

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
стелажу для промислового складу

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

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Горбатюк Р.Р.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Паньків М.Р.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Дячун А.Є.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Окіпний І.Б.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

РЕФЕРАТ

Напівавтоматичне та автоматичне зварювання, що дозволяє зробити процес нероз'ємного з'єднання металів, у сучасному світі знаходить широке та все зростаюче застосування у всіх промислово розвинених країнах світу. Економічний розвиток в нашій країні, як відомо, ґрунтується на науково-технічному прогресі, пріоритетними напрямками якого є комплексна механізація та автоматизація виробничих процесів, широке впровадження у виробництво нових конструкційних матеріалів і високоефективних технологічних процесів, раціональне використання матеріальних і енергетичних ресурсів.

У реалізації цих напрямів у машинобудуванні, будівництві, транспорті та інших галузях значна роль відводиться прогресивним технологіям зварювання та спорідненим процесам.

Відомо близько сімдесяти способів зварювання, із застосуванням яких створюються монолітні з'єднання металів, неметалів, а також різнорідних матеріалів товщиною від десятка мікрометрів до декількох метрів при виробництві автомобілів, рухомого складу залізниць, енергетичної та хімічної апаратури і багатьох інших зварних конструкцій як відповідального.

ЗМІСТ

1	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1	Аналіз конструкції виробу	7
1.2	Характеристика матеріалу виробу	8
1.3	Характеристика базового технологічного процесу	9
2	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1	Розроблення варіанту удосконаленого технологічного процесу	15
2.2	Вибір способу зварювання та зварювальних матеріалів	19
2.3	Розрахунок режимів зварювання	20
2.4	Обладнання, пристрої, інструмент для виконання заготівельних операцій	25
2.5	Устаткування для зварювання	30
2.6	Технологічний процес збирання виробу та контроль якості зварних з'єднань	36
3	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	40
3.1	Розрахунок рами пристосування	40
3.2	Визначення сили притискання другого вузла до рами двухстойкового кантувача	43
4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	44
4.1	Загальні вимоги пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт	44
4.2	Пожежна безпека в зварювальних цехах	46
	ВИСНОВКИ	55

ВСТУП

У представленій кваліфікаційній роботі розробляється технологія складання стелажу для промислового складу з балок коробчастого перерізу.

Стелажі – металеві конструкції невідповідального призначення, є складським обладнанням, яке призначається для зберігання об'єктів промислового та побутового видів, вантажів різноманітних типів із класичними та нестандартними габаритами.

Розроблювана технологія зварювання повинна не тільки забезпечувати отримання з'єднань і конструкцій, а також допускати максимальну автоматизацію виготовлення виробів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз конструкції виробу

Виріб – «Стелаж для промислового складу» використовують для тимчасових складів, зберігання конструкцій і обладнання, перетранспортування, виготовляють з балок коробчатого перерізу.

Балка коробчатого перерізу є звареною конструкцією у вигляді замкненого контуру. Такі види з'єднань використовують як опори несучих конструкцій.

Профілі коробчатого виду характерні тим, що метал балки добре працює на згин при невеликих масах.

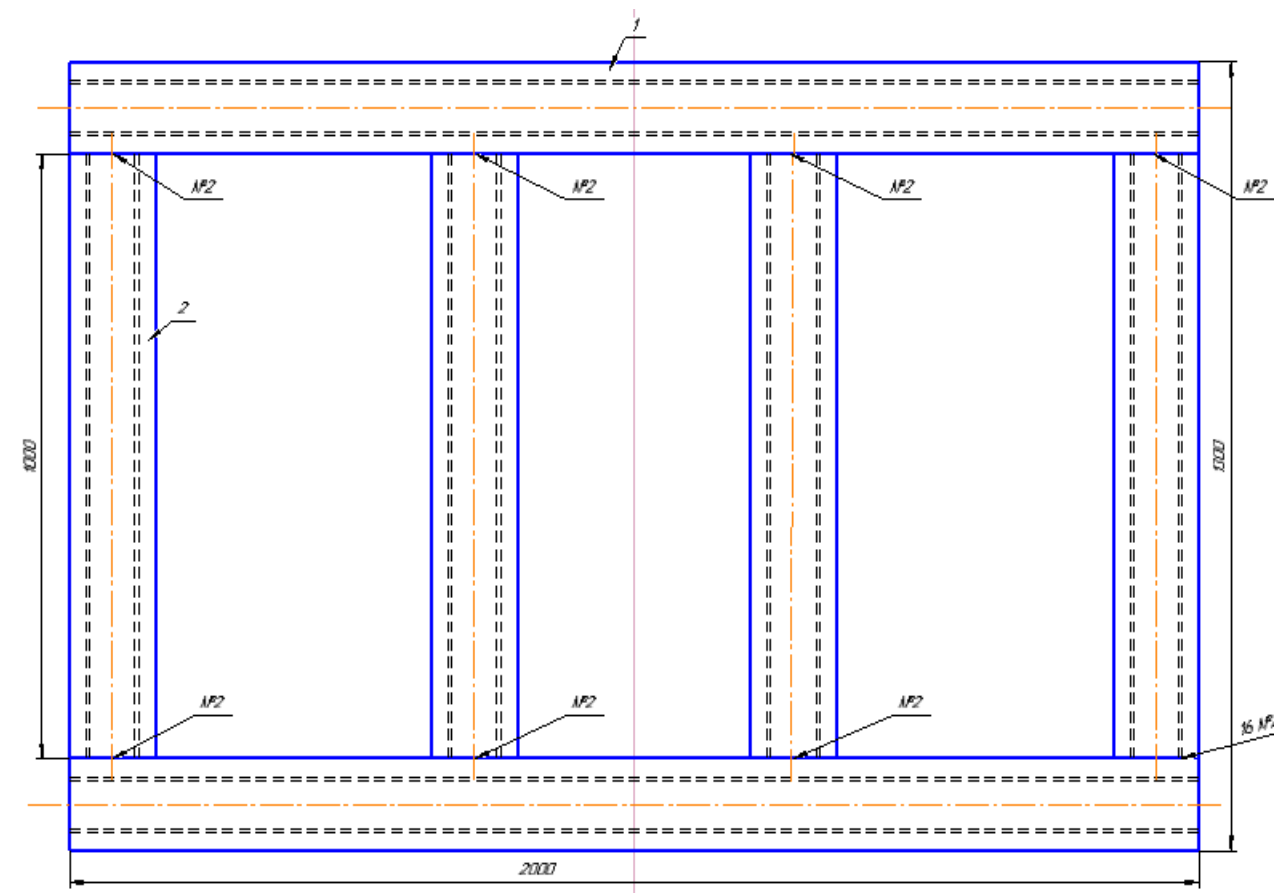


Рисунок 1.1 – Стелаж із балок коробчастого перерізу

Для виготовлення даної конструкції приймаємо сталь – 16 ГС.

1.2 Характеристика матеріалу виробу

Маркування сталі 16ГС говорить про її хімічні складові.

Перша цифра означає вміст вуглецю у відсотках.

Цифри після букв, що відповідають легуючим добавкам – їхня відсоткова кількість у цій марці сталі.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 16ГС

Марка	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	V	Cu
16ГС	0,12 - 0,18	0,40 - 0,70	0,90 - 1,20	< 0,030	<0,035	<0,30	<0,30	<0,12	<0,30

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 16ГС

Марка	Тимчасовий опір, δв, МПа	Межа плинності, δт, МПа	Відносне подовження, δ, %
16ГС	430	265	<21

З усього вищесказаного можна розшифрувати сталь 16ГС є метал, що містить:

- 0,16% вуглецю;
- марганець і кремній, кількість яких не перевищує 1%.

Завдяки своїм властивостям дана сталь застосовується для виготовлення:

- зварних та безшовних труб;
- фланців котлів, судин та резервуарів;
- енергетичних установок;
- конструкцій, що експлуатуються за низьких температур, або при морозах до -70°C;
- кованих обладнання, які експлуатуються під високим тиском;
- частин трубопроводів і елементів водопостачання.

1.3 Характеристика базового технологічного процесу

Деталь виготовляється із кремнемарганцовистої сталі марки 16ГС.

Умови експлуатації конструкції нормальні, інтервал робочих температур від -30 до $+50$ °С.

Конструкція повинна витримувати гранично допустимі навантаження протягом розрахункового терміну служби, забезпечити довговічність та надійність, передбачати можливість технічного огляду, ремонту та контролю металу у з'єднанні.

Зварних конструкцій такого виду характеризуються:

- якістю виконання конструкції;
- видом зварювальних матеріалів;
- технологією збирання деталі;
- станом підготовки поверхні деталей;
- видом ТП, та ступенем автоматизації запропонованих операцій;
- досвідом операторів, зварювальників та наладчиків, загальною культурою виробництва;
- якістю зварного шва: тобто. виконаного без дефектів, відповідно до вимоги міцності, плавним переходам до основного матеріалу.

Вхідні деталі під зварювання мають відповідати вимогам, що ставляться до креслення. Поверхні, що зварюються, в місцях накладання швів і прилеглі до них кромки шириною не менше 20 мм в кожну сторону треба очистити від різних включень до металевого блиску. Контроль розмірів зачистки здійснюється лінійною вимірювальною металевою або штангенциркулем.

Деталі, підготовлені під зварювання, не повинні мати гострих кромek і після штампування.

Під технологічністю розуміють конструктивні оптимальні форми, які відповідають службовому призначенню виробу, забезпечують роботу в межах заданого ресурсу, дозволяють виготовити виріб з мінімальними витратами матеріалу, праці, часу [2].

