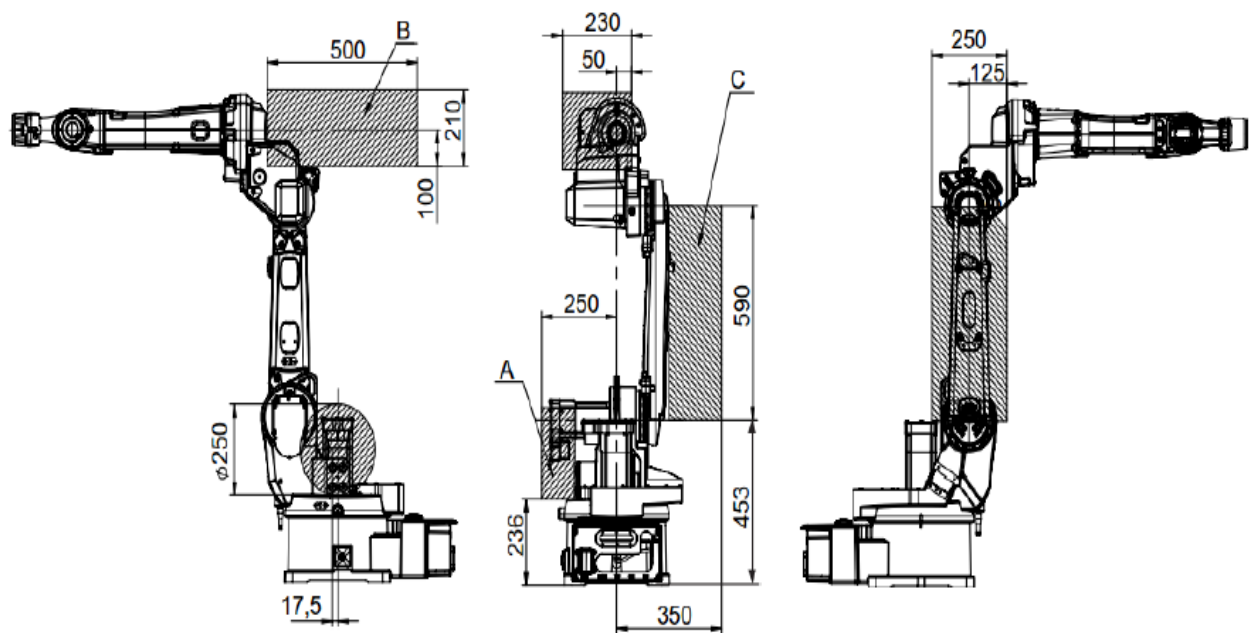


Рисунок 2.6 – Области встановлення обладнання

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики робота IRB1520ID

Параметри	Значення
Основна спеціалізація	Дугове зварювання
Вантажопідйомність пензля	4 кг
Додаткове навантаження на вісь 3	10 кг
Максимальний виліт	1,50 м
Кількість осей	6
Спосіб встановлення	підлоговий, підвісний стельовий, підвісний настінний
Розміри основи робота	300 x 300 мм
Маса	170 кг
Точність позиціонування положення (RP) згідно з ISO 9283	0,05 мм
Точність позиціонування колії (RT) згідно з ISO 9283	0,35 мм
Напруга живлення	380 В
Потужність	0,6 кВт

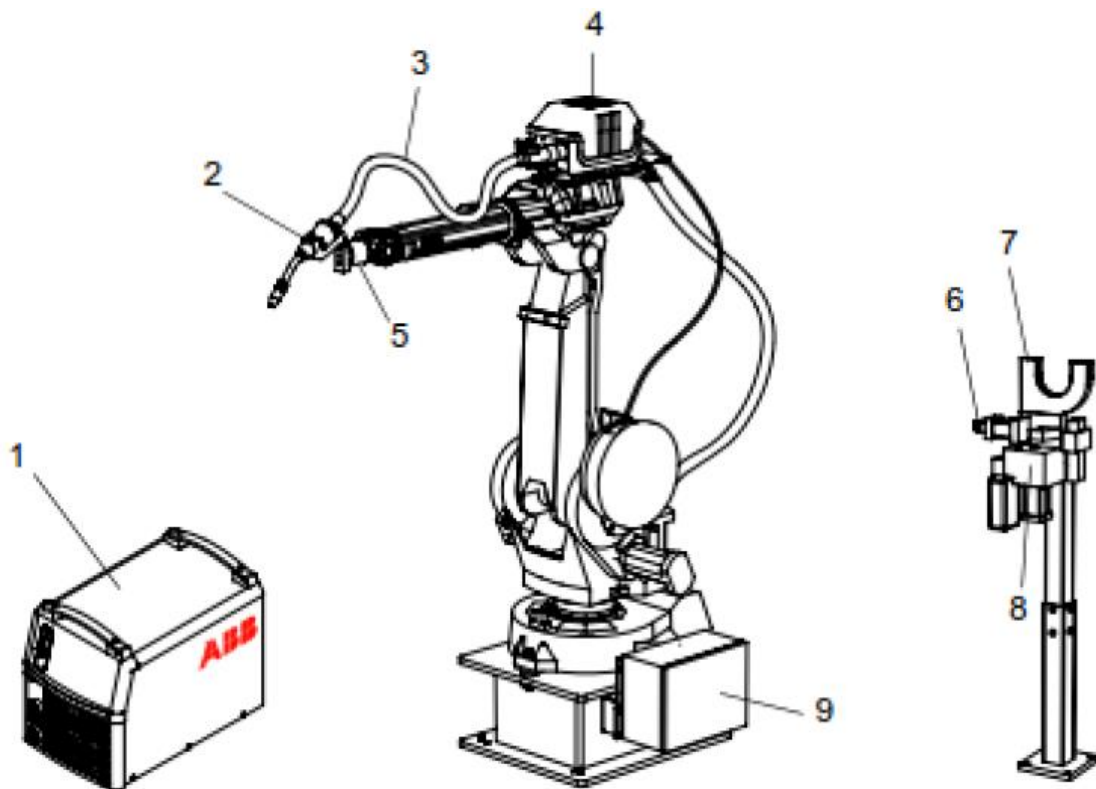


Рисунок 2.7 – Робот IRB 2400 із встановленим зварювальним обладнанням: 1 – джерело живлення зварювальної дуги; 2 – зварювальний пальник; 3 – шлангпакет; 4 – обладнання для подачі дроту; 5 – ізолятор/датчик зіткнення (опція); 6 – різак обрізки кінця зварювального дроту; 7 – блок калібрування точки центру інструменту (ТЦІ); 8 – блок очищення сопла зварювального пальника від бризок; 9 – обладнання для управління технологічним процесом

У системі роботизованого дугового зварювання робот оснащується зварювальним обладнанням, показаним на рисунку 2.7:

- 1) Джерело живлення зварювальної дуги: Aristo® Mig 5000iw із вбудованим блоком W82 для обміну даними з шафою керування робота (IRC5).
- 2) З'єднувальний кабель 7,5 м (W82, вбудований в ABB IRC5).
- 3) Пристрій подачі зварювального дроту: Aristo® RoboFeed 3004 HW зі з'єднувальним кабелем до джерела живлення.
- 4) Устаткування для керування технологічним процесом: Aristo® Feed Control 3004 HW з комплектом кабелів та кронштейнів.
- 5) Кабельний пакет: Джерело живлення → FeedControl.

б) Зварювальний пальник для порожнистого зап'ястя: Aristo® RT 62W.

Для робота IRB 1520 ID є різні конфігурації зварювального обладнання. У нашому випадку візьмемо конфігурацію зварювального обладнання з водяним охолодженням.

