

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 бокової стінки трьохвісного самоскидного напівпричепа**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МПС-41
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Бібіка Ю.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Підгурський М.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Дячун А.Є.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Розроблення технологічного процесу виготовлення бокової стінки трьохвісного самоскидного напівпричепа" складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 50 аркушів формату А4 і графічної частини об'ємом 6 аркушів формату А1. Для висвітлення питань, розрахунково-пояснювальна записка містить 17 рисунків, 6 таблиць, 1 додаток. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 18 першоджерел.

У роботі проведено виконано аналіз існуючих процесів виробництва та конструкцій автомобільних напівпричепів та їх елементів. Встановлено вимоги до якості та надійності бокових стінок та проаналізовано використовувані матеріали для їхнього виробництва.

На основі отриманих даних, було запропоновано послідовність виконання технологічних операцій, включаючи підготовку матеріалів, механічну обробку, зварювання та контроль якості. Для реалізації запропонованого техпроцесу було спроектовано спеціалізовану роботизовану установку для виготовлення бокових стін півпричепа, що сприяє значному підвищенню продуктивності процесу виробництва та зниженню його вартості. Для його реалізації запропоновано високоспеціалізоване обладнання. Цей інженерний підхід дозволяє забезпечити високу якість виготовлення бокових стінок, покращити надійність готових напівпричепів та зменшити витрати на виробництво. Розроблені технічні та технологічні рішення можна застосовувати для модернізації існуючих виробничих ліній або при створенні нових виробничих потужностей.

Ключові слова: ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ПОРТАЛ, РОБОТ-МАНІПУЛЧТОР, НАВПІВАТОМАТ, ЗВАРЮВАННЯ, НАПІВПРИЧЕП, СКЛАДАЛЬНИЙ СТЕНД.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис конструкції виробу	7
1.2 Характеристика матеріалу виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення виробу	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу.....	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16
2.1 Обґрунтування способу зварювання	16
2.3 Вибір методу контролю якості виробу.....	27
2.4 Опис запропонованого технологічного процесу	30
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	35
3.1 Опис зварювальних пристосувань.....	35
3.2 Розрахунок елементів порталу для розміщення зварювальних роботів	37
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	43
4.1 Захист людей в надзвичайних ситуаціях техногенного характеру ..	43
4.2 Проведення рятувальних робіт	43
4.3 Забезпечення пожежної безпеки	44
ВИСНОВКИ.....	47
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	48
ДОДАТОК.....	50

ВСТУП

Розвиток зварювальної науки та техніки змінює ключову роль у науково-технічному прогресі, полягаючи в цьому напрямі підвищення продуктивності, механізації та автоматизації виробничих процесів, що впливає на покращення якості продукції. Інновації у зварювальному виробництві можуть ефективно впроваджувати нові технічні рішення та технології.

Зварювання металів перетворювалося на один з основних технологічних процесів у виготовленні конструкції для різних компонентів, і неможливо уявити сучасне машинобудування чи будівництво без нього. Завдяки його прогресивному характеру в отриманні нероз'ємних з'єднань, зварювальне виробництво постійно розвивається, знаходячи застосування в майже всіх галузях економіки.

На сьогоднішній день зварювальне виробництво є однією з провідних сфер техніки, де широко використовують високопродуктивні та економічно-ефективні технології, такі як зварювання, наплавлення, паяння, термічне різання та напилення. Ці методи дозволяють обробляти конструкційні матеріали різної товщини, від мікрометрів до кількох метрів, сприяючи значному збільшенню продуктивності праці, економічних ресурсів та зниженню вартості зварної продукції. Ці досягнення у зварювальній техніці створюють надійну основу для подальшого розвитку та інновацій у виробництві [1].

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції виробу

Тривісний самоскидний напівпричіп створений спеціально для транспортування зернових культур, насіння соняшнику, солоду та комбікормів. Він призначений для використання на загальнодержавних автодорогах у складі автопоїзда з сідельними тягачами (рис. 1.1).

Цей напівпричіп виготовлено в кліматичному виконанні «У» для першої категорії, що дозволяє експлуатувати його в умовах навколишнього середовища з температурою від -45 до +45 °С.



Рис. 1.1 – Загальний вигляд трьохвісних самоскидних напівпричепів

Більшість кузовів сучасних колісних транспортних засобів, виготовляються в суцільнометалевому виконанні. Зазвичай такі кузова формуються з металевих каркасів (утворюються стояками, розкосами, дугами, балками), до яких приварюються металеві листи обшивки. Кузови транспортних засобів — це в основному несучі конструкції, які сприймають статичні навантаження від вантажів та динамічні навантаження — під час

руху транспорту. Конструкція кузова напівпричепа є зварною і виконана з металу. Він має прямокутну форму, складається з бокових і торцевих стін, а також днища.

Бічні стіни є характерними елементами кузова і відносяться до найбільш трудомістких зварних конструкцій.

Каркас бічної стіни складається з верхньої та нижньої обв'язки, мають вертикальних стояків. Для обшивки використовується тонколистовий метал товщиною до 3...5 мм, а для виготовлення стояків та інших елементів каркаса застосовуються профілі, гнуті з того ж тонколистового металу, або спеціальні тонкостінні прокатні профілі.

Конструкція бокової стінки включає раму, яка забезпечує основу для кріплення тонколистової обшивки (рис.1.2). Рама каркаса спочатку зварюється, після чого до неї приварюється обшивка. Ця обшивка не тільки захищає вміст причепа, але й додає додаткову жорсткість конструкції, з'єднуючись з рамою біля нижньої обв'язки.

Каркас стіни призначений для сприйняття основних навантажень, що забезпечують підчас транспортування, включаючи як статичні, так і динамічні навантаження. Це забезпечує високу стабільність та довговічність напівпричепа під час його експлуатації в різних дорожніх умовах.