Конструкцію можна вважати технологічною, коли:

- матеріал має гарну зварюваність, не схильний до утворення холодних і гарячих тріщин, крихкості, не чутливий до утворення загартованих структур, мала схильність до червоноломкості, холодноломкості, жароміцний, корозійностійкий;
- конструкція виробу дозволяє застосовувати механізацію та автоматизацію складання, зварювання та транспортних операцій;
- конструкція може забезпечити вільний підхід електродів до місця зварювання. тобто. тип з'єднання – відкритий.

З вищевикладеного робимо висновок, що конструкція технологічна.

Кількість конструкційних елементів – 4.

Габаритні розміри всіх конструкційних елементів, табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Габаритні розміри

Назва збірної одиниці	Кількість деталей, шт.	Ескіз складальної одиниці та габаритні розміри, мм	Маса, кг
Верхня полиця	2	 6000x152x6	85,4
Бічна стінка	2	 6000x288x6	161,7

Визначаємо, які шви є основними, а які допоміжними.

№ шва -1-4, вид шва - таврове з'єднання, характеристики шва (довжина шва) – 24000 мм.

Визначаємо кількість конструкційних елементів. Вказуємо необхідні: габаритні розміри всіх конструкційних елементів, товщину металу, масу елементів та конструкції в цілому.

Маса елементів М, кг розраховується за формулою:

$$M = a \cdot b \cdot c \cdot \rho, \quad (1.1)$$

де a – довжина елемента, см;

b – ширина елемента, див;

c – висота елемента, см;

ρ – щільність сталі, 7,8 г/см³.

Розраховуємо масу кожного елемента:

$$M_{в.пол} = 6 \cdot 150 \cdot 6000 \cdot 7.8 = 42.1 \text{ кг};$$

$$M_{н.пол} = 6 \cdot 286 \cdot 6000 \cdot 7.8 = 80.3 \text{ кг};$$

$$M_{б} = 122.4 \text{ кг}.$$

Низьколеговані сталі отримали велике застосування завдяки підвищеним механічним властивостям, що дозволяють виготовляти будівельні конструкції легшими та економічнішими.

Для виготовлення різних конструкцій промислових і цивільних споруд застосовуються сталі марок 15ХСНД, 14Г2, 09Г2С, 10Г2С1, 16ГС та ін.

Ці сталі відносяться до категорії задовільно зварюваних сталей; вміст вуглецю трохи більше 0,25% і легуючих домішок трохи більше 3,0%.

Слід враховувати, що при вмісті в сталях вуглецю більше 0,25% існує імовірність утворення гартових структур і навіть тріщин у зоні зварного шва. Крім того, вигоряння вуглецю викликає тріщини у швах. [4].

Низьколеговані сталі зварювати важче, ніж низьковуглецеві конструкційні. Низьколегована сталь чутливіша до теплових впливів при зварюванні.

В базовому ТП застосовується ручне дугове зварювання. Область використання такого методу різноманітна: використання у всіх галузях народного господарства для різноманітних виробів із всіх видів металів.

При вказаному виді зварювання покритими металевими електродами, зварювальна дуга горить з електрода на виріб, оплавляючи кромки виробу, що зварюється і розплавляючи метал електродного стрижня і покриття електрода.

Кристалізація зварного матеріалу та металу електродного стрижня

утворює зварний шов. складається з електродного стрижня та електродного покриття.

Електродний стрижень – зварювальний дріт; електродне покриття – багатокомпонентна суміш металів та їх оксидів.

За функціональними ознаками компоненти електродного покриття поділяють:

- Газоутворюючі:

1. Захисний газ;
2. Іонізуючий газ;

- Шлакоутворювальні:

– для фізичної ізоляції рідкого металу від активних газів атмосферного повітря;

1. Розкислювачі;
2. Рафінуючі елементи;
3. Легуючі елементи;

- Сполучні;

- Пластифікатори.

Запалювання (збудження) провадиться двома способами.

При першому способі електрод підводять перпендикулярно до місця початку зварювання і після порівняно легкого дотику виробу відводять верх на відстань 25 мм.

Другий спосіб нагадує процес, запалюючи сірники.

При обриві дуги повторне запалювання її здійснюється попереду кратера на основному металі з поверненням до наплавленого металу для виведення на поверхню забруднень, що скупчилися в кратері.

Після цього зварювання ведуть у потрібному напрямку.

До переваг зварювання металевим електродом відносимо мале короблення.

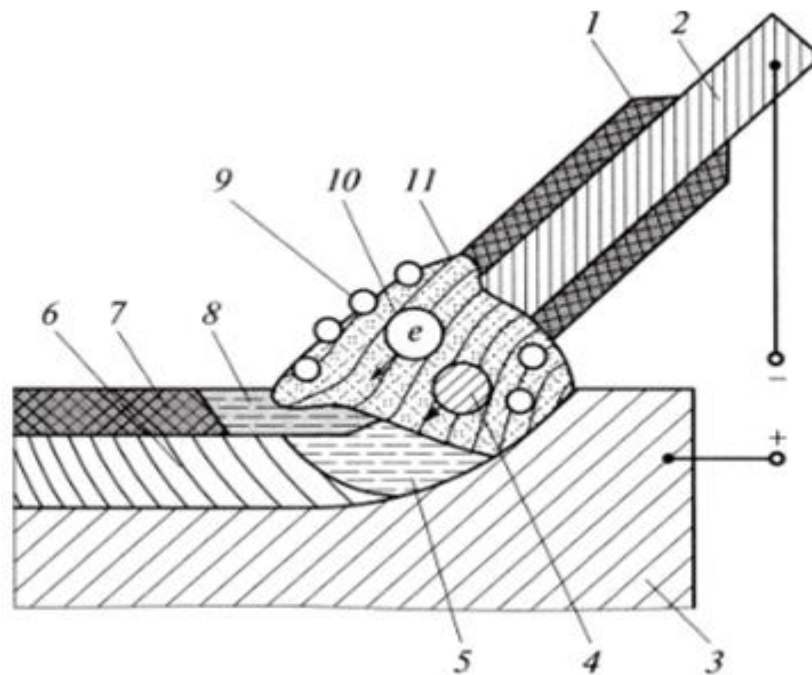


Рисунок 1.2 – Схема процесу ручного дугового зварювання:

1 – покриття (обмазка); 2 – стрижень електрода; 3 – заготовка; 4 – крапля розплавленого металу електрода; 5 – ванна; 6 – шов; 7 – шлаковая кірка; 8 – шлаковая плівка; 9 – захисна газова атмосфера; 10 – електрон; 11 – дуга

Недоліки:

- Неможливість регулювання глибини плавлення металу, що впливає на якість виконання шва;
- Необхідність кваліфікованих зварювальників (1-2 роки);
- Якості зварювання напряму залежить від навиків зварювальника;
- Наявність шлаку в бокових швах [5].

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення варіанту удосконаленого ТП

Зварювання в захисних газах є одним із поширених способів зварювання з плавленням. Порівняно з іншими методами, він має ряд переваг, з яких основна:

- можливість візуального, включаючи віддалене спостереження за процесом зварювання;
- широкий спектр робочих параметрів зварювання зварювання в будь-яких просторових положеннях;
- можливість механізації та автоматизації процесу, включаючи використання робототехніки;
- високоефективний захист розплавленого металу;
- можливість зварювання металів різної товщини від десятих станів до десятків міліметрів.

Зварювання в захисних газах (SZG) – Загальна назва сортів зварювання дуги, проведена з дмеом насадкою пальника в зону дуги потоку захисного газу. Як захисні, вони використовують: інертні (AR, NO), активні (CO₂, O₂, N₂, H₂).

Коли зварювання з плавильним електродом у захисному середовищі (рис. 2.1) захисний газ постачається з дуги, спалювання між плавленням (зварювальним дротом) і від ковдри через насадку, захищаючи метал зварювальної ванни, краплю електрода металу та прокручування металу від роботи активної газу атмосфери.

Тепло дуги тане краї звареного продукту та дроту електрода (зварювання). Розплавлений метал зварювальної ванни, кристалізується, утворює зварений шов. Коли зварювання сталей з низьким вмістом вуглецю та низьколегованого сплаву для захисту металевого металу з розплавленим електродом та зварювального металу, газо-оздоблення та суміші аргону з вуглекислим газом до 30% найчастіше використовуються.

Аргон та геліум у потенційних газах використовуються лише при зваренні структур реагування. Зварювання в захисному середовищі проводиться для плавлення та не-флюїдних металевих електродів.

У деяких випадках для зварювання використовується вугілля або графітовий електрод.

Цей метод використовується при зваренні бортових з'єднань з низьковуглецевих сталей з товщиною 0,3-2,0 мм (наприклад, каністра, конденсатори тощо).

Отже, оскільки зварювання проводиться без добавок, вміст кремнію та марганцю в металі шва невеликий. Як результат, міцність з'єднання становить 50-70% зварювального металу.

З автоматичним та напіваавтоматичним зварюванням плавильного електрода стиків, використовуємо електродний дріт з діаметром приблизно 1,2 мм, а при зваренні з'єднання, розташованих у нижньому положенні - дріт з діаметром 0,8-1,6 мм.

Структура та властивості металу шва Zo-NA в низьковуглецевих та низьколегованих сталей залежать від використовуваного електрода-дроту, композиції та властивостей основного металу та режиму зварювання (тепловий цикл зварювання, частка основи основи в утворенні шва та форми шва).

Вплив цих умов та технологічних рекомендацій приблизно такий же, як і при ручному зварювання дуги та під потоком. На властивості металу зварювання впливають якість вуглекислого газу.

При збільшенні вмісту азоту та водню, а також вологи в газі в швах можуть утворюватися пори. Збільшення напруги дуги, збільшуючи, вуглецеві випари легованих елементів погіршують механічні властивості шва

Зварювання сталей з низьким вмістом вуглецю та низьколегованого в аргоні є досить рідкісним, оскільки ці сталі добре зварені під потоком і в вуглекислий газ, і лише у виняткових випадках, коли потрібні високоякісні шви, використовується інертний газ.