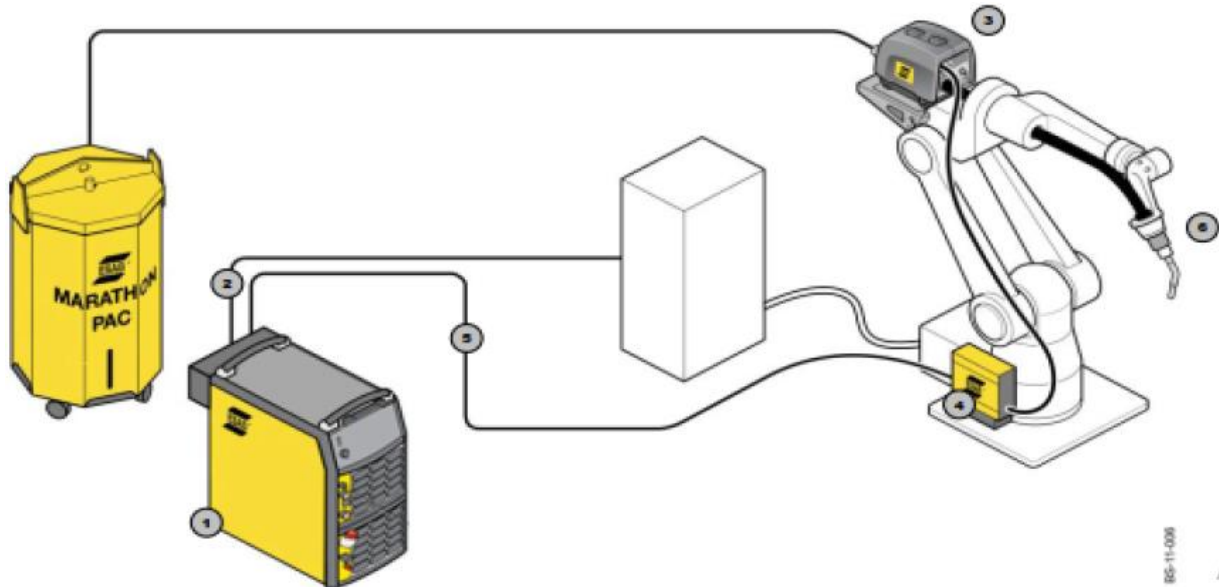


Рисунок 2.8 – Комплект зварювального обладнання для робота IRB 1520 ID

Станція очищення сопла зварювального пальника призначена для автоматичного видалення бризок із сопла пальника та автоматичного розпилення зварювальної рідини анти-бризки в сопло зварювального пальника в процесі зварювання.

Станція очищення сопла додатково може комплектуватися калібрувальним блоком та автоматичними кусачками зварювального електродного дроту.

Розглянемо багатфункціональний центр обслуговування пальника моделі TSC (рисунок 2.9).

Він складається:

- з очищувача сопла TC 96;
- блоку вимірювання центральної точки інструменту TCP.

Регулярна перевірка TCP потрібна, т.к. пальник може опинитися в неправильному положенні через такі причини:

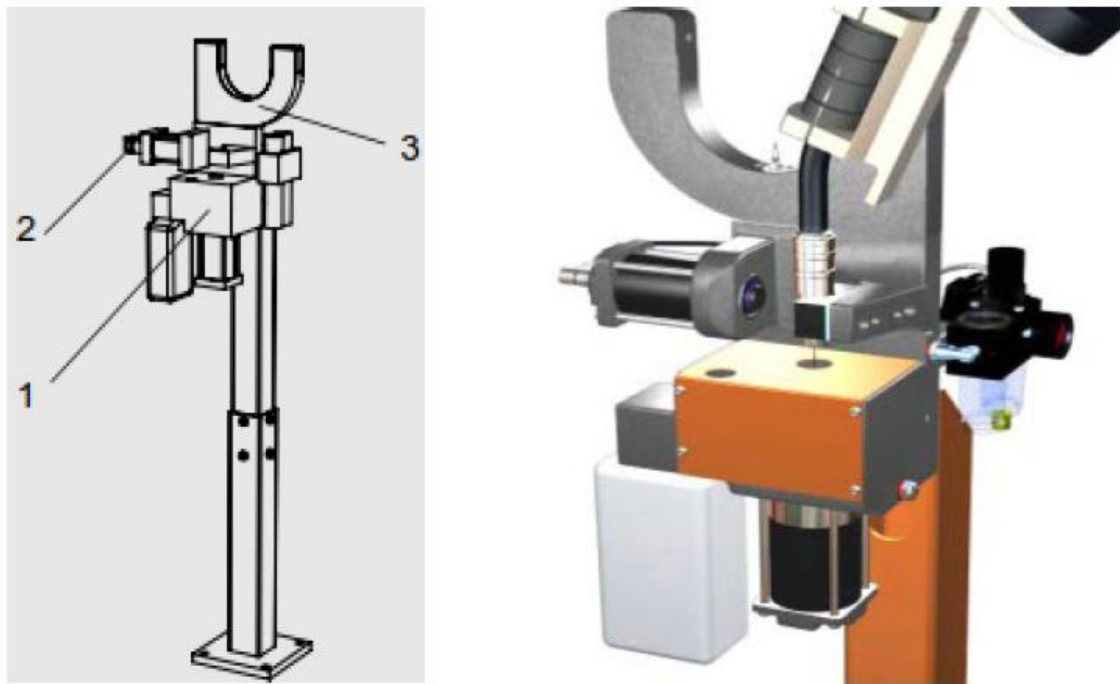


Рисунок 2.9 – Станція очищення сопла зварювального пальника TSC: 1 – очищувач сопла; 2 – кусачки для зварювального дроту; 3 – блок вимірювання (калібрувальний блок)

- удар, випробуваний роботом через неправильне програмування;
- зачіплення роботом затиску, залишеного в неправильному положенні виробу;
- коливання температури навколишнього середовища, наприклад, денні перепади;
- зношений контактний наконечник, що викликає неправильне розташування зварного шва.

Робот продовжить подальшу роботу, якщо ТСР перебуває у межах заданих допусків.

В іншому випадку робот зупиняється та повідомляє оператора про помилку.

В очищувач сопла ТС входить: стенд, притискна призма для затискання сопла зварювального пальника, різак з приводним двигуном та блоком подачі фрези, розпилювальний блок з резервуаром для рідини анти-бризки, кусачки для зварювального дроту, повітряний контур.

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

Таблиця 2.5 – Маршрутно-технологічна карта

№	Назва операції	Назва операції	Назва операції
1	2	3	4
1	Транспортування	Доставка металу зі складу на заготівельні ділянки цеху	Електромостовий кран загального призначення. Вантажопідйомність 20 т.
2	Термічне різання	Різання листа на заготовки, згідно креслень	Портальна машина розділювального кисневого різання
3	Правка та чищення заготовки після різання	Очищення заготовок здійснюється механічним шляхом за допомогою вертикально-кутової шліфувальної машини.	Багатовалкова листопрямильна машина. Вертикальна кутова шліфувальна машина.
4	Збирання	1) Укласти в кондуктор стенду за допомогою вантажопідйомного механізму ліву (праву), притискаючи нижню частину щоки до упору. 2) Позиціонувати щоку, з отвором направляюче-затискну фіксатора	1) Вантажопідйомний механізм. 2) Стенд для збирання. 3) Кувалда, ключі для фіксації затискачів стенду

		кондуктора. 3) Вставити напрямно-затискну втулку в технологічний отвір щоки та кондуктора. 4) Закріпити напрямно-затискну втулку притискним болтом. 5) Закріпити поворотні механічні затискачі кондуктора на щоці. 6) Повернути стенд на 180 °. 7) Укласти в кондуктор стенда за допомогою вантажопідйомного механізму ліву (праву) щоку верстата), притискаючи нижню частину щоки до завзятої планки. 8) Позиціонувати щоку, щоб збігся технологічний отвір 9) Вставити напрямно-затискну втулку в технологічний отвір щоки та кондуктора. 10) Закріпити напрямно-затискну втулку притискним болтом. 11) Закріпити поворотні механічні затискачі	
--	--	---	--