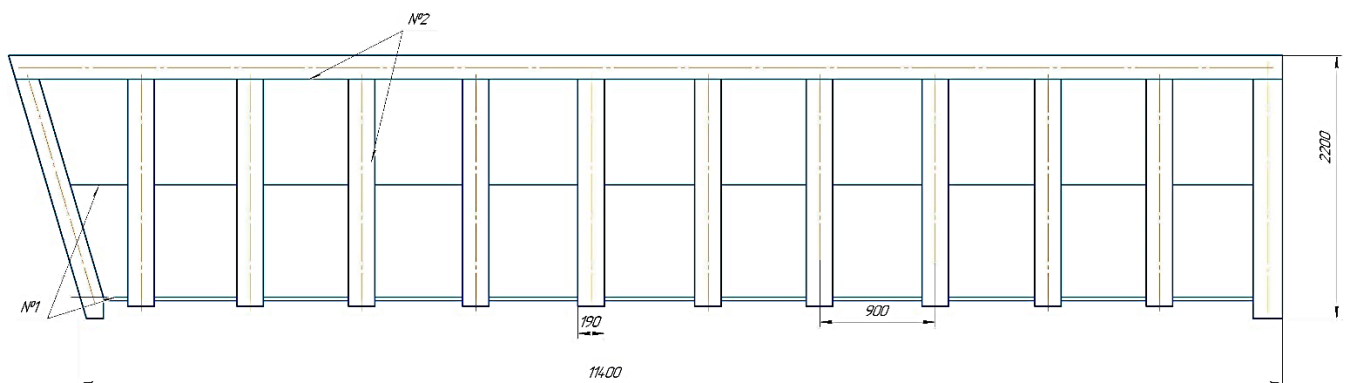


Рис. 1.2 – Конструкція бокової стінки

1.2 Характеристика матеріалу виробу

Для виробництва бокових стінок напівпричепа використовується конструкційна маловуглецева сталь звичайної якості марки ВСтЗсп, яка має необхідну міцність та здатність витримувати великі навантаження. Цей тип сталі є ідеальним вибором для вантажних транспортних засобів, який підтримує постійні механічні впливи внаслідок їх експлуатаційних особливостей.

Механічні властивості сталі, а також її хімічний склад є критичними для забезпечення довговічності та надійності бокових стінок напівпричепа. У таблицях 1.1 та 1.2 наведено детальну інформацію про ці властивості, що дозволяє інженерам і конструкторам точно оцінити придатність матеріалу для використання в конкретних умовах.

Використання сталі ВСтЗсп допоможе оптимізувати конструкцію напівпричепа, забезпечуючи його здатність сприймати різноманітні навантаження, включаючи динамічні, вібраційні та статичні впливи, що є необхідним для забезпечення безпечного та ефективного використання вантажного транспорту.

Таблиця 1.2. Хімічний склад сталі [2]

Марка сталі	Вміст елементів, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
ВСтЗсп	0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	0,045	0,05	0,3	0,3	0,3

Таблиця 1.3 - Механічні властивості [2]

Марка сталі	Товщина прокату	Межа міцності при розтягуванні в МПа	Мінімальні значення межі плинності, МПа	Відносне подовження в %,
ВСт.Зсп	4 - 20	380 - 470	210 - 250	21-27

Зварюваність металів є одним із основних показників для багатьох

технологічних процесів. Ключові аспекти оцінки зварюваності сталей включають [3]:

- окислюваність металу при зварюванні, що залежить від його хімічної активності;
- опір формування гарячих тріщин і тріщин під час повторного нагрівання;
- здатність протистояти утворенню холодних тріщин;
- чутливість до теплового впливу зварювання;
- відповідність механічних властивостей зварного з'єднання експлуатаційним вимогам.

Механічні властивості з'єднання значною мірою залежать від структури металу, яка формується залежно від хімічного складу, умов зварювання та проведення первинної та подальшої термічної обробки. Цей фактор стабільності зварного шва в процесі експлуатації є ефективним для забезпечення довговічності та безпеки конструкції.

Зварюваність металу часто оцінюють за допомогою розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю (C_e). Цей показник використовується для оцінки показаних ризиків утворення тріщин під час зварювання. Підвищений вміст вуглецю може призвести до зменшення пластичності та підвищення активності металу до утворення тріщин. Цей метод розрахунку дозволяє передбачити, як різні складові металу впливають на його зварюваність, та відіграє важливу роль у виборі відповідних технологій зварювання та параметрів процесу, щоб знизити ризик утворення дефектів у зварних швах..

Формула еквіваленту вуглецю включає не тільки вміст вуглецю в сталі, але й інші легуючі елементи, які впливають на її властивості[3].

$$C_e = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr+V+Mo}{10} \quad (1.1)$$

$$C_e = 0.12 + \frac{0.5}{20} + \frac{0.5}{15} + \frac{1.02}{10} = 0.28\%$$

Чим вище значення C_e , тим більша ймовірність того, що зварювання може призвести до утворення тріщин. В ідеалі, коли еквівалентний вміст вуглецю є низьким, то це зменшує ризик утворення холодних тріщин та покращує загальну зварюваність матеріалу.

Також, одним не менш вагомим показником зварюваності сталей є чутливість до утворення гарячих тріщин (HCS), який необхідно враховувати. Гарячі тріщини утворюються внаслідок пластичної деформації в області твердіння зварного шва під високою температурою, що може спричинити серйозні структурні вади.

Основні фактори, що впливають на ризик утворення гарячих тріщин, включають:

- температуру рідини матеріалу;
- вміст легуючих елементів;
- швидкість охолодження;

Для зменшення ризику утворення гарячих тріщин рекомендується провести детальний аналіз хімічного складу сталі, оптимізувати температурні режими зварювання та виконати дослідження на зварюваність. Ці заходи дозволяють ідентифікувати потенційні проблеми та адаптувати технологію зварювання для попередження виникнення дефектів. Такі дослідження можуть включати випробування зварних зразків на витримку під навантаженням при високих температурах, щоб оцінити їх стійкість до тріщиноутворення в реальних умовах експлуатації. Однак ці заходи є трудомісткими і довготривалими, тому схильність до HCS визначають аналітичними методами із застосуванням формули [3]:

$$HCS = \frac{C(S+P+Si/25+Ni/100) \times 10^3}{3Mn+Cr+Mo+V} \quad (1.2)$$

$$HCS = \frac{(0,14 \dots 0,22) \times \left(0,05 + 0,045 + \frac{(0,12 \dots 0,3)}{25} + \frac{0,3}{100} \right) \times 10^3}{3(0,4 \dots 0,65) + 0,3} = 2,65 \dots 3,03$$

За проведеними аналітичними дослідженнями бачимо, що значення HCS для розглядуваної сталі становить 2,65-3,03, а це в свою чергу означає низький ризик утворення гарячих тріщин під час зварювання.