При використанні чистого аргону для зварювання структурних сталей

сполук характеризується недостатньою стабільністю та незадовільним утворенням шва.

Додавання невеликої кількості кисню або вуглекислого газу до аргону значно збільшує стійкість спалювання дуги та покращує утворення шва.

Розчиняючись у рідкому металі і накопичуючи переважно на поверхні, кисень значно зменшує його поверхневий натяг.

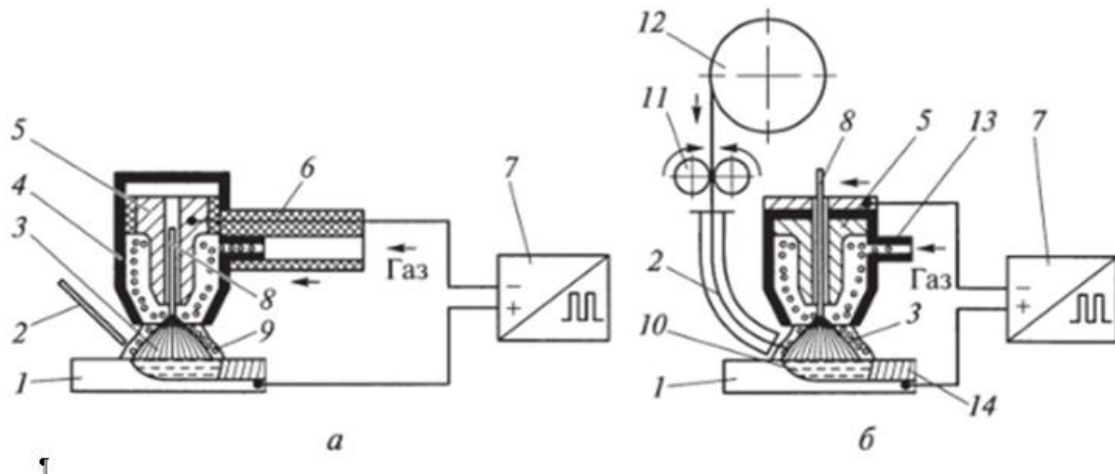


Рисунок 1.6 – Схеми ручної (а) і напівавтоматичного (б) пальників для зварювання неплавким електродом:

1 – заготовка; 2 – присадочний пруток (дріт); 3 – дуга; 4 – корпус; 5 – мундштук; 6 – рукоятка; 7 – джерело живлення; 8 – електрод; 9 – захисний газ; 10 – ванна розплавленого металу; 11 – роликовий механізм; 12 – касета; 13 – патрубок; 14 – зварений шов

Зварювання сталей з низьким вмістом вуглецю та низьколегованого в аргоні є досить рідкісним, оскільки ці сталі добре зварені під потоком і в вуглекислий газ, і лише у виняткових випадках, коли потрібні високоякісні шви, використовується інертний газ.

При використанні чистого аргону для зварювання структурних сталей сполук характеризується недостатньою стабільністю та незадовільним утворенням шва.

Додавання невеликої кількості кисню або вуглекислого газу до аргону значно збільшує стійкість спалювання дуги та покращує утворення шва.

Розчиняючись у рідкому металі і накопичуючи переважно на поверхні, кисень значно зменшує його поверхневий натяг.

Тому для зварювальних сталей використовується не чистий аргон, а суміш з киснем або вуглекислим діоксидом [6].

Високі технологічні властивості при забезпеченні зварювальних сталей спостерігаються при додаванні до аргону до 1-5% кисню.

При застосуванні кисню зменшується критичний струм, в якому передача крапельки переходить у реактивне струменя.

Дуга горить стабільно, забезпечуючи зварювання невеликих товщини. Кисень допомагає збільшити:

- щільність металу зварювання,
- покращити сплавлення,
- зменшення підрізів,
- збільшення продуктивності процесу зварювання.

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

Для ТП зварювання сталей може також застосовуватися аргон з добавкою 10 - 20% вуглекислого газу.

Вуглекислий газ сприяє усуненню пористості у швах та поліпшенню формування шва.

До переваг розглянутого способу зварювання відносимо такі:

1. Добра якість зварних з'єднань при використанні матеріалів різних товщин;
2. Виконання зварювання у різних положеннях;
3. Виключення ТО збирання флюсу та видалення залишків шлаку;
4. Вільне відстеження за процесом утворення шва;
5. Механізація та автоматизація процесу;
6. Низька вартість під час використання захисних газів.

Недоліки способу:

1. Захист від світлової та теплової радіації дуги;

- 2.Порушення газового захисту при інтенсивному русі повітря;
- 3.Значні втрати металу на розбризкування;
4. Ціна апаратури та необхідність охолодження пальників.

2.2 Вибір способу зварювання та зварювальних матеріалів

У даному проекті для складання балки (прихватки) і стелажу в подальшому використовується напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів (Corgon 20),

Вибір захисного газу також важливий для досягнення найкращого результату, як і вибір присадного матеріалу, обладнання та висока кваліфікація зварювальника.

Правильний вибір захисного газу багато в чому визначає як механічні властивості, так і зовнішній вигляд з'єднання та наявність бризок і шлаку при зварюванні.

Для зварювання даної балки вибираємо суміш газів CORGON 20.

Вона є сумішшю на основі аргону (Ar - 80%, CO₂ -20%), розроблена для отримання значно кращих результатів порівняно зі зварюванням в середовищі чистого двоокису вуглецю (CO₂).

Зварювальна суміш CORGON має значні переваги у використанні:

1. Найкраща якість.

Механічні властивості зварного шва сильно залежать від типу захисного газу. Використання захисних газових сумішей CORGON зменшує кількість оксидних включень та подрібнює зерно, тим самим покращуючи мікроструктуру металу.

Висока втомна міцність, менше розбризкування і поверхневий шлак, кращий зовнішній вигляд є вагомими аргументами на користь газових сумішей CORGON.

2. Найкраща форма зварного шва та зовнішній вигляд деталей.
3. Вище міцність зварювання. Вище ударна в'язкість.

4. Найменше тепловкладення. Найменше короблення виробів.
5. Найменше розбризкування металу при зварюванні. Менше зачистних робіт.
6. Менше поверхневого шлаку. Простіше обробка поверхонь під фарбування або оцинковування.
7. Відсутність різких зламів та концентраторів напруг.
8. Менше ризик пропалювання тонкостінних деталей.
9. Вища продуктивність.
10. Можлива велика швидкість зварювання. Найменші терміни виготовлення готових виробів.
11. Більше економне використання дорогого зварювального дроту.
12. Не потрібно підігрів редуктора.
13. Висока стабільність дуги. Більший допустимий діапазон регулювань.
14. Економія коштів.
15. Найкращі умови праці.
16. Зниження валових виділень зварювальних аерозолів, диму та шкідливих газів.
17. Зниження рівнів шуму та запиленості робочому середовищі.

2.3 Розрахунок режимів зварювання

Параметри режиму зварювання розраховуємо враховуючи товщину заготовки та властивості матеріалу, що зварюється, типу зварювального з'єднання і положення зварювального шва в просторі по довідковій літературі.

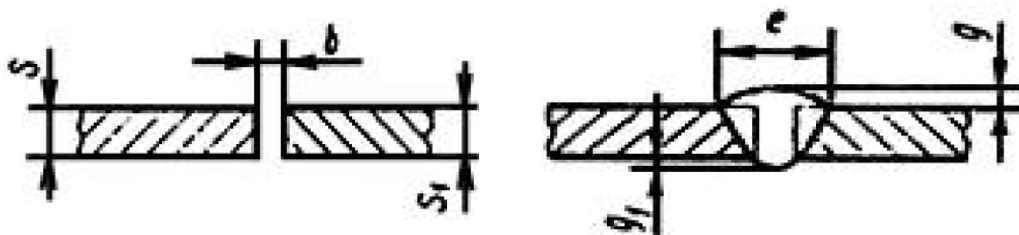


Рисунок 2.2 – Конструктивний елемент підготовлених кромek виробів, та зварного шва С2

Зварне з'єднання С2, що виконується дуговим зварюванням у захисних газах

Обґрунтування режимів зварювання серед захисних газів.

Розрахунок площі наплавленого металу:

$$F_n = F_1 + F_2, (\text{мм}^2), \quad (2.1)$$

де F_1 – площа опуклості, мм^2 ;

F_2 – площа трикутника, мм^2 .

Площа опуклості розраховується за такою формулою:

$$F_1 = 0.73 \cdot e \cdot g, \quad (2.2)$$

де e – довжина підсилення, рівна 8,49, мм;

g – ширина підсилення, мм.

Розраховуємо площу опуклості за формулою:

$$F_1 = 0.73 \cdot 8.49 \cdot 1.5 = 9.4 \text{ мм}^2.$$

Площа трикутника:

$$F_2 = \frac{k^2}{2} \cdot \text{tg} \alpha, (\text{мм}^2), \quad (2.3)$$

де $k = 6$ – значення глибини скосу кромки, мм.

$$F_2 = \frac{36}{2} = 18 \text{ мм}^2.$$

Площа наплавлення:

$$F_n = 9.4 + 18 = 27.4 \text{ мм}^2.$$

Площа наплавлення при зварюванні під флюсом невелика, зварювання виконати в 1 прохід.

Площа шва буде 28 мм.

Розрахуємо значення зварювального струму I_{36} , А.

$$I_{36} = \frac{h_p}{k_h} \cdot 100 \text{ А}, \quad (2.4)$$

де k_h – коефіцієнт пропорційності.