		кондуктора на щоці. 12) Повернути стенд на 90°, щоб технологічні отвори були у верхньому положенні. 13) Укласти верхньою і нижню планку кондуктор притискаючи їх до упорів. 14) Зафіксувати поворотними механічними затискачами верхньої та нижньої планки.	
5	Зварювання	1) Повернути стенд на 90 °. 2) Зварити три шви 3 2 і один шов Т1, згідно з конструкторською документацією. 3) Зробити зачистку стикових швів . 4) Повернути стенд на 180 °. 5) Зварити три шви 3 2 та один шов Т1, згідно з конструкторською документацією. 6) Зробити зачистку стикових швів заподлицо 7) Повернути стенд на 90 °. 8) Зняти елементи кріплення кондуктора.	1) Стенд для збирання 2) Зварювальна роботизована система дугового зварювання. 3) Джерело зварювального струму 4) Механізм подачі дроту. 5) Вертикальна кутова шліфувальна машина. 6) Вантажопідйомний механізм.
6	Складання корпусу	1) Укласти корпус у кондуктор стенду відповідно до упорів.	1) Вантажопідйомний механізм. 2) Стенд для

		2) Закріпити нижній лист затискачами до кондуктора. 3) Встановити в кондуктор стенду відповідно до напрямних та упорів. 4) Закріпити затискачами кондуктор. 5) Встановити нижні листи у стенд кондуктора. 6) Закріпити нижні л листи затискачами кондуктора. 7) Встановити верхні листи у стенд кондуктора. 8) Зафіксувати верхні листи затискачами кондуктора. 9) Встановити та зафіксувати листи лівого та правого борту корпусу 10) Встановити та закріпити листи корпусу. 11) Встановити та закріпити стельові листи корпусу	складання. 3) Кувалда, ключі для фіксації затискачів стенду
7	Зварювання корпусу	1) Повернути стенд на 90 °. 2) Зварити зовнішній шов нижнього та верхнього листів корпусу, 3) Зварити внутрішній шов нижнього, нижнього, верхнього, стельового листа корпусу, - Т1 катетом 8, зі	1) Стенд для збирання. 2) Зварювальна роботизована система дугового зварювання. 3) Джерело зварювального

		верстатом зброї. 4) Повернути стенд на 180 °. 5) Зварити зовнішній шов нижнього лобового та верхнього листів корпусу, за - Т1 катетом 8 6) Зварити внутрішній шов нижнього, нижнього, верхнього лобового, стельового листа корпусу, - Т1 катетом 8, 7) Повернути стенд на 90 °. 8) Зварити зовнішній шов стельового листа і внутрішній нижнього, Т1 катетом 89 Повернути стенд на 180 °. 10) Зварити внутрішній шов стельового листа і зовнішній нижній, Т1 катетом 8. 11) Повернути стенд на 180 °. 12) Зняти елементи кріплення кондуктора 13) Прибрати корпус зі стенду.	струму 4) Механізм подачі дроту 5) Вантажопідйомний механізм.
8	Термообробка	Відпал для зняття внутрішніх напруг	Відпал проводиться в діапазоні температур 600-650 °С з наступним повільним

			охолодженням із піччю. Час витримки за заданої температури після повного прогріву становить 1-2 год. У нейтральній атмосфері
9	Очищення корпусу	Ретельне очищення зварних швів від бризок	Молоток, зубило, вертикальна кутова шліфувальна машина.
10	Контроль	Контроль якості полягає у перевірці відповідності показників якості продукції встановленим вимогам.	1) Вимірювання та зовнішній огляд зварних швів на наявність поверхневих дефектів (тріщини підрізи, не заварені кратери та порушення геометричної форми тощо), 2) Газова проба – проводиться визначення щільності зварних швів. 1) Набір катетомірів зварювальника

			2) Доступну для огляду сторону шва покривають водною суспензією крейди або каоліну і підсушують. Протилежну сторону змочують 2-3 рази гасом. Проникність виявляють жирними жовтими плямами на поверхні, покритій крейдою або каоліном.
--	--	--	---

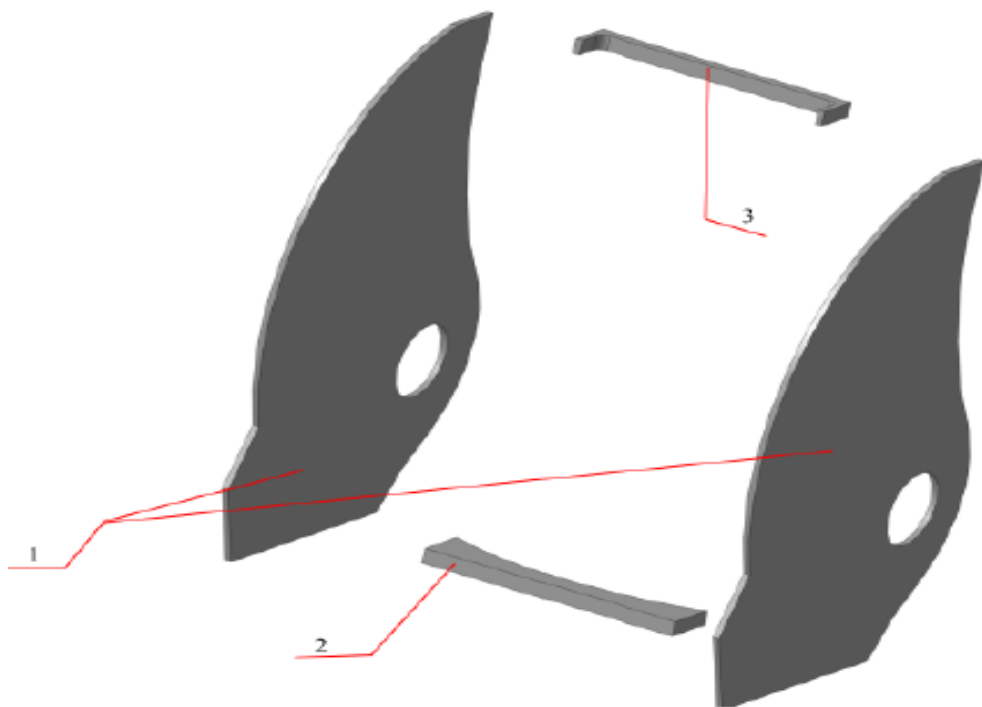


Рисунок 2.10 – Деталювання загальне: 1 – щоки; 2 – нижня планка; 3 – верхня планка