Сталі з $HCS < 4$ класифікуються як добре зварювальні, тобто вони здатні забезпечити стійкість до утворення гарячих тріщин, що є важливим аспектом для багатьох конструкційних та інженерних застосувань.

Використання таких сталей дозволяє інженерам і зварювальникам бути впевненими в якості зварювання і мінімізувати потребу в додаткових або спеціальних технічних рішеннях, спрямованих на запобігання утворення тріщин. Таким чином, вибір сталі з низьким індексом HCS може сприяти оптимізації виробничих процесів та зниженню загальних витрат на виробництво.

1.3 Технічні умови на виготовлення виробу

Для виготовлення бокової стінки напівпричепа використовуються лише сертифіковані матеріали з заводу-виробника або супроводжувальні паспорти. У разі відсутності цих документів, матеріали не можуть бути допущені до виробництва до проведення тестувань для перевірки відповідності стандартам та технічним умовам. Якщо під час виготовлення виявляються відхилення властивостей матеріалів, додаткові випробування ініціюються за вказівкою ВТК.

Матеріали мають бути перевірені та підтверджені відповідними сертифікатами якості від виробника. В іншому випадку, інформація про якість матеріалів надається заводською лабораторією. Зварювальний дріт має бути перевірений на чистоту поверхні та зберігатися в умовах, які запобігають його забрудненню або окисленню. Захисні газы також перевіряють на наявність шкідливих домішок та вологи.

При проектуванні та виготовленні зварної конструкції важливо зберегти точні геометричні розміри і форму виробу, а також чистоту поверхонь. Задача полягає в розробленні конструкції з урахуванням технічних особливостей, відповідності всіх зварних з'єднань заданим стандартам обробки, форми кромки і допусків розмірів, а також дотриманні технологічних регламентів для уникнення напружень і деформацій.

В процесі зварювання необхідно забезпечити дотримання встановлених технічних вимог, зокрема, забезпечення доступу до нагрівальних пристроїв при необхідності місцевого підігрівання, а також можливість контролю та ремонту зварних з'єднань. Механічні властивості зварних з'єднань мають відповідати властивостям основного металу, включаючи мінімальні показники міцності, ударної в'язкості та пластичності.

Складання деталей та вузлів під зварювання має проводитися в спеціалізованих пристосуваннях, стендах чи установках, які забезпечують виготовлення зварних конструкцій з урахуванням усадки металу та деформацій, які виникають при зварюванні. Перед зварюванням основний метал має бути ретельно очищений від будь-яких забруднень.

Забезпечення якості даного зварного виробу вимагає дотримання проектних параметрів, режимів зварювання, точності складання, використання якісних матеріалів та методів контролю з метою уникнення будь-яких дефектів у зварних з'єднаннях.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу

При виготовленні бокових стін півпричепа використовуються різні технологічні процеси і засоби технологічного спорядження, призначення і склад яких залежить від конструкцій вагонів та обсягів їх випуску.

Бічні стіни є площинними зварними конструкціями, що складаються з каркасів і панелей обшивок.

В серійному та масовому виробництвах бічні стіни та вхідні до їх складу вузли виготовляються, як правило, на спеціалізованих виробничих лініях і дільницях із різним ступенем механізації та автоматизації виробничого процесу. Основна частина виробничих ліній розміщується переважно в єдиному блоці складально-зварювальних цехів і виробничих дільниць, завдяки чому забезпечується загальний прямоточний процес виробництва.

Панель обшивки бічної стіни являє собою полотнище, яке зварюється з двох окремих широкоштабових листів періодичного прокату товщиною 3,6 і 4,5 мм з, що складаються внапусток та зварюються послідовно з двох боків.

Для їх виготовлення застосовують комплексно-механізовану лінію, що розміщується в складально-зварювальному цеху і призначається для виготовлення правих та лівих бічних стін суцільнометалевих півприцепів. Вона комплектується кількома спеціалізованими лініями і дільницями: дільницею розкладання та зварювання проміжних стояків з планками, лінією механізованого складання та зварювання каркасів бічної стіни, лінією складання-зварювання панелей обшивки з каркасом, автоматичним комплексом зварювання бічних стін і устаткуванням для приварювання дрібних вузлів. Автоматичний комплекс зварювання стінок містить багатоголовкові установки дугового зварювання. В складі лінії є підйомно-транспортні пристрої (перевантажувачі) і транспортні пристрої, якими забезпечується високий рівень механізації та автоматизації складально-зварювальних робіт.

Технологічний процес виготовлення бічних стін починається на дільниці зварювання проміжних стояків з укладання на приймальний стелаж пачки стояків, виготовлених із спеціального коритоподібного прокатного профілю. Проміжні стояки в певному положенні вручну по одному укладаються на зварювальний конвеєр. Крім зварювального конвеєра, дільниця комплектується кантувачем, передавальним і розкладальним

конвеєрами. Стояки на цих конвеєрах переміщуються візками з пневматичним приводом. Зварювання проводять в основному в середовищі захисного газу.