Якщо діаметр дроту (d_E) дорівнює 2 мм і зварювання проводиться в захисному газі, то коефіцієнт дорівнюватиме 3,1.

Глибина проплавлення $h_p = 6$ мм.

$$I_{36} = \frac{6}{3} \cdot 100 = 286 \text{ А}.$$

Розрахунок значення густини струму J , А/мм²:

$$J = \frac{4 \cdot I_{36}}{\pi \cdot d^2}, \quad (2.5)$$

де I_{36} – величина зварювального струму, А;

π – математична постійна, рівна 3,14;

d_E – діаметр дроту, мм.

$$J = \frac{4 \cdot 286}{3.14 \cdot 2^2} = 319 \text{ А/мм}^2.$$

Визначаємо коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot \frac{100 - \varphi_{II}}{100}, \text{ (г/А год)}, \quad (2.6)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення;

φ_{II} – втрати електродного металу, що дорівнює 3,3 %.

Визначаємо коефіцієнт розплавлення, при цьому:

$$\alpha_p = 1.21 \cdot I_{cs}^{(0.32)} \cdot L_e^{(0.38)} \cdot d^{(-0.64)}; \quad (2.7)$$

$$L_e = 10 \cdot d = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм}$$

$$\alpha_p = 1.21 \cdot 286^{(0.32)} \cdot 20^{(0.38)} \cdot 2^{(-0.64)} = 19$$

$$\alpha_H = 19 \cdot \frac{100 - 3.3}{100} = 18 \text{ г/А год.}$$

Визначення швидкості зварювання:

$$V_{36} = \frac{\alpha_H \cdot I_{36}}{F_{шв} \cdot \rho}, \text{ (м/Год)}, \quad (2.8)$$

де α_H – коефіцієнт наплавлення;

ρ – щільність металу електрода, для сталі $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$;

$F_{шв}$ – площа наплавлення металу, см^3 .

Визначимо швидкість зварювання для першого проходу по

$$V_{36} = \frac{18 \cdot 286}{28 \cdot 7.8} = 24 \text{ м/Год.}$$

Визначення напруги дуги U_d .

$$U_d = 14 + 0.05 \cdot I_{36}, \text{ В}; \quad (2.9)$$

$$U_d = 14 + 0.05 \cdot 286 = 28 \text{ В.}$$

Розрахунок погонної енергії зварювання q_n , Дж/см

$$q_n = \frac{I_{36} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{36}} \text{ Дж/см}, \quad (2.10)$$

де η – коефіцієнт ККД дуги, $\eta = 0,8$.

$$q_n = \frac{286 \cdot 28 \cdot 0.8}{24} = 267 \text{ Дж/см.}$$

Розрахунок коефіцієнта провару ψ_{np} :

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0.01 \cdot I_{36}) \cdot \frac{d_e \cdot U_d}{I_{36}}, \quad (2.11)$$

де K' – коефіцієнт;

d_e – діаметр дроту, мм;

U_d – напруга дуги, В.

Коефіцієнт K' розраховується за формулою:

$$K' = 0.367 \cdot j^{0/1925} = 1$$

Коефіцієнт провару буде рівний:

$$\psi_{nz} = 1 \cdot (19 - 0.01 \cdot 286) \cdot \frac{2 \cdot 28}{286} = 3$$

Глибина проплавлення h , мм:

$$h = 0.081 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{op}}}, \quad (2.12)$$

де q_n – погонна енергія зварювання, Дж/м;

ψ_{np} – коефіцієнт форми провару.

$$h = 0.081 \cdot \sqrt{\frac{267}{3}} = 7.6 \text{ мм.}$$

Розрахунок подачі дроту зварювального:

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot V_{зв} \cdot F_K \cdot (1 + 0.01 \cdot \varphi_n)}{\pi \cdot d_e^2}, \text{ (м/год);} \quad (2.13)$$

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot 24 \cdot 28 \cdot (1 + 0.01 \cdot 3.2)}{3.14 \cdot 2^2} = 268 \text{ м/год.}$$

Усі характеристики режимів зварювання представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків режимів зварювання серед захисних газів

К-ТЬ ходів	F_n , мм ²	$I_{зв}$, А	d_e , мм	j , А/мм ²	$V_{зв}$, м/ГОД	U_d , В	q_n , Дж/м	Ψ_{np}	h , мм	V_{nn} , м/ГОД	l_e , мм
1	28	286±5	2	319	24 ±3	28±2	267	3	7,6	268	20±2

З урахуванням максимальної продуктивності процесу зварювання за умови отримання необхідних геометричних розмірів поперечного перерізу шва, ми вибираємо напівавтоматичне зварювання в суміші аргону та вуглекислого газу.

2.4 Обладнання, пристрої, інструмент для виконання заготівельних операцій

Балка коробчатого перерізу в даній роботі виготовлятиметься з листів сталі 16ГС завтовшки 6 мм.

Щоб листовий прокат потрапив у виробництво, він повинен пройти: правку, різання, обробку кромки, очищення та розмітку.

Кран – підвісна балка вантажопідйомністю 2 т.

Кран-балка 2 т відноситься до мостових кранів, відрізняючись при цьому від потужних моделей невеликою масою конструкції та обмеженою вантажопідйомністю.

У більшості випадків крани цього виду призначені для проведення робіт у невеликих приміщеннях. Кран-балка 2 т є надійним обладнанням, що дозволяє значною мірою оптимізувати роботи виробництв та складів у плані переміщення штучних вантажів вагою до двох тонн.

Цикл роботи кран балок складається із чотирьох етапів, а саме:

- Захоплення вантажу;
- Пересування по заданому шляху;
- Розвантаження;
- Повернення до початкового положення.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики кран – балки

Параметри	Значення
Вантажопідйомність, т	2
Довжина, м	12
Маса конструкції, кг	1520



Рисунок 2.3 – Кран-балка підвісна

Листоправильна машина LP4

1. Влаштування листоправильної машини:

Силова частина складається з бази, редуктора, електродвигуна, муфти, діляника потужності, шарніру, захисту, універсального шарніру і т.д.

Притискна частина складається з бази, сталеві литої рами, корпусу нижнього підшипника, корпусу підшипника ковзання, валків (9 шт), верхньої підтримуючої рами, поперечки, верхнього/нижнього підтримуючого ролика (по дві пари на кожний), пристрій підйому/опускання валків.



Рисунок 2.4 – Листоправильна машина LP-4

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики LP4 [13]

Параметри	Значення
Ширина листа, мм	2000
Товщина листа, мм	6-40
Матеріал валків	42 CrMo
Твердість валків HRC	52-56
Точність виправлення мм/м ²	1
Діаметр валків	355
Кількість валків	9
Потужність двигуна кВт	220
Швидкість виправлення м/хв	15

Піскоструминний апарат з дистанційним керуванням DBS-25 RC Contracor.

Область застосування.

Абразивоструйне очищення металевих конструкцій та споруд, бетонних поверхонь.

Ступінь очищення до SA-3,0.

Продуктивність до 15 м²/год. Призначений для роботи з будь-яким сухим піском фракцією до 3,5 мм.



Рисунок 2.5 – Піскоструминний апарат з дистанційним керуванням DBS-25 RC Contracor

Таблиця 2.4.—Технічні характеристики апарату

Параметри	Значення
Максимальний робочий тиск, бар	12
Місткість бака (резервуару), літр	25
Робоча температура, °C	-10/50
Діаметр бака, мм	306
Висота, мм	960
Вага, кг	46

TDJ1250 стрічковопильний верстат з ЧПУ з розворотом пильної рами.

Машина переважно використовується для різання двотаврових балок, швелерів, труб та інших профілів з металу.



Рисунок 2.6 – Стрічковопильний верстат з ЧПУ

Машина для плазмового різання ESAB EAGLE 2000.

Переваги:

- Повний спектр можливостей плазмового різання з виключно сприятливим співвідношенням «витрати-вигоди»;
- Раціональна, компактна конструкція машини;
- Вражаючі параметри прискорення та уповільнення.

Таблиця 2.5 – Технічні дані стрічковопильного верстату

Параметри	Значення
Модель	DJ1250
Розміри двотаврової балки при розрізі під кутом 0° (висота двотавра х ширина полиці, мм)	Макс. 1250 х 600 мін. 200 х 75
Стандартне пиляльне полотно, мм	T:1.6 W:67 L:9300
Швидкість стрічкової пилки, м/хв	20 ~ 100
Висота робочого столу, мм	800
Швидкість подачі	Програмно регулюється
Кут нахилу	0°~ 45°
Потужність головного двигуна, кВт	15
Потужність гідравліки, кВт	5.5
Гідромотор головного затиску, мл/про	100
Гідромотор переднього затискача, мл/про	100
Габаритні розміри (ДхШхВ), мм	Близько 4400 х 2300 х 2800
Вага машини, кг	Близько 11000



Рисунок 2.7 – Машина для плазмового різання ESAB EAGLE 2000

Таблиця 2.8 – Технічні дані машини для плазмового різання

Параметри	Значення
EAGLE	2000
Ширина плити, що рекомендується в мм	1500
Ширина машини в мм	2950
Довжина різання в мм	LL*./2000
Процеси різання	Плазмова
Технологія плазмового різання	До 30
Товщина різання** в мм	
Число різаків	1
Макс. Швидкість позиціон., мм/хв	35000
Довжина машини в мм	1600
Висота машини в мм	1700
Висота столу різання в мм	700
Напруга мережі живлення	230 В/50/60 Гц
Потужність	2 кВа

2.5 Устаткування для зварювання

Зварювальний автомат для зварювання під флюсом НМЗ-1000.

Зварювальний автомат для зварювання під флюсом оснащений двошарнірними рукавами.