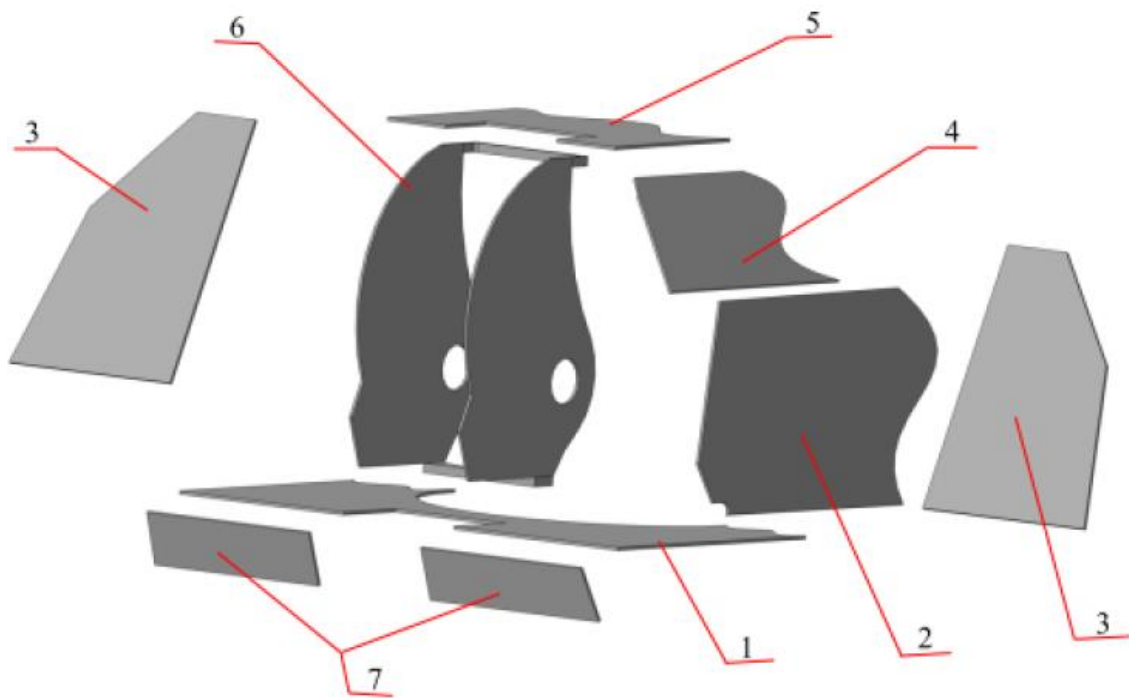


Рисунок 2.11 – Деталювання при складанні корпусу: 1 – нижній лист; 2 – нижній лист борту; 3 – верхній лобовий лист; 4 – верхній листок борту; 5 – стельовий лист; 6 – верстат ; 7 – нижній лист.

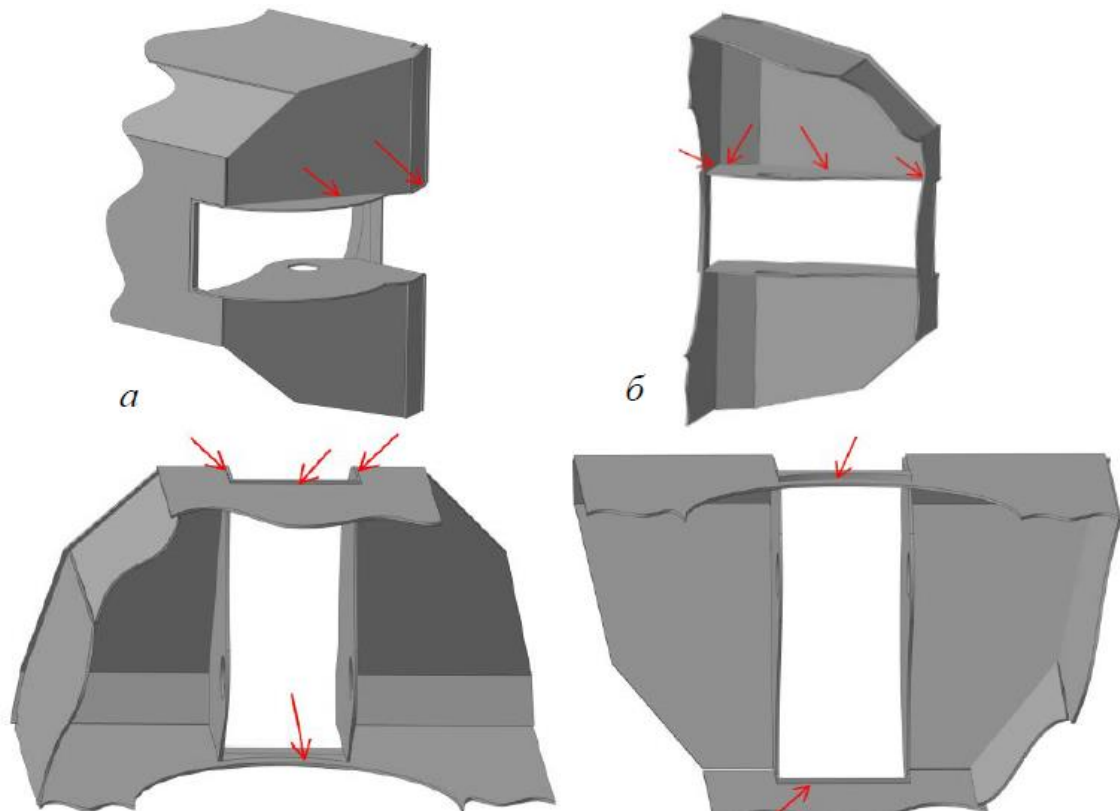


Рисунок 2.12 – Положення корпусу при зварюванні (стрілочками показані зварні шви)

Система управління призначена для управління роботом, зварювальним обладнанням, позиціонером, обладнанням системи безпеки та всім іншим периферійним обладнанням.

Система управління IRC 5 доступна у двох виконаннях (рис. 2.13):

- SCC – одна шафа управління;
- DCC – дві шафи управління.

Система управління може складатися з:

- одного модуля управління
- одного або кількох модулів приводу.

Загальна кількість модулів приводу залежить від загальної кількості робіт у системі.

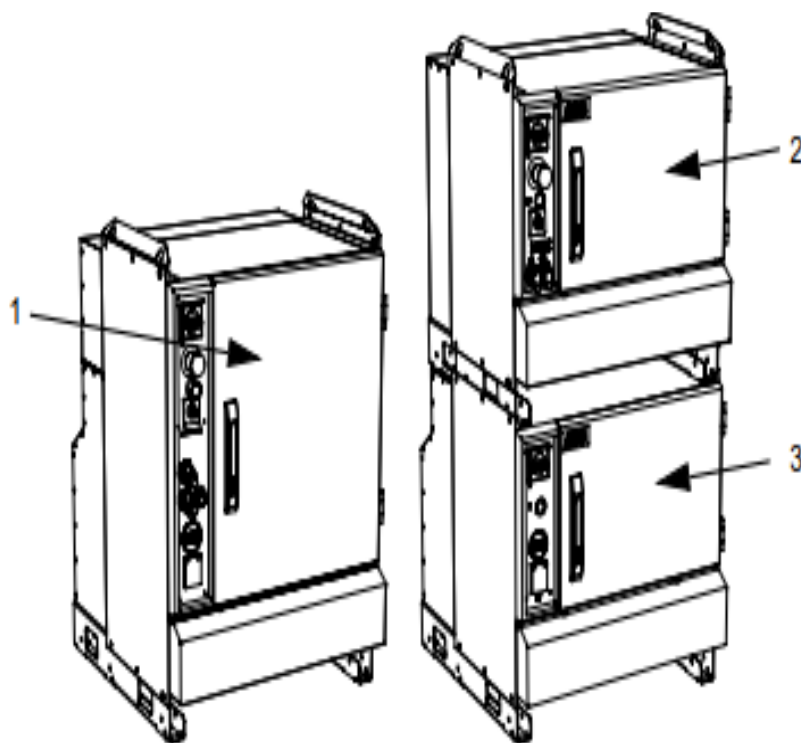


Рисунок 2.13 – Модуль управління IRC 5 для одного робота SCC або DCC: 1 – SCC; 2 – DCC (модуль керування); 3 – DCC (модуль приводу)

Датчик пошуку швів SmarTas та контролер зварювання (AWC) для відстеження зварного шва, рис. 2.14. SmarTas – це гнучка універсальна система пошуку та визначення місцезнаходження зварних швів, що адаптує запрограмовану траєкторію робота шляхом коригування відхилень заготівлі від заданого положення.

Вона заряджає газове сопло електричним зарядом у режимі пошуку. При контакті сопла із заготівлею SmarTac посилає сигнал зупинки в систему керування робота.

Після порівняння фактичного положення заготівлі із запрограмованим зварювальна програма адаптується до фактичного положення. SmarTac значною мірою дозволяє запобігти проблемам якості, викликаним відхиленнями заготовок.