Недоліком такого процесу виготовлення стінки є те, що складання та зварювання елементів здійснюється на різних ділянках. Це призводить до затрат часу на переміщення складальних одиниць між ділянками, а також можливість їх деформування в процесі переміщення, що знижує точність кінцевого складання та додаткових операцій на їх рихтування.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування способу зварювання

Для виготовлення бічної стінки використовуємо зварювання у середовищі захисного газу. Розглянемо переваги та недоліки даного способу. Зварювання серед захисного газу (вуглекислий газ) є різновидом дугового зварювання. Зварювання проводиться дротом суцільного перерізу діаметром 1,0...2,0 мм, який подається через струмопровідний мундштук. У зону зварювання через сопло надходить захисний газ, струмінь якого обтікаючи зварювальну дугу і зварювальну ванну, захищає розплавлений метал від впливу атмосферного повітря. Електродний дріт подається безперервно в зону зварювання зі швидкістю подачі згідно з режимом зварювання. Зварювання реалізують на постійному струмі зворотної полярності. Розрізняють механізоване та автоматичне зварювання. У першому випадку механізована подача дроту, а пальник переміщається зварником вручну. У разі автоматичного зварювання механізована подача дроту та переміщення пальника. Основні переваги [4]:

- забезпечує отримання високоякісних зварних з'єднань з різних металів за високої продуктивності порівняно з ручним дуговим зварюванням завдяки застосуванню високої щільності струму ($100...200 \text{ А/мм}^2$);

- висока якість зварного шва;

- найкращі умови праці для зварювальника;

- можливе візуальне спостереження за процесом горіння дуги та утворення шва;

- можливе зварювання як нижніх, так і вертикальних та горизонтальних швів.

До недоліків слід віднести:

- можливість здування струменя газу вітром або протягом, що погіршує захисну дію газу та якість шва;
- необхідність захищати робітників від випромінювання дуги та від небезпеки отруєння при зварюванні у замкнутому просторі. Крім того, зварювання у вуглекислому газі можливе лише при постійному струмі і дає менш гладку поверхню шва, ніж зварювання під флюсом [4-5].

Торцева стінка має велику номенклатуру різних зварних швів середньої довжини, тому застосовуємо напівавтоматичне та автоматичного зварювання.

Згідно з рекомендаціями, зварювання повинно проводитися зварювальним дротом з фізико-механічними властивостями не нижче ніж у дроту Св-08Г2С, а як захисне середовище рекомендується використовувати вуглекислий газ вищого гатунку. При зварюванні у вуглекислому газі (активному окислювачі ванни) у складі дроту обов'язково, крім інших легуючих елементів, повинні бути розкислювачі - кремній і марганець (а іноді титан). Тому, для зварювання у вуглекислому газі можна використовувати тільки ті дроти, у складі яких містяться ці елементи, тобто в маркуванні позначені «Г» і «С», наприклад Св-08Г2С, залежно від складу сталі, що зварюється, і вимог до механічних властивостей металу шва. Хімічний склад дроту представлено таблиці 2.1.

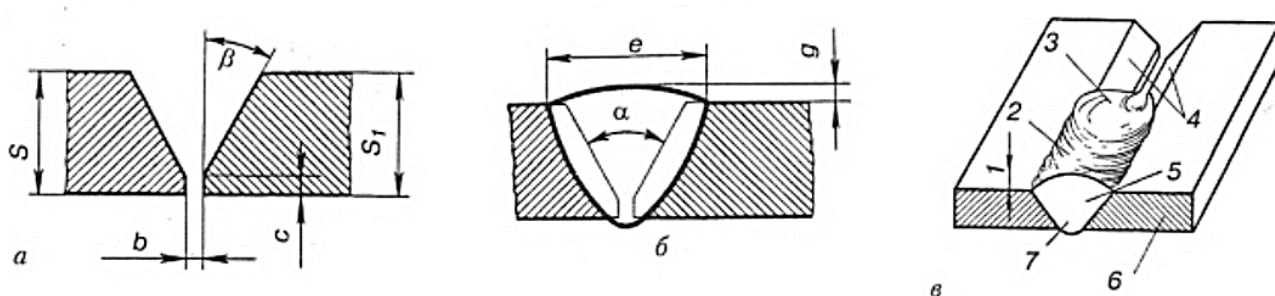
Вуглекислий газ CO_2 не має кольору та запаху. Отримують його із газоподібних продуктів згоряння антрациту або коксу, при випаленні вапняку. Поставляється у зрідженому (рідкому) стані в балоні типу А місткістю 40-50 л з максимальним тиском 7,5 МПа. Для зварювання використовують зварювальну вуглекислоту. Чистота вуглекислоти вищого гатунку має бути не менше 99,8 %.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св – 08Г2С [6]

<i>C</i> , %	<i>Mn</i> , %	<i>Si</i> , %	<i>Cr</i> , %	<i>Ni</i> , не > %	<i>S</i> , не > %	<i>P</i> , не > %
0,05 – 0,11	1,8 – 2,1	0,70 – 0,95	0,2	0,25	0,025	0,03

Для забезпечення якісних параметрів зварних швів проведемо розрахунок режимів для їх виконання. Розрахунок проводимо у відповідності до літератури [7]

Для зварювання каркасу стінки борта застосовуємо з'єднання С2, товщиною 4 мм (рис. 2.1).



а — підготовка до зварювання; б — виконаний шов; в — зовнішній вигляд з'єднання: 1, д — підсилення шва; 2 — зварний шов; 3 — зварювальна ванна; 4 — кромки; 5 — метал шва; б — основний метал; 7 — корінь шва. b — зазор, c — притуплення кромки, e — ширина шва; s і s_1 — товщина зварюваних металів; α — кут між скосом кромки; β — кут скосу кромки

$$s = s_1 = 4 \text{ мм}; b = 1 \pm 1 \text{ мм}; e \leq 12 \text{ мм}; c = 2 + 1 \text{ мм};$$

$$g = 1,5 \pm 0,5 \text{ мм}; g_1 = 1,5 \pm 1,0 \text{ мм}; \alpha = 20 \text{ град.}$$

Рис. 2.1 – Схема та конструктивні особливості з'єднання С2

$$h_p = S - 0,5 b = 4 - 0,5 * 1 = 4 - 0,5 = 3,5 \text{ мм} \quad (2.1)$$

$$d_e = \sqrt[4]{(h_p)} \pm 0,05 h_p = \sqrt[4]{3,5} \pm 0,05 \cdot 3,5 = 1,6 \pm 0,35 = 1,5 \text{ мм.} \quad (2.2)$$

Приймаєм 1.6 мм.