Цей автомат дуже ефективно зварює одночасно два кутові шви зварного виробу.

Візок зварювального автомата, що саморухається, має привід на всі колеса, регульований на основі тахометра. Тим самим забезпечується високий рівень мобільності.

Модульна конструкція серії дозволяє гнучко пристосовувати автомат до різних завдань зварювання.

Попередня настройка зварювального струму, напруги дуги і швидкості зварювання в залежності від джерела живлення, що застосовується, і вбудована автоматика запалювання і відриву полегшують роботу з автоматом.

Фази заповнення початкового і кінцевого кратера налаштовуються окремо.

Компактна конструкція автомата з подвійними шарнірами дозволяє котити його безпосередньо по деталі, що зварюється. Як направляючу можна використовувати профільні рейки.



Рисунок 2.7 – Зварювальний трактор HMZ-1000

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики зварювального трактора

Параметри	Значення
Розміри, мм	1080x480x470
Зварювальний струм, А	50-1250
Напруга,	220
Вага, кг	55
Напруга пересувної каретки	110 В
Сила струму пересувної каретки	0.4 А
Напруга механізму подачі	110 В
Сила струму механізму подачі	1 А
Метод подачі зварювального дроту	постійний
Діапазон швидкості зварювання	0.2~2.2 м/хв, 0.2~1.5 м/хв.

Діапазон швидкості подачі зварювального дроту	0.3~3.0 м/хв.
Діапазон регулювання зварювального струму	630 А, 1000 А, 1250 А
Діапазон діаметрів зварювального дроту	2.0/3.0, 3.0/4.0/5.0, 4.0/5.0/6.0 мм
Тип зварювального дроту	низьковуглецевий, високолегований
Висота підйому пальника	70 мм.
Діапазон регулювання пальника	100×100х70
Діапазон повороту пальника навколо осі	±90°
Кут нахилу пальника	±45°
Об'єм ємності для флюсу	6 л
Діаметр котушки для дроту	φ 300
Максимальна вага котушки з дротом	25 кг

Джерело струму для зварювання під флюсом GTN 802.

Пересувний випрямляч GTN 802 для зварювання під флюсом постачає постійний струм до 800 А з постійною характеристикою напруги.

У поєднанні зі зварювальними автоматами Kjellberg KA є можливість безступінчастого регулювання і перейняття заданих значень для всього зварювального процесу.

У цьому компенсуються коливання напруги величиною до 10 %.

Це джерело струму серійно оснащується вбудованою системою компенсації реактивної потужності для підключення до розеток на 63 А.

Високоякісне виконання робить GTN 802 ідеальним джерелом струму для механізованої, частково автоматизованої та повністю автоматизованого зварювання при виготовленні паливосховищ та котлів, у суднобудуванні, мостобудуванні та при промисловому монтажі.

GTN 802 має міцне шасі. Чотири підйомні вуха полегшують мобільне застосування випрямляча. Захищена від пилу електроніка і розетка, що серійно встановлюється, для дистанційного регулятора дають додаткову свободу при

зварюванні під флюсом.

GTN 802 відрізняється надійним процесом запалювання та спокійною дугою. Процес зручно контролюється завдяки цифровим індикаторам. Гальванічна розв'язка системи керування та термозахисний вимикач забезпечують високу експлуатаційну надійність при зварюванні під флюсом.

1. Інтерфейс з гальванічною розв'язкою для сигналів зовнішнього керування (наприклад, при використанні на промислових роботах або направляючих машинах)

2. Підключення до комунікаційних мереж



3. Стаціонарне виконання

Рисунок 2.8 – Джерело струму для зварювання під флюсом GTN 802

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики GTN 802 [19]

Параметри	Значення
Джерело живлення	GTN 802
Діапазон зварювального струму	80 A 18 В – 800 A 44 В
від. тривалість включення 100%	720 A 34 В
від. тривалість включення 80%	800 A 44 В
Розміри (Д x Ш x В)	980 x 720 x 1000 мм

Маса	319 кг
------	--------

Зварювальний інверторний апарат EWM Phoenix 355 Puls.

Зварювальний апарат для імпульсного напівавтоматичного зварювання MiG/MAG, стандартного напівавтоматичного зварювання MiG/MAG, зварювання покритим електродом MMA і зварювання електродом TIG DC, що не плавиться.

Зварювальний апарат PHOENIX 355 PROGRESS PULS належить до моделей інноваційних зварювальних апаратів нового покоління, розробленого на основі надійної та випробуваної інверторної технології EWM.

Область застосування апарату охоплює весь спектр виробничих завдань, забезпечуючи високу якість зварювання багатьох матеріалів та сплавів.

Зварювальний апарат PHOENIX 355 PROGRESS PULS має можливість здійснювати зварювальний процес за технологією EWM forceArc, яка якісно перетворює Mig/Mag зварювання за рахунок використання ресурсу джерела живлення EWM і максимального використання енергії дуги.

EWM forceArc дозволяє збільшити продуктивність і скоротити виробничі витрати до 50%.



Рисунок 2.9 – Зварювальний інверторний апарат EWM Phoenix 355 Puls

Технологічні переваги інверторних зварювальних апаратів: мінімальне розбризкування;

- зварювання короткою дугою;

- зварювання сталей, що погано зварюються;

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики EWM Phoenix 355 Puls [20]

Характеристика	Значення
Мережева напруга,	400 В (-25%; +20%)
Діапазон регулювання зварювального струму при А	5-350
Сила струму при ПВ 60% (t окр. порівн. 40°C), А	30
Сила струму при ПВ100% (t окр. порівн. 40°C), А	250
Частота струму в мережі, Гц	50/60
Мережевий запобіжник	3x16А
Максимальна споживана потужність, кВА	14
Рекомендована потужність генератора, кВА	20
COS φ	0,99
Кількість роликів у механізмі подачі	4 (østd. 1,0-1,2 мм)
Швидкість подачі дроту, м/хв.	0,5-24
Клас захисту	IP 23
Клас ізоляції	Н
Підключення пальника	EURO CENTRAL
Габаритні розміри, мм	625 x 300 x 485
Вага, кг	35,5

- мінімальний перегрів виробу, що зварюється;
- високі ККД та швидкодія;
- менші габарити в порівнянні зі зварювальними трансформаторами;
- для отримання якісних швів не потрібно високої кваліфікації зварювальника.

Інверторні зварювальні апарати також називають зварювальними

інверторами.

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

Таблиця 2.12 – Технологічна послідовність виготовлення «стелажу для промислового складу»

Номер операції	Назва технологічної операції	Зміст операції	Обладнання та режими, що використовуються
005	Транспортування	Доставка листів металу зі складу на заготівельні ділянки цеху	Портальний кран з електромагнітними захватами
010	Очищення	Очищення застосовують для видалення з поверхні металу засобів консервації, забруднень, мастил-охолоджуючих рідин, іржі, окалини, задирок, грата та шлаку.	Піскоструминний апарат Contracor DBS 25 RC,
015	Виправлення	Листи металу для балки виправляти на листоправильних машинах у холодному стані	Листоправильна машина LP4
020	Розмітка	Провести розмітку листів металу для різання за вказаними розмірами.	Рулетка -Косинець повірочний, -лінійка; -Штангенциркуль; -Маркер (крейда)
025	Різання	Різання зробити за допомогою плазмової установки по розмітці.	Машина для плазмового різання ESAB EA-GLE
030	Зачистка	Зачистити кромки металу перед	Ручні пневматичні та електричні

		збиранням та зварюванням	машини
035	Складання	Прихватки полиць і стінок зварного виробу виконати напівавтоматичним зварюванням у захисних газах. Довжина 20 мм через 250 мм. Встановити вивідні планки.	Кран-балка, інверторний зварювальний апарат
040	Зварювання	Встановити зварювальний апарат початку стику в положення для зварювання. Налаштувати зварювальний апарат на потрібний режим зварювання.	Зварювальний трактор джерело струму
045	Зачистка	Зачистити зварні шви від бризок та шлаку, зрізати вивідні планки.	Ручні пневматичні та електричні машини
050	Виправлення	Виконати правку короблення звареної одиниці. Подати до місця правки	Кран бруківки, стропи, гідродомкрати
055		Здійснити візуальний контроль геометричних розмірів зварних швів балки коробчатого перерізу.	Контроль - Лінійка; - косинець.
060	Різання балки під розмір	Зробити різання балки, задати параметри завдання стрічкового верстата.	TDJ1250 стрічково-пилильний верстат з ЧПУ з розворотом пильної рами
065	Зачистка	Провести зачистку кромки балки перед збиранням та зварюванням	Ручні пневматичні та електричні машини

070	Збирання стелажу	Зібрати виріб (стелаж) на плиті, зробити прихватки за допомогою напіваавтомата. Довжина 20 мм через 250 мм.	Рулетка зварювальний інверторний апарат
075	Зварювання стелажу	Зварювання зібраного на прихватках виробу виконати напіваавтоматичним зварюванням	Інверторний зварювальний апарат.
080	Зачистка	Зачистити зварні шви від бризок та шлаку.	Ручні пневматичні та електричні машини
085	Контроль	Контролювати геометричні параметри та розміри зварних швів. Тріщини, подрізи заборонені	Лінійка металева, штангенциркуль, універсальний шаблон зварювальника

Контроль – необхідна процедура для визначення якості металоконструкції [6]. Якщо шов недостатньо щільний, з порушеною герметичністю та іншими деформаціями – все це неминуче позначиться на терміні експлуатації металоконструкції.