Оскільки дія системи SmarTac заснована на електричному контакті між соплом та заготівлею, її можна використовувати тільки для незабарвлених провідних матеріалів.

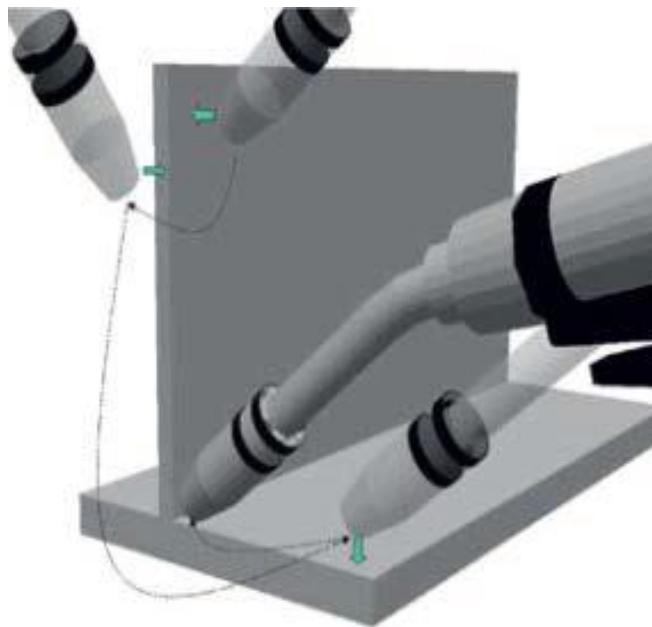


Рисунок 2.14 – Датчик пошуку швів SmarTac коригує відхилення заготовки від заданого положення

АВС є поєднанням контролера процесу та системи відстеження «через дугу» об'єднаних у контролері робота (рис. 2.15).

Контролер зварювання АВС призначений для відстеження коливань. Він контролює та відстежує зміщення шва та процес зварювання. АВС заміряє зварювальний струм і напругу, синхронізовані зі схемою поперечних коливань робота, і дає сигнали контролеру робота для коригування по вертикалі та горизонталі, щоб забезпечити послідовне заповнення зварного шва.

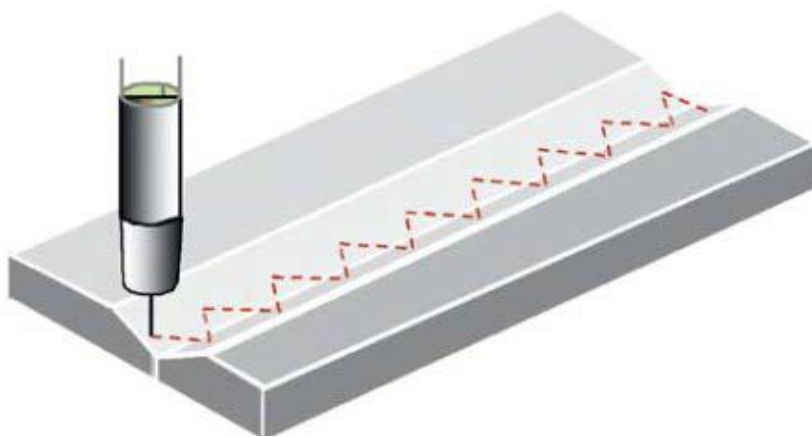


Рисунок 2.15 – AWC – поєднання контролера процесу та системи відстеження зварних швів

У технологічному процесі на складання та зварювання корпусу спеціалізованої техніки типу «Ковпак» зі верстатом зброї використовуються такі види контролю, як візуальний огляд та перевірка зварних швів на герметичність.

Технічний огляд. Служить визначення зовнішніх дефектів в зварних швах.

Виготовляється неозброєним оком або за допомогою лупи 10-кратного збільшення.

Перед оглядом зварний шов та прилеглу до нього поверхню металу очищають від шлаку, бризок та забруднень.

Розміри зварного шва контролюють вимірювальним інструментом зазвичай з точністю вимірювання до $\pm 0,1$ мм або спеціальними шаблонами, що мають вирізи під певний шов, розмір якого вказано (вибито) на шаблоні.

Виявляються такі дефекти як тріщини, пори, нориці, що виходять на поверхню шва, кратера, подрізи, напливи, бризки металу тощо.

Течі пошук. Герметичність – це здатність зварного виробу зберігати в робочих умовах початкову кількість речовин, що містяться в ньому.

Контроль герметичності зварних з'єднань виробів заснований на проникненні пробних речовин (газів або рідин) через наскрізні дефекти (течі) та їх реєстрацію за допомогою різних приладів або засобів реєстрації індикаторних речовин.

Методи контролю герметичності, своєю чергою, класифікують за способами контролю.

До газових віднесені методи та способи контролю герметичності, що визначають витік пробної речовини через несплошності зварної сполуки при створенні в контрольованому виробі надлишкового тиску або вакууму із застосуванням пробного газу.

Рідинні методи та способи контролю герметичності ґрунтуються на визначенні витоку пробних речовин (рідин або їх сумішей з різними індикаторними добавками) при атмосферному чи надмірному тиску.

До газорідинних відносяться методи та способи контролю герметичності, засновані на визначенні витоку пробних речовин: газів або рідин, що знаходяться під надлишковим тиском або вакуумом і проникають через наскрізні дефекти зварних з'єднань – шляхом реєстрації бульбашок на поверхні зварного з'єднання.

За допомогою технологічних методів та способів контролю герметичності зварних сполук можна визначати витік пробних речовин за допомогою розтину або вирізки зварних сполук для визначення внутрішніх дефектів або виготовлення випробувальних (контрольних) зразків зварного з'єднання та подальшого дослідження.

Найважливішою характеристикою кожного методу або способу контролю герметичності є його чутливість, яка характеризується мінімальним потоком пробної речовини, що надійно реєструється.

При визначенні теч течешукачами чутливість останніх визначають залежно від тиску, величини потоку або концентрації пробного газу, що припадають на один поділ шкали вихідного приладу, тобто. у вигляді статичної чутливості.

Капілярні методи неруйнівного контролю засновані на капілярному проникненні індикаторних рідин (пенетрантів) у порожнини поверхневих і наскрізних несплошностей матеріалу об'єктів контролю та реєстрації індикаторних слідів, що утворюються, візуальним способом або за допомогою

перетворювача. Капілярний ПК призначений для виявлення невидимих або слабо видимих неозброєним оком поверхневих та наскрізних дефектів в об'єктах контролю, визначення їх розташування, протяжності (для дефектів типу тріщин) та орієнтації по поверхні.

Цей вид контролю дозволяє діагностувати об'єкти будь-яких розмірів та форм, виготовлені з чорних та кольорових металів та сплавів, пластмас, скла, кераміки, а також інших твердих неферромагнітних матеріалів.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір пристосування

Стенд для збирання та зварювання.

Стенд показаний на рис. 3.1 є обертачем з механічними притисками і кондуктором.

Використовується для оптимального позиціонування деталей верстата як для зварювання, так і для збирання.

Габаритні розміри: довжина – 1950 мм, висота – 1160 мм, ширина – 1100 мм.