$$I_{зв} = (140 \times d_d^{1,5} + 35) = 140 \times 1,6^{1,5} + 35 = 318 \text{ А} \quad (2.3)$$

$$U_{зв} = 0,05 I_{зв} + 15 = 0,05 \cdot 320 + 15 = 31 \text{ В} \quad (2.4)$$

$$V_{n.d}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{зв}}{d_0^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{I_{зв}^2}{d_0^3} = 1,9 \frac{320}{1,6^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{320^2}{1,6^3} = 300 \text{ м/год} \quad (2.5)$$

$$V_{36} = \frac{A}{I_{36}} = \frac{6 \cdot 10^3}{320} = 18,5 \frac{\text{м}}{\text{год}} \quad (2.6)$$

$$A = (5 \div 8) 10^3 \text{ А} \cdot \text{м/год}$$

$$\Psi_{np} = k' (19 - 0,01 \cdot I_{36}) \frac{d_n \cdot U_{36}}{I_{36}} = 0,92 (19 - 0,01 \cdot 320) \frac{1,6 \cdot 31}{320} = 2,2 \quad (2.7)$$

$$k' = 0,92.$$

$$\alpha_p^{\pm} = 11,7 + 0,0156 \frac{I_{36}}{d_o} = 11,7 + 0,0156 \frac{320}{1,6} = 14,82 \text{ г/Агод} \quad (2.8)$$

$$e = \Psi_{np} \cdot h = 2,2 \times 3,5 = 7,7 \text{ мм} \quad (2.9)$$

$$q_{з.г} = 3,5 + 0,03 \cdot I_{36} = 3,5 + 0,03 \cdot 320 = 13,1 \text{ л\хв} \quad (2.10)$$

З'єднання листів обшивки між собою проводимо з'єднанням Н1 (рис. 2.2). Проведемо розрахунок режиму для його реалізації відповідно до літератури[7].



$$S = 3 \text{ мм}; S1 = 8 \text{ мм}; b = 0 + 1,0 \text{ мм}, \quad K = 3,0 \text{ мм}$$

Рис. 2.2 – Конструктивна схема з'єднання Н1

$$h = K - 0,5 \cdot b = 3 - 0,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d.д = 1,6 \text{ мм.}$

$$I_{36} = 125 \cdot d.д \cdot 1,5 \pm 35 = 125 \cdot 1,6 \cdot 1,5 \pm 35 = 300 \pm 35;$$

Приймаємо $I_{36} = 320 \text{ А.}$

$$U_{3\phi}^H = 15 + 0,05I_{3\phi} = 15 + 0,05 \cdot 320 = 31В$$

$$V_{n.\partial}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{3\phi}}{d_{\partial}^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{I_{3\phi}^2}{d_{\partial}^3} = 1,9 \frac{320}{1,6^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{320^2}{1,6^3} = 300 \text{ м/год}$$

$$V_{ЗВ.} = 21 - 0,175h = 21 - 0,175 \cdot 2,5 = 20,5 \text{ м/год.}$$

$$\Psi_{np} = k'(19 - 0,01 \cdot I_{3\phi}) \frac{d_n \cdot U_{3\phi}}{I_{3\phi}} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 320) \frac{1,6 \cdot 20,5}{320} = 1,4$$

Приймаємо $k' = 0,92$;

$$h = 0,0165 \sqrt{\frac{g_n}{\Psi_{np}}} = 0,0165 \sqrt{\frac{1186}{2,76}} = 0,34 \text{ см} = 3,4 \text{ мм}$$

$$g_n = \frac{q}{V_{3\phi[\text{см/с}]}} = \frac{0,24 \cdot I_{3\phi} \cdot U_{3\phi} \cdot \eta_u}{V_{3\phi[\text{см/с}]}} = \frac{0,24 \cdot 320 \cdot 31 \cdot 0,75}{0,6} = 2976 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

Приймаємо $\eta_u = 0,75$;

$$\alpha_p^{\pm} = 11,7 + 0,0156 \frac{I_{3\phi}}{d_{\partial}} = 11,7 + 0,0156 \frac{320}{1,6} = 14,82 \text{ г/Агод}$$

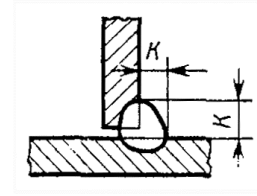
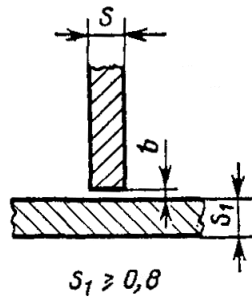
$$\alpha_n = \alpha_p(1 - \Psi_p) = 14,82 \cdot (1 - 0,1) = 13,32 \text{ г/Агодг/А} \cdot \text{год}$$

Приймаєм $\Psi_p = 0,01 \div 0,1$

Приймаєм $L_{\text{ел. др.}} = 10 \text{ дел. др.} = 16 \text{ мм.}$

$$q_{з.г} = 3,5 + 0,03 * I_{ЗВ} = 3,5 + 0,03 \cdot 320 = 13,1 \text{ л\хв}$$

Зварювання обшивки із каркасом проводимо з'єднанням Т1 (рис. 2.3). Розрахунок режимів для такого з'єднання проводимо згідно [7].



$$S = 6 \text{ мм}; S1 = 6 \text{ мм}; b = 0 + 1,5 \text{ мм}, \quad K = 6,0 \text{ мм}$$

Рис. 2.3 - Таврове зварне з'єднання Т1

$$h = K - 0,5b$$

$$h = 6 - 0,5 \cdot 1,5 = 5 \text{ мм.}$$

$$d_d = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05h_p = \sqrt[4]{5} \pm 0,05 \cdot 5 = 1,65 \pm 0,35 = 1,6 \text{ мм}$$

$$I_{3B} = (140 \times d_d^{1,5} \pm 35) = 140 \times 1,6^{1,5} \pm 35 = 300 \text{ А}$$

$$U_{3B} = 15 + 0,05I_{3B} = 15 + 0,05 \times 300 = 30 \text{ В}$$

$$V_{n.d}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{3B}}{d_d^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{I_{3B}^2}{d_d^3} = 1,9 \frac{300}{1,6^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{300^2}{1,6^3} = 277 \text{ м/год}$$

$$V_{3B} = \frac{105}{0,7 \cdot h_p} = \frac{105}{0,7 \cdot 7} = 21,5 \text{ м/год}$$

$$q_{з.г} = 3,5 + 0,03 \cdot I_{3B} = 3,5 + 0,03 \cdot 300 = 12,5 \text{ л\хв}$$

Режими на яких необхідно реалізувати процес зварювання стінки подано у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Режими зварювання