Щоб виявити дефекти зварного шва застосовуються такі способи:

1. Візуальний огляд – проводиться із застосуванням збільшувальних приладів, вимірювальних приладів;
2. Кольорова дефектоскопія - заснований на зміні кольору спеціального матеріалу при зіткненні з текучим матеріалом, наприклад, з керосином;
3. Магнітний метод – вимір спотворення магнітних хвиль;
4. Ультразвуковий метод - застосування ультразвукових дефектоскопів, що вимірюють відображення звукових хвиль;
5. Радіаційний метод – просвічування зварних швів рентгеном та отримання знімка з усіма деталями дефекту.

У даному проекті для контролю застосовується візуальний огляд, таке

рішення диктується областю застосування стелажу для промислового складу, конструкція носить невідповідальний характер. методи контролю без руйнування зразків або виробів – контроль, що не руйнує; методи контролю з руйнуванням зразків чи виробничих стиків – руйнівний контроль. Обидві групи методів контролю регламентуються відповідними стандартами. Група методів контролю, об'єднана загальними фізичними характеристиками, є видом контролю.

При проведенні вимірювального контролю має бути встановлена відсутність у зварних швах зовнішніх дефектів: тріщин у шві та навколошовній зоні, непроварів, пропалів, свищів, незаварених кратерів, напливів, протеків металу, невідповідність форми та розмірів зварного шва, місцевих скупчень.

Освітленість поверхні повинна становити не менше 350 люкс, рекомендується 500 люкс.

При контролі слід забезпечити відстань від очей до поверхні приблизно 600 мм та кут зору не менше 30° (рисунок 18).

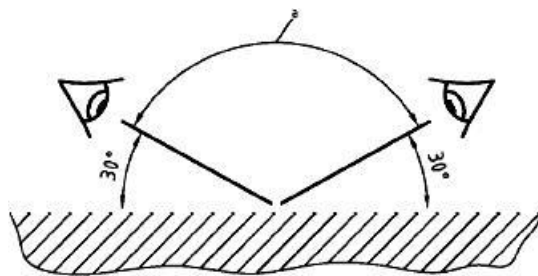


Рисунок 2.10 – Доступ для контролю

Слід враховувати можливість дистанційного контролю з використанням дзеркал, перископів, оптичних волокнистих кабелів або камер, якщо доступ для контролю відповідно до рисунка 18 неможливий або дистанційний контроль приписаний у застосовуваному стандарті.

Для виявлення дефектів може використовуватися додатковий джерело світла, щоб збільшити контрастність і чіткість.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок рами пристосування

Розрахунки рами пристосування проводиться з нормально-розподіленим навантаженням, що допускається, що складається з ваги збираного вузла.

Розрахункова схема рами представлена рисунку

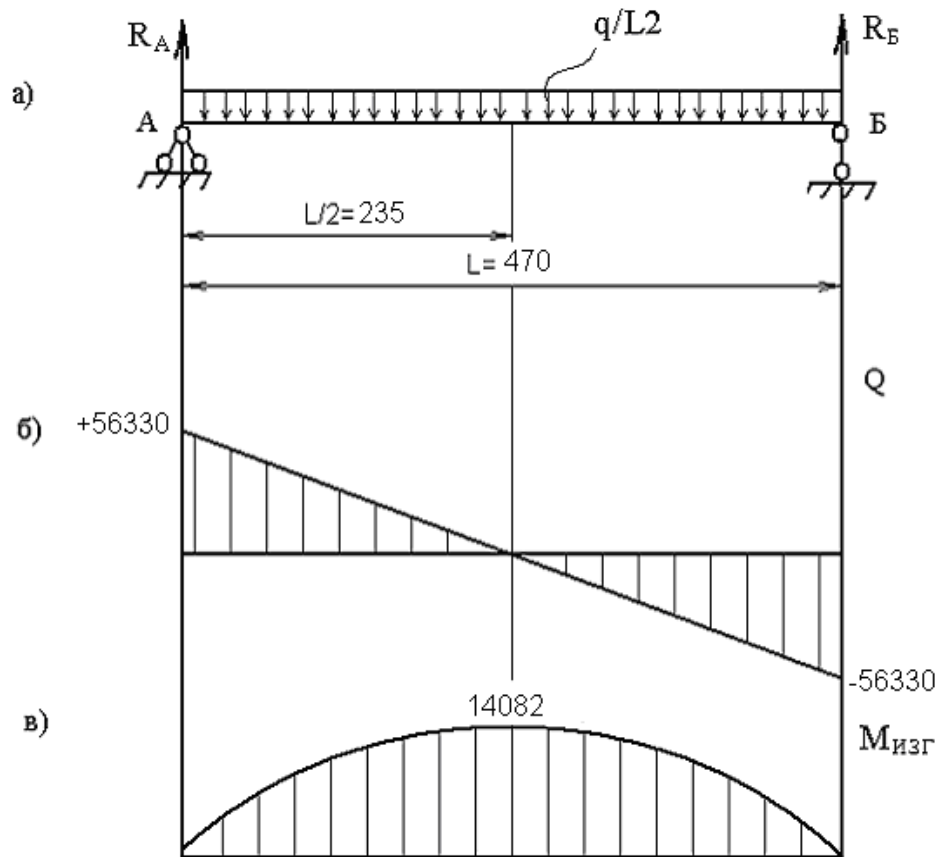


Рисунок 3.1 – Схема рами пристосування: а) – сили, що діють на раму; б) – епюра поперечних сил; в) – згинального моменту в середині прольоту.

Рівномірно-розподілене навантаження q :

$$q = \frac{G}{L}, \quad (3.1)$$

де G – вага вузла, що збирається, $G=123,6$ кг.

$$q = \frac{123.6}{6000} = 0.021 \text{ кг/см.}$$

Реакції опор А и Б:

$$RA = RB = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L; \quad (3.2)$$

$$RA = RB = \frac{1}{2} \cdot 0.021 \cdot 6000 = 63 \text{ кг см.}$$

Поперечна сила Q:

$$Q1 = Q2 = \pm \frac{q \cdot L^2}{2}; \quad (3.3)$$

$$Q1 = Q2 = \pm \frac{0.021 \cdot 6000^2}{2} = 378000 \text{ кг см.}$$

При рівномірно-розподіленому навантаженні:

$$M3 = \frac{q \cdot L^2}{2 \cdot 384 \cdot E \cdot J_x}, \quad (3.4)$$

де E – модуль, $E = 1,2 \cdot 10^6$;

J_X – момент інерції, $J_X = 304 \text{ см}^4$;

$$M_{32} = \frac{0.021 \cdot 6000^2}{2 \cdot 384 \cdot 1.2 \cdot 10^2 \cdot 304} = 0.032 \text{ кг см;}$$

$$M_{32} = \frac{q \cdot L^2}{8}, \quad (3.5)$$

$$M_{32} = \frac{0.021 \cdot 6000^2}{8} = 94500 \text{ кг см.}$$

Необхідний момент опору перерізу:

$$W_x = \frac{M_{32}}{[\sigma_{32}]}, \quad (3.6)$$

де $[\sigma_{32}]$ – допустима нормальна напруга, $[\sigma_{32}] = 1600 \text{ кг/см}^2$

$$W_x = \frac{94500}{1600} = 59.1 \text{ см}^3.$$

З конструктивних міркувань приймається швелер № 24.

3.2 Визначення сили притискання другого вузла до рами двухстойкового кантувача

Зусилля затиску P вузла масою Q , що зварюється в двостоечному поворотному кантувачі (рисунок 3.2), знаходиться з умови, що сили притискання P забезпечують зчеплення настановних поверхонь M і зварюваного вузла з поверхнями опорних платиків рами пристосування і перешкоджають випаданню площині.

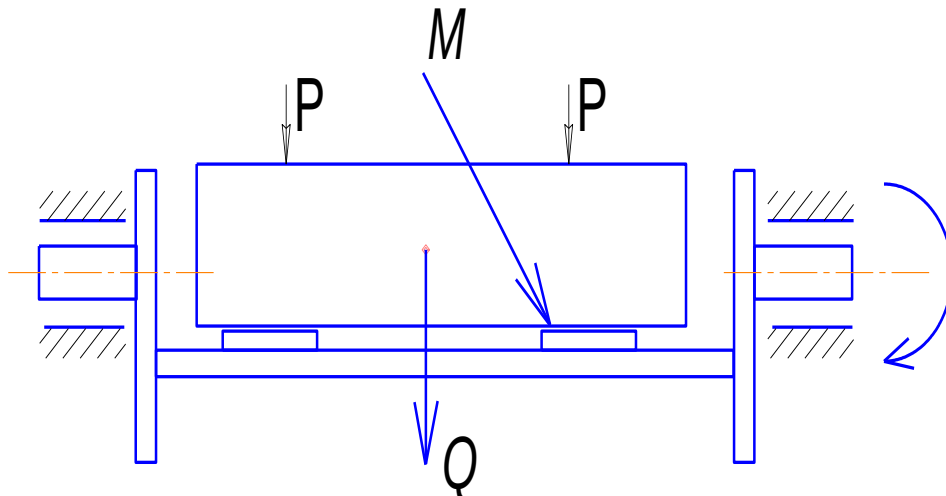


Рисунок 3.2 – Схема установки вузла у двостоечному поворотному кантувачі

В цьому випадку зусилля затиску P знаходиться:

$$P = k \cdot \mu \cdot \frac{Q}{2}, \quad (3.7)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5$;

μ – коефіцієнт тертя ковзання сталі: $\mu=0,2$;

Q – маса вузла, $Q = 123,6$ кг.

$$P = 1.5 \cdot 0.2 \cdot \frac{123.6}{2} = 18.54 \text{ кг с/см}^2.$$

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Оцінка шкідливих факторів, які діють в зварювальному цеху

Перед початком роботи кожен працюючий повинен пройти необхідний інструктаж щодо дотримання техніки безпеки та протипожежної безпеки. Інструктаж проводить виробничий майстер.