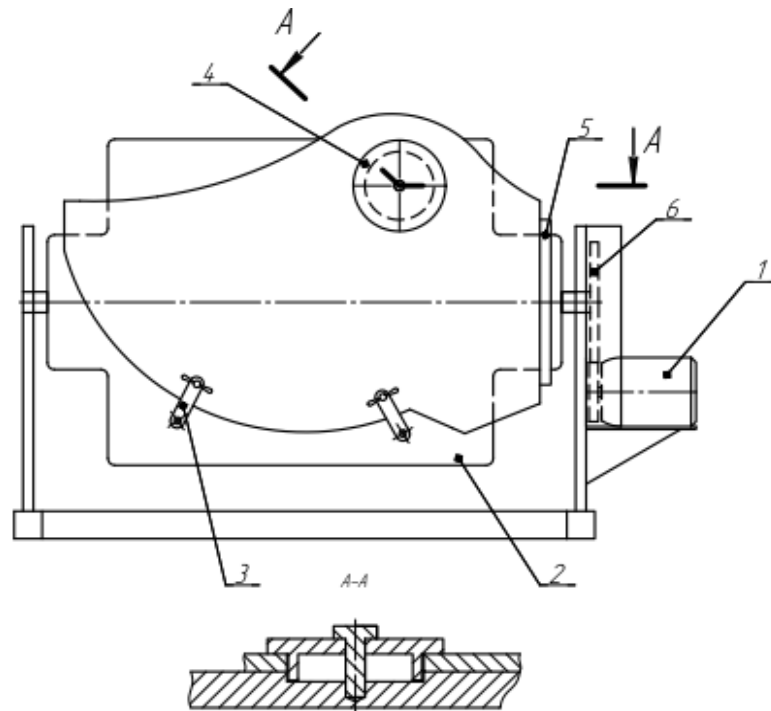


Рисунок 3.1 – Складально-зварювальний стенд верстата: 1 – електродвигун; 2 – рама кондуктора; 3 – поворотні механічні затискачі; 4 – втулковий фіксатор; 5 - завзята планка; 6 – механізм обертання стенду

Стенд показаний на рис. 3.2 являє собою кільцевий кантувач з кондуктором для корпусу. Використовується для складання та зварювання корпусу типу «Ковпак». Габаритні розміри: довжина – 7400 мм, висота – 3400 мм, ширина – 3600 мм.

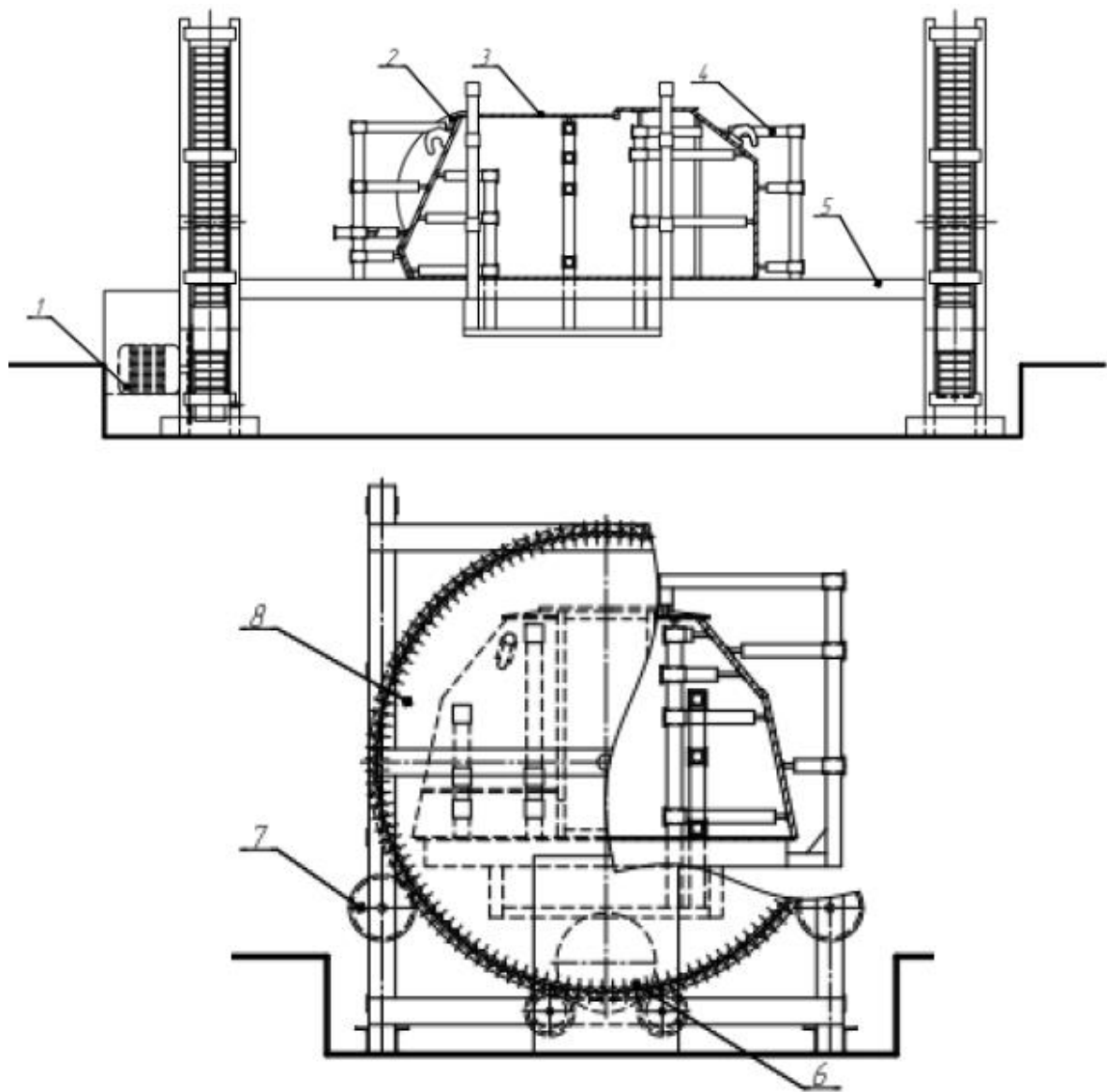


Рисунок 3.2 – Складально-зварювальний стенд корпусу типу «Ковпак»:
 1 – електродвигун; 2 – верстат ; 3 – корпус вежі; 4 – притискачі; 5 – платформа
 стенду; 6 – механізм обертання кантувача; 7 – напрямні ролики кантувача; 8 –
 кільце кантувача

3.2 Розрахунок одностійкового кантувача

Основними параметрами кантувачів є вантажопідйомність та крутні моменти щодо осі обертання та опорної площини планшайби. Кантувач підбирають за трьома параметрами виробу, що зварюється: по вазі, відстані від центру тяжкості до опорної площини планшайби і від центру тяжіння до осі обертання.

Якщо виріб, що зварюється, кріпиться через проміжний прилад, то необхідно враховувати загальну вагу конструкції та проміжного пристосування, а відстань від центру тяжкості виробу до опорної площини планшайби приймати з урахуванням висоти проміжного пристосування.

У цьому випадку одностійкові кантувачі (рис. 3.3) можуть бути обмежені у застосуванні. Обмеження накладається завдяки одноопорному кріпленню виробу до планшайби, яке при великих лінійних розмірах виробу може призвести до зростання вантажного згинального моменту, що діє на шпindel кантувача, внаслідок збільшення відстані від центру тяжкості виробу до опорної площини планшайби.