Тип з'єднання	Сила струму Ізв, А	Напруга на дузі U_d , В	Діаметр дроту d_e , мм	Швидкість зварювання $V_{зв}$, м/год	Швидкість подачі дроту $V_{п. д.}$, м/год	Витрати газу $q_{з. г.}$, л\хв
С17	320	31	1,6	18,5	300	31,1
Т1	300	30	1,6	21,5	277	12,5
Н1	320	31	1,6	20,5	300	13,1

2.2 Вибір зварювального устаткування

Зварювальне обладнання має відповідати всім вимогам технологічного процесу, а також вимогам техніки безпеки, бути надійним у роботі та простим у обслуговуванні, забезпечувати необхідні режими зварювання та контроль параметрів під час роботи. [8-9]

Джерела зварювального струму, які використовуються для зварювання, мають відповідати наступним вимогам:

- забезпечення високих динамічних властивостей (час переходу від короткого замикання до робочого режиму не більше 0,01 секунди);
- потужність джерела зварювального струму має бути достатньою для зварювання виробу;
- наявність дистанційних регуляторів зварювального струму та напруги дуги;
- забезпечення мінімальних коливань встановлених значень зварювального струму та напруги через взаємний вплив постів (не більше $\pm 10\%$ від встановлених значень).

До джерел зварювального струму висуваються додаткові вимоги щодо стійкості до впливу зовнішніх кліматичних і механічних факторів:

- можливість експлуатації джерел в діапазоні температур від плюс 40 °С до мінус 40 °С;

- можливість експлуатації при відносній вологості навколишнього середовища до 80% (при температурі плюс 20°C);
- стійкість до впливу механічних факторів зовнішнього середовища. [14]

Установки для зварювання в середовищі захисних газів повинні забезпечувати попередню подачу газу до збудження дуги та затримку відключення подачі газу після завершення зварювання. [8]

Інвертори, які використовуються при зварюванні виробу, повинні забезпечувати:

- обмеження напруги холостого ходу протягом 1 секунди з моменту обриву дуги до значення напруги не більше 12 В;
- при коливаннях напруги живильної мережі $\pm 10\%$ від номінального значення, зміна величини струму не повинна перевищувати $\pm 5\%$. [9]

При традиційному та найбільш широко застосовуваному способі механізованого зварювання використовують джерело живлення з жорсткою вольт-амперною характеристикою (ВАХ). При цьому процес переносу наплавленого металу здійснюється серіями коротких замикань. У процесі переносу металу має місце хаотичний характер зміни зварювальної напруги та струму. Процес відділення утвореної на кінці електрода краплі розплавленого металу та її перехід у зварювальну ванну відбувається при високому рівні зварювального струму. Це обумовлює певну нестабільність процесів, що відбуваються в дуговому проміжку, та характерне розбризкування під час зварювання. [8]

Імпульсний процес у середовищі суміші газів $\text{Ar}+\text{CO}_2$ принципово відрізняється від звичайного механізованого зварювання у вуглекислому газі можливістю прямого керування умовами переносу електродного металу в зварювальну ванну.

Це забезпечує швидкодіюча інверторна схема джерела живлення, спеціальний електронний мікропроцесорний модуль, що примусово задає необхідний рівень зварювального струму, та контур зворотного зв'язку, який

стежить за змінами напруги дуги. Протягом усього циклу переносу краплі, зварювальний струм суворо залежить від фази її формування та переходу у зварювальну ванну. Ідентифікація фази переносу здійснюється завдяки напрузі, що постійно знімається з дугового проміжку.

При виборі режиму зварювальник має встановити необхідну швидкість подачі дроту, що визначає продуктивність наплавлення, і налаштувати механізм подачі дроту на режим, який полегшує роботу і знижує ймовірність виникнення дефектів. Налаштування інверторного джерела інше, ніж у звичайного напівавтомата з жорсткою ВАХ. Оскільки процес зварювання повністю контролюється мікропроцесором, зварювальник лише задає параметри і форму струмових імпульсів, що виникають у контурі при переносі краплі: встановлюються значення базового (0 — 125 А) і пікового (0 — 450 А) струмів, а також тривалість заднього фронту імпульсу краплі. Крім того, перед початком роботи джерело налаштовується на матеріал і діаметр (1,0 мм і менше або 1,2 мм і більше) використовуваної зварювальної дроту. Функція "гарячого старту" забезпечить якісне запалювання дуги і хороше проплавлення на початку шва.

Значне зниження розбризкування при зварюванні дозволяє скоротити витрати на наступне очищення зварних швів і використовувати процес для виконання відповідальних чистових з'єднань. Зменшення загального тепловкладення призводить до зниження зварювальних деформацій, що особливо важливо при зварюванні тонколистового металу. [9]

Таким чином, нова технологія зварювання, в якій перенос електродного металу здійснюється за рахунок сил поверхневого натягу, забезпечує пряме керування умовами формування зварного шва, що розширює технологічні можливості механізованого зварювання, дозволяючи замінити трудомісткі і малопродуктивні процеси зварювання на більш ефективні. [9]

На основі всієї викладеної вище інформації можна зробити наступний висновок: використання інверторних джерел живлення скорочує втрати.

Крім того, значно підвищуються зварювально-технологічні властивості процесу.

Імпульсна зварка виглядає значно більш привабливою для зварювальника, ніж звичайна напівавтоматична від традиційного джерела.

Враховуючи описані вимоги до зварювального устаткування та особливості роботи джерел живлення, будемо застосовувати для виготовлення даної конструкції виробу напівавтомат TransSteel 5000 (рис. 2.4) фірми Fronius. Його характеристики приведено в табл. 2.3.