При дуговому електрозварюванні відкритою дугою, а також при контактному зварюванні плавленням, газовому зварюванні та особливо різанні, бризки розплавленого металу розлітаються на значні відстані, викликаючи небезпеки пожежі. Для швидкої ліквідації вогнищ пожежі поблизу місця зварювання завжди має бути пожежний щит та ящик із піском.

Основними професійними захворюваннями зварювальників є захворювання легень, тяжкість яких залежить від концентрації та вмісту аерозолі в зоні дихання зварювальника.

Міністерством охорони здоров'я встановлено норми допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Швидкість руху повітря у джерел виділення шкідливих речовин має бути встановлена у межах встановлених норм.

Відповідно до характеру виконуваної роботи зварювальникам видається спецодяг та спецвзуття для захисту від бризок розплавленого металу та шлаку, теплових, механічних та інших впливів.

Порушення правил техніки безпеки може спричинити: ураження електричним струмом, ураження променями електричної дуги очей і шкіри, отруєння шкідливими газами, опіки краплями розплавленого металу і шлаку. .

У деяких випадках нехтування правилами техніки безпеки може спричинити вибухи та пожежі.

Ураження електричним струмом може статися внаслідок дотику до неізольованих струмоведучих частин, що знаходяться під напругою. Опір людського тіла електричного струму залежить від низки причин.

Нетверезий і нервовий стан, а також мокрий одяг, зношене взуття, перебування на сирій підлозі значно зменшують електричний опір людського тіла. При сильно зниженому електричному опорі напруга 24 може бути небезпечно для життя людини. .

Щоб уникнути ураження електричним струмом, необхідно надійно заземлювати корпуси зварювального обладнання та робочий стіл зварювальника. Струмopовідні частини слід закривати та застосовувати зварювальні дроти з надійною ізоляцією. Шкіра зварювальника захищається спецодягом від випромінювань зварювальної дуги. Спецодяг зварювальника повинен бути сухим і справним. Куртка, штани, фартух та рукавиці повинні бути пошиті з брезента або іншого щільного матеріалу.

Монтаж електрозварювального обладнання, його ремонт та обслуговування повинні проводитись електромонтерами з дотриманням відповідних правил.

Після закінчення роботи або при тимчасовій відлучці зварювальник повинен відключати від мережі зварювальну установку.

Роботи в закритих судинах та інших важкодоступних місцях електрозварювальник повинен виконувати з підручним. Електрозварник повинен бути забезпечений гумовим килимком та гумовим шоломом. Особи, які допускаються до електрозварювальних робіт, повинні пройти інструктаж з техніки безпеки.

Електрична зварювальна дуга - сильне джерело променистої енергії. Крім видимих променів, вона випромінює невидимі промені (інфрачервоні та ультрафіолетові). Видимо світлові промені сліпуче діють на очі. Ультрафіолетові промені мають ще більш шкідливий вплив на очі і шкіру людини. Навіть при короткочасній дії на очі вони викликають їхнє запалення; це захворювання, зване світлобоязню, проходить через 2-3 дні. Тривала дія інфрачервоних променів на очі може призвести до втрати зору.

При електрозварюванні повітря забруднюється шкідливими домішками, які можуть спричинити ураження легень та отруєння організму.

До таких домішок відносяться оксиди міді, цинку, свинцю, фтористі сполуки, марганцевий пил та ін.

Для видалення шкідливих домішок (газів та пилу) необхідно стаціонарні робочі місця зварників обладнати місцевою витяжною вентиляцією.

Всі приміщення, в яких проводиться електрозварювання, повинні бути обладнані загальною вентиляцією припливно-витяжною.

При електрозварюванні є небезпека опіку брызками розплавленого металу, нагрітим основним і присадним металом.

Тому зварювальник повинен мати спецодяг з брезента або іншого міцного матеріалу, причому у спецодязі, а також у щитку або шоломі не повинно бути дірок.

Щоб уникнути загоряння та виникнення пожеж місця зварювання не можна забруднювати палим матеріалом (трісками, ганчір'ям тощо). Підлоги та стіни приміщень, в яких проводиться зварювання, повинні бути виготовлені з негорючого матеріалу.

4.2 Загальні вимоги пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт.

Горючим середовищем при проведенні електрозварювальних робіт є: ізоляція з'єднувальних проводів, обмоток зварювальних машин і апаратів, дерев'яні конструкції будівель, будівельні відходи тощо. Часто зварювальні роботи виконуються в апаратах і машинах, в яких обертаються або оберталися горючі або вибухонебезпечні матеріали.

Джерелом запалювання може бути зварювальна дуга, іскри від розпечених предметів, що зварюються, а також розпечені залишки електродів (недогарки).

Висока пожежна небезпека зварювальної дуги зумовлена наступними факторами:

– при зварюванні вугільним електродом температура в катодній області

досягає $+3200^{\circ}\text{C}$, в анодній – $+3900^{\circ}\text{C}$, у стовпі дуги – $+6000-8000^{\circ}\text{C}$.

При зварюванні металевим електродом температура катодної зони становить близько $+2400^{\circ}\text{C}$, а анодної зони – $+2600^{\circ}\text{C}$;

– у середньому тільки $60\div 70\%$ тепла дуги використовується на нагрівання і плавлення металу. Інша частина тепла розсіюється в навколишнє середовище через випромінювання і конвекцію.

Втрати теплоти при ручному дуговому зварюванні становлять приблизно 25% (20% іде в навколишнє середовище через випромінювання і конвекцію парів і газів, 5% – чад і розбризкування зварюваного матеріалу).

Втрати теплоти при автоматичному зварюванні під флюсом становлять усього 17% (16% витрачається на плавлення флюсу, 1% – чад і розбризкування зварюваного матеріалу).

Тому ручне дугове зварювання є найбільш пожежонебезпечним серед інших видів дугового зварювання.

Небезпечна зона поширення іскор становить до 14 м по радіусу від місця зварювання.

Пожежна небезпека від залишків електродів (недогарків) найчастіше виникає при проведенні електрозварювальних робіт на висоті. Розпечені недогарки, що вибиваються зварником з електродотримача, падаючи на розташовані нижче площадки, можуть викликати загоряння горючих матеріалів, що знаходяться там.

Розвиток пожежі від іскор і розпечених недогарків протікає звичайно приховано і виявляється через тривалий час після зварювання. Посадова особа, відповідальна за пожежну безпеку ділянки, де проводилися електрозварювальні роботи, повинна забезпечити перевірку місця проведення таких робіт протягом 2 годин після їх закінчення.

Неправильна експлуатація і несправність зварювального обладнання можуть бути причиною виникнення пожеж і поза зоною проведення зварювальних робіт.

Однією з таких причин виникнення пожежі є неправильне виконання

зворотного проводу, внаслідок чого виникають блукаючі струми.

Якщо опір зворотного проводу вище, ніж опір інших обхідних шляхів, якими може пройти струм, то частина зварювального струму буде протікати цими обхідними шляхами, створюючи іскріння і нагріваючи місця з великими перехідними опорами.

Загальні вимоги пожежної безпеки під час проведення вогневих робіт приведено в "Правилах пожежної безпеки в Україні".

Місця проведення вогневих робіт можуть бути:

- постійними, які організуються у спеціально обладнаних для цієї мети цехах, майстернях;
- на відкритих майданчиках;
- тимчасовими, коли вогневі роботи проводяться безпосередньо в будівлях, які зводяться або експлуатуються, спорудах та на території об'єктів, з метою монтажу будівельних конструкцій, ремонту устаткування тощо.

Організація постійних і тимчасових місць проведення вогневих робіт визначається двома документами: наказом власника підприємства по режиму проведення робіт та інструкцією про заходи пожежної безпеки.

Наказ власника підприємства звичайно містить:

- заборону проведення вогневих робіт без дотримання правил улаштування установок, що застосовуються, правил безпеки і вимог, передбачених інструкцією про заходи пожежної безпеки;
- вказівки про режим організації й виконання постійних і тимчасових вогневих робіт;
- питання взаємовідносин виконавців робіт з робітниками відомчої пожежної охорони та працівниками держпожнадзора в частині протипожежного контролю за проведенням цих робіт;
- вказівки про режим початку і закінчення робіт;
- перелік заходів щодо кваліфікаційної підготовки працівників, організації профілактичних ремонтів обладнання;
- перелік цехів і приміщень, в яких виконання вогневих робіт пов'язане з

особливою небезпекою і може бути дозволене тільки вищим керівництвом об'єкта.

Інструкція про заходи пожежної безпеки встановлює порядок і спосіб забезпечення пожежної безпеки, обов'язки і дії працівників у випадку виникнення пожежі, включаючи порядок оповіщення людей і повідомлення про пожежу оперативно-рятувальних підрозділів МНС, евакуації людей, матеріальних цінностей, застосування засобів пожежогасіння і взаємодії з підрозділами МНС.

В інструкціях для окремих ділянок повинні вказуватися:

- категорія приміщення за НАПБ Б.03.002;
- вимоги щодо утримання евакуаційних шляхів і виходів;
- місця для паління та вимоги до них; правила утримання приміщень, робочих місць;
- порядок прибирання робочих місць, збирання, зберігання та видалення горючих відходів, промасленого ганчір'я;
- утримання та зберігання спецодягу; місця, порядок та норми одночасного зберігання у приміщенні сировини, напівфабрикатів та готової продукції;
- умови проведення вогневих робіт;
- порядок огляду, вимкнення електроустановок, приведення в пожежобезпечний стан приміщень та робочих місць, закриття приміщень після закінчення роботи;
- обов'язки та дії працівників у випадку виникнення пожежі: порядок і способи оповіщення людей, виклику оперативно-рятувальних підрозділів МНС, зупинки технологічного устаткування, вимкнення ліфтів, підйомників, вентиляційних установок, електроспоживачів, застосування засобів пожежогасіння;
- послідовність евакуації людей та матеріальних цінностей з урахуванням дотримання техніки безпеки.