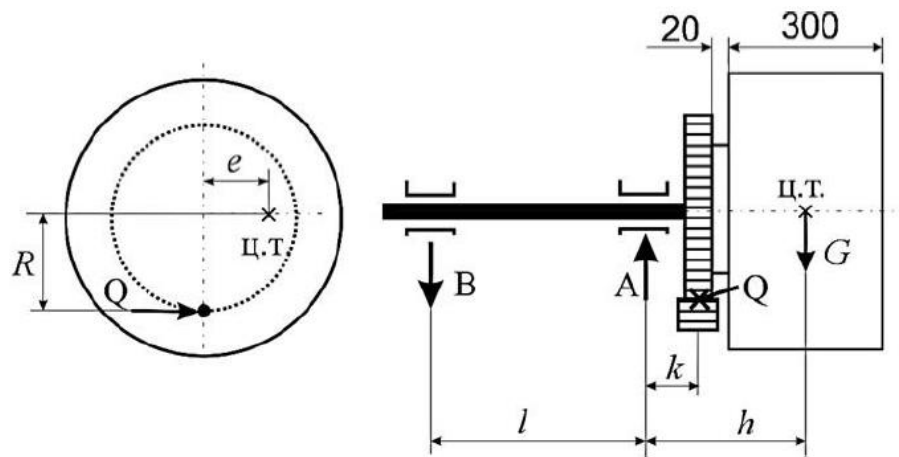


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема одностійкового кантувача з горизонтальним шпинделем та зубчастою парою на планшайбі

Частота обертання n планшайби (об/хв) визначається наступним чином

$$n = \frac{V_{зв}}{0.1884 \cdot D}, \quad (3.1)$$

де $V_{зв}$ – швидкість зварювання, м/год;

D – діаметр кругового шва, мм.

$$n = \frac{21}{0.1884 \cdot 0.4} = 263 \text{ об/хв.}$$

Відстань k від вертикальної осі зубчастої передачі до осі підшипника кочення в опорі А становить 50 мм.

Відстань між опорами А і В становить 500 мм.

Діаметр зубчастого колеса 400 мм.

На схемі зубчасте колесо закріплено на консольній частині шпинделя. Під дією сили тяжіння виробу в опорах шпинделя, якими є підшипники, виникають реакції А та В, а шпиндель піддається згинальний момент.

Найбільший згинальний момент діє в опорі А.

Він дорівнює геометричній сумі двох згинальних моментів, що діють у взаємно перпендикулярних площинах:

$$M = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}, \quad (3.2)$$

де $M_1 = G \cdot h$ – вантажний момент, Н м;

$M_2 = Q \cdot k$ – момент від дії окружного зусилля на зубчасте колесо, Г м.

$$M = \sqrt{10200 + 90.25} = 101.4 \text{ Н м.}$$

У свою чергу окружне зусилля на зубчастому колесі дорівнює

$$Q = \frac{M_{кр}}{R}. \quad (3.3)$$

Найбільший крутний момент, $M_{кр}$, що долається приводом обертача або кантувача, дорівнює

$$M_{кр} = G \cdot e. \quad (3.4)$$

Повні зусилля в підшипниках ковзання А і В дорівнюватимуть геометричній сумі вертикальної та горизонтальної складових реакцій опор:

$$Q = \frac{9.5}{0.1} = 95 \text{ кгс};$$

$$A = \sqrt{\left(G \frac{l+h}{l}\right)^2 + \left(Q \cdot \frac{l+k}{l}\right)^2}$$

$$B = \sqrt{\left(G \frac{h}{l}\right)^2 + \left(Q \cdot \frac{k}{l}\right)^2}$$

При підборі діаметра шпинделя в опорах необхідно мати на увазі, що навантаження в опорі буде менше, ніж в опорі А.

Сумарний момент сил тертя в підшипниках дорівнюватиме

$$M_{mp} = 0.5 \cdot f (A d_a + B d_b), \quad (3.5)$$

де d_A та d_B – діаметри шпинделя в підшипниках А та В;

f – коефіцієнт тертя у підшипниках.

Підібравши діаметри шпинделя в опорах і отримавши значення M_{mp} необхідно провести перевірочний розрахунок міцності шпинделя за формулою:

$$\frac{10 \cdot \sqrt{M^2 + M^2}}{d_A^3} \leq [\sigma], \quad (3.6)$$

де $[\sigma]$ – допустима напруга на згин. $[\sigma] = 930$ МПа.

$$\frac{10 \cdot 101.4}{4^3} \leq [\sigma]$$

Потужність приводного електродвигуна визначається, виходячи величини найбільшого крутного моменту, що діє на осі кантувача або обертача:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{97400 \cdot \eta}; \quad (3.7)$$

$$N = \frac{9.5 \cdot 263}{97400 \cdot 0.8} = 0,04 \text{ кВт.}$$

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Техніка безпеки при зварюванні в захисних газах

Будь-яке зварювання має виконуватися з дотриманням норм безпеки. Процеси плавки, різання і зварювання металів - джерело утворення небезпечних і шкідливих факторів, які впливають на організм людини.

На виробничих підприємствах згідно з охороною праці до роботи допускаються тільки після інструктажу.

Співробітник повинен знати, як правильно користуватися зварювальним апаратом, яких заходів дотримуватися в процесі роботи і як правильно підготуватися до зварювальних робіт.

Існують різні небезпечні чинники при зварюванні, які викликають нещасні випадки та травми при недотриманні норм безпеки, ось тільки декілька з них:

- Іскри, що потрапляють на шкіру, викликають опік. Тому всі ділянки тіла повинні бути захищені. Також вони пропалюють практично всі види тканини, крім спеціальної. Може пошкодитися і взуття, якщо воно зроблене з неякісного матеріалу.
- Погана ізоляція проводів, а також дощ, сніг можуть призвести до ураження електричним струмом.
- Наявність горючих матеріалів в приміщенні також досить небезпечно, від іскор вони можуть легко спалахнути та привести до пожежі та навіть вибуху.
- Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання може привести до опіку сітківки очей, і, відповідно, до часткової або повної втрати зору.

Техніка безпеки під час зварювальних робіт:

- Перевіряйте ізоляцію всіх струмопровідних елементів.
- Переконайтеся в наявності заземлення корпусу зварювального апарату через 3-х-полюсну розетку з проводом заземлення.

- Працюючи в закритих приміщеннях використовуйте гумові килимки та спеціальне взуття на гумовій підшві.
- Не допускайте контакту із не ізольованими елементами електричного кола, клемами.
- Де б ви не працювали, при виконанні зварювальних робіт, ділянка повинна бути очищеною від горючих матеріалів (зона безпеки до 5 метрів).
- При виконанні робіт не можна відволікатися. Контролюйте процес формування шва.
- Для захисту перехожих, інших працівників – робоче місце слід обгородити.
- У приміщенні повинна бути обладнана система вентиляції.
- Перевіряйте кабель - він не повинен скручуватися.
- Переносити або пересувати зварювальне обладнання можна тільки після відключення живлення.

Перед початком робіт вам також потрібна інструкція по експлуатації зварювального апарату. Вивчіть її, це дозволить правильно провести налаштування пристрою, і, відповідно, убезпечити себе від нещасних випадків.

Існує ряд обмежень, які дозволяють убезпечити себе та оточуючих від небезпечних і аварійних ситуацій:

- Під час опадів або в приміщенні з високою вологістю виконувати зварювальні роботи заборонено.
- Забороняється працювати з електродуговим зварюванням, якщо пошкоджений світлофільтр або екран захисної маски.
- Заготовки повинні бути закріплені механічно. Забороняється утримувати їх рукою в процесі роботи.
- У приміщенні не повинно бути горючих або легкозаймистих матеріалів.
- Щоб уникнути небезпечних ситуацій, візьміть до відома і таку пораду: проводьте підготовку до роботи, перевіряйте обладнання, цілісність ізоляції кабелю.

- Вимоги безпеки при зварюванні: необхідна підготовка приміщення, робочого місця, а також використовуйте спеціальний одяг для зварювання, взуття, захисну маску, рукавиці зварника (краги).
- Черевики повинні мати товсту підошву, на ній не повинно бути металевих вставок, накладок, усередині носка повинна бути спеціальна вставка, що захищає пальці в разі падіння важкої металевої заготовки.
- Краги вибирають в залежності від виконуваних робіт, бувають двох, трьох-і п'ятипалі. Одяг повинен бути вогнетривким, виготовленим зі спеціального матеріалу. Це може бути парусина, просочена вогнетривкою сумішшю, брезент, спилка або щільна шкіра.