Рис. 2.4 - Напівавтомат TransSteel 5000 [10]

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики *TransSteel 5000* [10]

Напруга мережі	3 x 380V / 400V / 460V
Частота мережі	50-60Hz
Зварювальний струм мінімальний	10 A
Зварювальний струм максимальний	500 A
Зварювальний струм / тривалість включення [10хв/40°C]	500A / 40%
Зварювальний струм / тривалість включення [10хв/40°C]	420A / 60%
Зварювальний струм / тривалість включення [10хв/40°C]	360A / 100%
Напруга холостого ходу	65 V
Клас захисту	IP23
Габаритні розміри / довжина	747 mm
Габаритні розміри / ширина	300 mm
Габаритні розміри / висота	497 mm
Маса	32,5 kg

Для реалізації автоматизації процесів зварювання бокової стінки будемо застосовувати 6-осьовий програмований роботизований промисловий робот-маніпулятор з ЧПУ ElectroTorg (рис. 2.5).



Рис. 2.5 - Робот-маніпулятор з ЧПУ ElectroTorg [11]

Дана конструкція робота-маніпулятора буде розміщуватись на складально-зварювальному порталі.

2.3 Вибір методу контролю якості виробу

Вибір методів контролю якості зварних швів здійснюється виходячи зі ступеня відповідальності об'єкта контролю. Відповідальність конструкції оцінюємо за тими збитками, які наступлять у разі її виходу з експлуатації, і головним чином за тією шкодою, яку несе за собою її руйнування для людини та природи. З огляду на ступінь відповідальності конструкції вибираємо для контролю зварних швів візуально-вимірювальний і ультразвуковий методи контролю.

Візуально-вимірювальний метод контролю (ВВК) полягає в огляді зварних з'єднань, у тому числі за допомогою лупи збільшенням 4х-10х. Геометричні розміри зварних швів вимірюються за допомогою універсальних шаблонів зварника (рис. 2.6), штангенциркуля, лінійки, наборів щупів. ВВК зазвичай піддаються 100% зварних швів. [12]

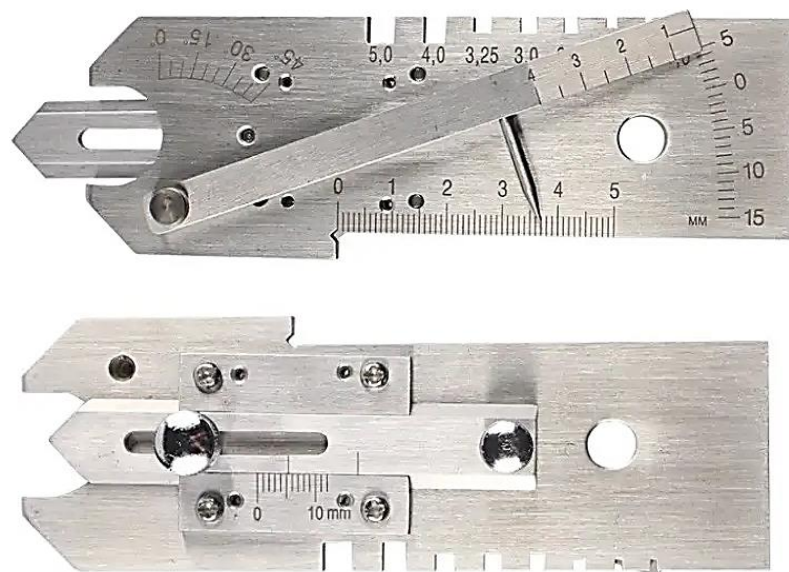


Рис. 2.6 – Шаблон УШС-4 [13]

Ультразвуковий метод контролю дозволяє ідентифікувати дефекти, такі як пори, неметалічні вclusions, непровари, раковини, тріщини різного типу, пошкодження на багат шарових конструкціях та інше. Він також використовується для вимірювання товщини різних матеріалів, таких як листи, прутки, труби тощо.

Ультразвуковий контроль застосовний у багатьох галузях промисловості, включаючи енергетичне машинобудування, залізничну промисловість, суднобудування, газові та нафтові трубопроводи, хімічне машинобудування та багато інших. Це зумовлено значними перевагами ультразвукового методу порівняно з іншими методами неруйнівного контролю:

- висока чутливість до дефектів, таких як тріщини та непровари;
- низька вартість;
- безпека під час проведення контролю;
- не пошкоджує об'єкт під час контролю;
- можливість контролювати всі матеріали, що проводять ультразвук.

На сьогодні існує багато методів ультразвукового контролю, однак найбільше практичне застосування отримав луна-метод, на який припадає приблизно 90% усього ультразвукового контролю. Луна-метод базується на реєстрації луна-сигналів від дефекту. Зондувальний імпульс приладу зазвичай спостерігають на екрані, відбитий від дна виробу – донний луна-сигнал від дефекту. Різні види хвиль дозволяють вирішувати завдання дефектоскопії металів, сплавів і багатьох неметалічних матеріалів. Час повернення донного сигналу, враховуючи швидкість ультразвуку в матеріалі, дозволяє визначити товщину виробу. Якщо товщина виробу невідома, вимірюють швидкість по донному сигналу та оцінюють загасання, і на основі цих даних визначають фізико-механічні властивості матеріалів. Контроль за допомогою луна-методу проводиться з доступом до об'єкта лише з одного боку, при цьому визначаються розміри дефекту та його координати [12].

Найбільш поширеною областю використання ультразвукової дефектоскопії сьогодні є контроль рейок та дефектоскопія зварних швів. У більшості сучасних ультразвукових дефектоскопів, завдяки наявності програмного забезпечення, можливе графічне відображення траєкторії ультразвуку, що проходить крізь зварювальні шви, що дозволяє детально досліджувати різноманітні характеристики в заданій області контролю. Суть ультразвукового контролю зварних з'єднань полягає у введенні і прийманні зсувних ультразвукових коливань, при переміщенні джерела і приймача цих ультразвукових хвиль, уперек і уздовж. При цьому можливе виявлення дефектів у вигляді пір, визначення їх глибини і величини залягання, а також відстані по глибині між дефектами, враховуючи діаметр найбільшого з дефектів. Для контролю з'єднань бокової стінки застосовуємо високочастотний дефектоскоп DIO 1000 SFE (рис. 2.7)[13].