При організації тимчасових місць проведення вогневих робіт керівник

підприємства зобов'язаний оформити наряд-допуск на проведення робіт.

У цьому документі вказується: виконавець робіт, вид і місце проведення вогневих робіт, час початку і закінчення проведення робіт, заходи пожежної безпеки при виконанні робіт, особа, відповідальна за пожежну безпеку на місці проведення робіт.

За наявності на підприємстві відомчої пожежної охорони (ДПД) наряд-допуски в обов'язковому порядку узгоджуються з нею напередодні виконання робіт з установленням з боку пожежної охорони (ДПД) відповідного контролю.

Проведення вогневих робіт на постійних та тимчасових місцях дозволяється лише після вжиття заходів, які виключають можливість виникнення пожежі: очищення робочого місця від горючих матеріалів, захист горючих конструкцій, забезпечення первинними засобами пожежогасіння (вогнегасником, ящиком з піском та лопатою, відром з водою).

Вид (тип) та кількість первинних засобів пожежогасіння, якими має бути оснащено місце проведення робіт, визначаються з урахуванням вимог щодо оснащення об'єктів первинними засобами пожежогасіння і вказуються в наряді-допуску.

Після закінчення вогневих робіт виконавець зобов'язаний ретельно оглянути місце їх проведення; за наявності горючих конструкцій їх слід полити водою, усунути можливі причини виникнення пожежі.

Посадова особа, відповідальна за пожежну безпеку приміщення, де виконувались вогневі роботи, повинна забезпечити перевірку місця проведення цих робіт упродовж 2 годин після їх закінчення.

Про приведення місця виконання вогневих робіт у пожежобезпечний стан виконавець та відповідальна за пожежну безпеку посадова особа роблять відповідні позначки у наряді-допуску. Місце проведення вогневих робіт має бути очищене від горючих речовин та матеріалів у радіусі, що залежить від висоти точки проведення вогневих робіт над рівнем підлоги чи прилеглої території: за висоти до 2 м – мінімальний радіус становить 5 м; за висоти 2 м – 8 м; 3 м – 9 м; 4 м – 10 м; 6 м – 11 м; 8 м – 12 м; 10 м – 13 м; більше 10 м – 14 м

відповідно.

Під час проведення вогневих робіт у вибухопожежонебезпечних місцях має бути встановлений пильний контроль за станом повітряного середовища шляхом проведення експрес-аналізів із застосуванням газоаналізаторів.

Під час перерв у роботі, а також у кінці робочої зміни зварювальна апаратура повинна бути вимкнена, в тому числі й від електромережі, шланги мають бути від'єднані і звільнені від горючих рідин та газів.

Після закінчення робіт усю апаратуру й устаткування обов'язково прибирають у спеціально відведені місця.

Забороняється:

- братися до роботи за несправності апаратури;
- розміщати постійні місця для проведення вогневих робіт у пожежонебезпечних та вибухопожежонебезпечних приміщеннях;
- допускати до виконання вогневих робіт осіб, які не мають кваліфікаційних посвідчень та не пройшли у встановленому порядку навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму та щорічної перевірки знань з одержанням спеціального посвідчення;
- проводити вогневі роботи свіжопофарбованих конструкцій та виробів до повного висихання фарби;
- виконуючи вогневі роботи, користуватися одягом та рукавицями зі слідами масел та жирів, бензину, гасу та інших ГР;
- зберігати у зварювальних кабінах одяг, ГР та інші горючі предмети й матеріали;
- допускати доторкання електричних проводів до балонів зі стисненими, зрідженими й розчиненими газами;
- виконувати вогневі роботи на апаратах і комунікаціях, заповнених горючими й токсичними матеріалами, а також на тих, що перебувають під тиском негорючих рідин, газів, парів та повітря або під електричною напругою;
- проводити вогневі роботи на елементах будівель, виготовлених із легких металевих конструкцій з горючими й важкогорючими утеплювачами.

Особливі вимоги пожежної безпеки при проведенні електрозварювальних

робіт.

Однопостові зварювальні двигуни-генератори та трансформатори захищають плавкими запобіжниками лише з боку мережі живлення.

З'єднування зварювальних проводів слід виконувати за допомогою обтискання, зварювання, паяння або спеціальних затискачів.

Підключення електропроводів до електродотримача, зварюваного виробу та зварювального апарата здійснюється за допомогою мідних кабельних наконечників, скріплених болтами з шайбами.

Забороняється використовувати голі або з пошкодженою ізоляцією проводи, а також застосовувати нестандартні плавкі запобіжники.

Проводи, підключені до зварювальних апаратів, розподільних щитів та іншого обладнання, а також до місць проведення зварювальних робіт, мають бути надійно ізольовані та в необхідних місцях захищені від дії високої температури, механічних пошкоджень і хімічних впливів.

У разі проведення електрозварювальних робіт, пов'язаних з частими переміщеннями зварювальних установок, мають застосовуватися механічно міцні шлангові кабелі.

Кабелі (електропроводи) електрозварювальних машин повинні розміщатися від трубопроводів кисню на відстані не менше 0,5 м, а від трубопроводу ацетилену та інших горючих газів – не менше 1 м.

Зворотним провідником, який з'єднує зварюваний виріб із джерелом зварювального струму, можуть служити сталеві або алюмінієві шини будь-якого профілю, зварювальні плити, стелажі й сама зварювана конструкція за умови, якщо їх переріз забезпечує безпечне за умовами нагрівання протікання струму.

З'єднання між собою окремих елементів, використовуваних як зворотний провідник, треба виконувати за допомогою болтів, струбцин та затискачів.

Використання як зворотного провідника внутрішніх залізничних шляхів, мереж заземлення, а також металевих конструкцій будівель, комунікацій та технологічного устаткування забороняється.

У випадку проведення електрозварювальних робіт у вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщеннях зворотним проводом від зварюваного виробу до джерела струму може бути лише ізольований провід, причому за якістю ізоляції він не повинен поступатися прямому провідникові, приєднуваному до електродотримача.

Конструкція електродотримача для ручного зварювання повинна забезпечувати надійне затискання та швидку заміну електродів, а також виключати можливість КЗ його корпусу на зварювану деталь під час тимчасових перерв у роботі або у випадку його випадкового падіння на металеві предмети. Держак електродотримача має бути виготовлений з негорючого діелектричного та теплоізолювального матеріалу.

Електроди, застосовувані під час зварювання, мають бути заводського виготовлення і відповідати номінальній величині сили зварювального струму.

У випадку заміни електродів їх залишки (недогарки) слід класти у спеціальний металевий ящик, встановлюваний біля місця проведення зварювальних робіт.

Перед зварюванням електроди повинні бути просушені за температури, вказаної в паспортах на конкретний тип електродного покриття. Покриття електродів має бути однорідним, щільним, без здуття, напливів та тріщин.

Електрозварювальна установка на весь час роботи повинна бути заземлена. Крім заземлення основного електрозварювального обладнання, у зварювальних установках належить безпосередньо заземлювати той затискач вторинної обмотки зварювального трансформатора, до якого приєднано провідник, що йде до виробу (зворотний провідник).

Над переносними й пересувними електрозварювальними установками, які використовуються на відкритому повітрі, повинні бути споруджені навіси з негорючих матеріалів для захисту від атмосферних опадів.

Технічне обслуговування та планово-попереджувальний ремонт зварювального устаткування мають проводитися відповідно до графіка. Щодня після закінчення роботи слід проводити очищення агрегатів та пускової

апаратури.

Температура нагрівання окремих частин зварювального агрегату (трансформаторів, підшипників, щіток, контактів вторинного кола тощо) не повинна перевищувати $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Опір ізоляції струмовідних частин зварювального кола повинен бути не нижче $0,5\text{ Ом}$. Ізоляцію треба перевіряти не рідше 1 разу на 3 місяці (у разі автоматичного зварювання під шаром флюсу – 1 раз на місяць), і вона повинна витримувати напругу 2 кВ протягом $0,12\text{ год}$.

Відстань від машин точкового, шовного та рельєфного зварювання, а також від машин для стикового зварювання до місць знаходження горючих матеріалів та конструкцій повинна бути не менше 4 м у разі зварювання деталей перерізом до 50 мм^2 , а від машин для стикового зварювання деталей перерізом понад 50 мм^2 – не менше 6 м .

ВИСНОВКИ

У КРБ розроблено технологію складання-зварювання стелажу для промислового складу з балок коробчатого перерізу. Підібрано на сталь, проєктований спосіб зварювання, зроблено необхідні розрахунки для режимів зварювання, обрано складальне та зварювальне обладнання, розроблена технологія складання та зварювання металоконструкції, обраний контроль для готового зварного виробу.

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. Проектування та експлуатація обладнання для дугового зварювання: навч. посіб. / О. Г. Александров, Д. А. Антонюк. Львів: Новий Світ-2000, 2011. 312 с.
15. Спеціальні способи зварювання: навч. посіб. / В. В. Квасницький. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.
16. 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.
187. Теорія зварювальних процесів. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання.: навч. посіб. / В. В. Квасницький. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 184 с.
18. Технологія та обладнання електричного контактного зварювання: навч. посіб. для ПТНЗ / О. Г. Биковський, Д. М. Лутов, І. В. Пінковський. К.: Технологія, 2001. 240 с.
19. Жидецький В. Ц., Джиги рей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Підручник.- Видавництво 5-те, доповнене. – Л.: Афіша, 2000. -350 с.
20. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. – К.: Основа, 2010. – 240 с.

ДОДАТКИ