4.2 Питання техніки безпеки при експлуатації установок високих, надвисоких і ультрависоких частот

Газове або електродугове зварювання – це технологічний процес формування з'єднання двох або більше елементів через встановлення зв'язків на міжатомному рівні при загальному або локальному нагріванні, пластичному деформуванні або комплексній дії обох ефектів. Проведення будь-яких типів зварювальних робіт або плазмового різання є потенційно небезпечним процесом так як можуть раптово формуватися вогнища загоряння або задимлення. Саме тому відповідальні особи повинні забезпечити весь комплекс заходів з пожежної безпеки при зварювальних роботах.

Найпоширенішими причинами виникнення пожежі на об'єкті під час проведення зварювальних робіт є:

- краплі гарячого шлаку або металу, що потрапили на суху траву, деревину, папір, ганчір'я та інші горючі і легкозаймисті матеріали;
- неправильне поводження зі зварювальним апаратом або газовим пальником, порушення правил їх експлуатації;
- знаходження горючих речовин в безпосередній близькості від робочого місця зварника.

Можливість виникнення загоряння набагато вище при проведенні робіт на будівельних об'єктах, в закритих кімнатах, не пристосованих для такого типу технологічних операцій.

У підвальних приміщеннях або приміщеннях закритого типу слід залишати вікна, двері або люки у відкритому стані, включати вентиляцію або монтувати тимчасову систему воздухоудалення.

Крім того, необхідно очистити територію навколо місця зварювання радіусом не менше ніж 5 метрів.

Для запобігання виникнення пожежі необхідно дотримуватися таких правил безпеки:

- зварювальні кабелі повинні знаходитися не менше ніж в 50 сантиметрах від трубопроводів і газових балонів;
- місця здійснення зварювальних робіт повинні бути обладнаними первинними засобами пожежогасіння;
- для захисту від бризок розплавленого металу слід використовувати спеціальні екрани;
- зварювальник повинен мати спеціальний захисний одяг з вогнестійким покриттям, який здатен витримувати нетривалий за часом вплив електричної дуги;
- категорично забороняється використання кисневого рукава замість ацетиленового;
- застосування зріджених газів для зварювальних робіт в колодязях і цокольних поверхах заборонено;
- використання відкритого полум'я для відігріву обладнання заборонено.

Помітний осередок загоряння під час формування пожежі може сформуватися не відразу, а тільки через деякий проміжок часу – необхідно уважно оглянути місце проведення робіт і упевнитися у відсутності характерного запаху гару і диму.

Первинні засоби пожежогасіння при загорянні.

Особа, яка призначена відповідальною за протипожежну безпеку на об'єкті проведення зварювальних робіт, повинна до їх початку перевірити наявність первинних засобів гасіння. До таких засобів відносяться:

- ящик з піском і дві лопати;
- відра з водою;
- вогнегасник.

Вогнегасники є найбільш ефективним засобом, за допомогою якого можна придушити вогнище загоряння на ранньому етапі його формування. За типом гасячого складу вони діляться на вуглекислотні і порошкові.

Порошковий вогнегасник використовує мінеральну порошкоподібну суміш, яка витісняється з балона газовим зарядом під тиском.

Вони є найбільш поширеними моделями на ринку завдяки відносно невисокій ціні, а також універсальністю застосування — з їх допомогою можна боротися із загоряннями класів А, В, С і Е, а також використовувати для електрообладнання під напругою до 1000 В.

Гасячий ефект досягається за рахунок запобігання надходження кисню з місця загоряння.

Вуглекислотний вогнегасник використовує зріджений діоксид вуглецю, який, вириваючись з сопла, переходить в газоподібну форму і розширюється в об'ємі, що призводить до різкого зниження його температури.

Вуглекислий газ швидко і ефективно охолоджує палаючу поверхню, а також витісняє кисень з вогнища пожежі.

На відміну від порошкових моделей вуглекислотні не забруднюють внутрішнього простору при використанні – приміщення досить провітрити для видалення надлишків газу.

ВИСНОВКИ

У цьому дипломному проекті розроблена технологія складання-зварювання корпусів типу «Ковпак», що замінює частково механізоване дугове зварювання в CO_2 , на роботизоване зварювання в аргоновмісній суміші.

Підібрано обладнання для роботизованого зварювання корпусів типу «Ковпак».

Підібрані зварювальні матеріали та розраховані зварювальні матеріали та розраховані зварювальні матеріали.

Запропонований у проекті технологічний спосіб зварювання металовиробу є економічно ефективним за рахунок зниження технологічної собівартості та зменшення чисельності обслуговуючого персоналу, що впливають на собівартість продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизоване керування зварюванням: навч. посіб. / Г. Н. Семенцов, Я. Р. Когуч, Р. Б. Діжак [та ін.]. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. 562 с.
2. Будова та експлуатація устаткування для зварювання плавленням: Навч. посібник для учнів проф.-техн. закладів освіти / О. Г. Александров, І. І. Заруба, І. В. Пінковський. К.: Техніка, 1998. 176 с.
3. Виробництво зварних конструкцій: підручник / Г. О. Кривов, К. О. Зворикін. К. : КВІЦ, 2012. 896 с.
4. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення: навч. посіб. / О. Г. Александров, Д. А. Антонюк, О. Є. Капустян. Львів: Новий Світ-2000, 2013. 224 с.
5. Джерела живлення для дугового та плазмового зварювання і різання: навч. посіб. / Г. П. Болотов, М. Г. Болотов, Чернігів. нац. технол. ун-т. Чернігів: ЧНТУ, 2017. 178 с. ISBN 978-617-7571-06-2.
6. Довідник зварника / О. Г. Биковський, І. В. Пінковський. К. : Техніка, 2002. 336 с.
7. Матійко М. М. Розвиток дугового електрозварювання на Україні. К., 1960.
8. Металознавчі аспекти зварності залізовуглецевих сплавів: навч. посіб. / В. М. Палаш. Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. 236 с.
9. Обладнання і технологія газозварвальних робіт : Підручник / І. В. Гуменюк, О. Ф. Іваськів. К.: Грамота, 2005. 272 с. ISBN 966-349-000-4.
10. Александров О. Г., Заруба І. І. Будова та експлуатація устаткування для зварювання плавленням. К.: Техніка, 1998. 176 с.
11. Автоматичне керування електрозварювальними процесами і установками: Навч. посібник / За ред. В.К.Лебедева, В.П.Черниша. К. : Вища шк., 1994. 391 с.
12. Автоматизоване керування зварюванням: навч. посіб. / Г.Н. Семенцов, Я.Р. Когуч, Р.Б. Діжак [та ін.]. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. 562 с.

13. Охорона праці. Лабораторний практикум / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець. К.: Основа, 1998. 224 с.
14. Расчет сварных соединений и конструкций. Примеры и задачи / А. Н. Серенко, М. Н. Крумбольт, К. В. Багрянский ; Под. ред. А. Н. Серенко. К.: Вища школа, 1977. 336 с.
15. Проектування та експлуатація обладнання для дугового зварювання: навч. посіб. / О. Г. Александров, Д. А. Антонюк. Львів: Новий Світ-2000, 2011. 312 с.
16. Спеціальні способи зварювання: навч. посіб. / В. В. Квасницький. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.
17. Теоретичні основи процесів зварювання: навч. посіб. / В. М. Мілютін, Г. І. Камель, П. С. Івченко, Ю. А. Гасило. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. 629 с. ISBN 966-175-141-4.
18. Теорія зварювальних процесів. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання. : навч. посіб. / В. В. Квасницький. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 184 с.
19. Технологія та обладнання електричного контактного зварювання: навч. посіб. для ПТНЗ / О. Г. Биковський, Д. М. Лутов, І. В. Пінковський. К.: Технологія, 2001. 240 с.
20. Жидецький В. Ц., Джиги рей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Підручник.- Видавництво 5-те, доповнене. – Л.: Афіша, 2000. -350 с.
21. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. – К.: Основа, 2010. – 240 с.

ДОДАТКИ