Рис. 2.7 – Дефектоскоп DIO 1000 SFE [14].

Якість зварних з'єднань і конструкції загалом зазвичай визначають декількома методами. Універсального методу контролю не існує. Перед контролем зварні з'єднання повинні бути ретельно очищені від шлаку та

інших забруднень. Для перевірки якості зварного з'єднання застосовуємо візуальний огляд.

Візуальний (зовнішній огляд) є обов'язковим при контролі якості зварювання будь-яким методом. Зварні з'єднання розглядають неозброєним оком або через лупу при хорошому (не б'є в очі) освітленні; вимірюють шви за допомогою інструментів і шаблонів. Цим методом можна визначити виходячі на поверхню пори і тріщини, не заделані кратери, підрізи, нерівномірність ширини і висоти шва, напливи, відхилення розмірів шва від вимог креслення та інші зовнішні дефекти. Виявлені в результаті візуального контролю дефекти слід усунути.

Дефекти зварних з'єднань повинні виправлятися наступним чином [12]:

- кратери зварюють, шви з дефектами, які перевищують допустимі, видаляють на довжину дефектного місця на 15 мм з кожного боку і зварюють заново;
- підрізи основного металу, що перевищують допуск, зачищають і зварюють з подальшою зачисткою, яка забезпечить плавний перехід від наплавленого до основного металу.

Виправлені дефектні місця або їх частини повинні бути перевірені заново.

2.4 Опис запропонованого технологічного процесу

Організація виробництва зварних конструкцій це є комплекс послідовно виконуваних операцій. Виготовлення бокової стінки трьохвісного півприцепа є трудомістким технологічним процесом, який складається із ряду технологічних операцій. Враховуючи те, що конструкція бокової стінки складається із листового металу (обшивки), повздовжньої та проміжних

балок (ребер жорсткості). Тому, для правльної організації виконання техпроцесу, розглянемо кожну операцію в послідовності її реалізації.

При виробництві будь-якого типу зварних конструкцій однією із перших є операція очищення металопрокату від забруднень.

Оскільки всі елементи стінки виготовляються із листового прокату то для його очищення застосовуємо прохідну дробоструминеву лінію (рис. 2.8). Дана лінія укомплектована рольгангом, по якому переміщається листовий прокат в процесі очищення. Очищення в даній автоматизованій лінії здійснюється із двох сторін (знизу і зверху листа). Застосування такого обладнання дозволяє зменшити виробничі площі заготівельного виробництва та підвищити його продуктивність.



Рис. 2.8 – Дробоструминева лінія SK-10 ÇETİNGİL [15]

Після реалізації процесу дробоструминевого очищення заготовки (листовий прокат) поступають на операцію виправлення. Для виправлення листового прокату застосовуємо установку Vendmak BPSM 30/50 (рис. 2.9).

Виправлений листовий прокат поступає порізки у відповідності до розмірів вказаних в технологічних картах. Різання проводять у гільйотинних ножицях на ЧПУ Yangli MS8 8x3200 (рис. 2.10).



Рис. 2.9 – Установка листовирівнявBendmak BPSM 30/50 [15].



Рис. 2.10 – Ножиці гідравлічні Yangli MS8 8x3200 [15]

Із операції різання, заготовки стрічок поступають на лінію виготовлення С-подібного профілю, із якого виготовляються повздовжня та поперечні балки бокової стінки. Це реалізують із застосуванням гідравлічного пресу YANGLI MB-8 160x4300 (рис. 2.11).

Сформовані заготовки бокової стінки поступають на дільницю складально-зварювальних операцій. Дані операції реалізуються у автоматизованій лінії складання та зварювання бічних стін.



Рис. 2.11 – Згинальний гідропрес YANGLI MB-8 160x4300 [15]

Послідовність складання та зварювання стінки здійснюється наступним чином:

- на складальний кондуктор вкладаються листи обшивки;
- проводять їх зварювання між собою за допомогою зварювального порталу;
- проводять контроль швів;
- за допомогою книжкового кантувача перевертають листи на 180° ;
- на зварені листи обшивки вкладають повздовжню балку та фіксують її;
- проводять роботизоване зварювання листів між собою з іншої сторони та балкою;
- на зварену обшивку вкладають із застосуванням складально-зварювального порталу поперечні балки у відповідності до креслень;

- цим же порталом здійснюють притискання балок до обшивки і проводять їх роботизоване зварювання;
- зварену стінку за допомогою кантувача встановлюють на 90° і знімають за допомогою кран-балки;
- проводять контроль якості швів та переміщують зварену стінку на операцію ґрунтування та фарбування.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис зварювальних пристосувань

Для виготовлення бічних стін застосовують комплексне устаткування з концентрацією складально-зварювальних операцій на одному стенді [1]. Тобто установку для складання та автоматичного зварювання бічної стіни (рис. 3.1). В ній здійснюють зварювання, як із внутрішнього, так і із зовнішнього (зворотного) боку стінки. Вона дозволяє одночасно проводити зварювання двох поздовжніх швів, а також автоматичне приварювання поперечних балок бічної стіни одночасно двома швами з обох боків. Установка складається із стенд для складання бічної стіни, стенд-кантувача, підставки, порталів для зварювання поздовжніх швів з внутрішнього і зовнішнього боків та портал для приварювання поперечних балок бічної стінки.

Робота установки полягає в наступному: спочатку складові елементи обшивки бічної стінки розкладаються на стенді (рис. 3.2) для складання з внутрішнього боку стінки, фіксуються і зварюються. Після цього зварена з одного боку обшивка бокової стіни кантувачем обертається на 180° і укладається на підставку стенда. В цьому положенні на зовнішній поверхні бічної стінки встановлюється повздовжня балка і проводиться її зварювання з обшивкою. Наступною операцією є встановлення поперечних балок, після чого проводиться їх зварювання до обшивки стінки. Для зварювання поперечних балок застосовують спеціальний складально-зварювальний портал, який оснащений двома роботизованими зварювальними маніпуляторами та пневматичним притискачами, за допомогою яких здійснюється фіксація поперечних балок у необхідному місці.

Обслуговування даної установки здійснюють три оператора та чотири слюсарі.

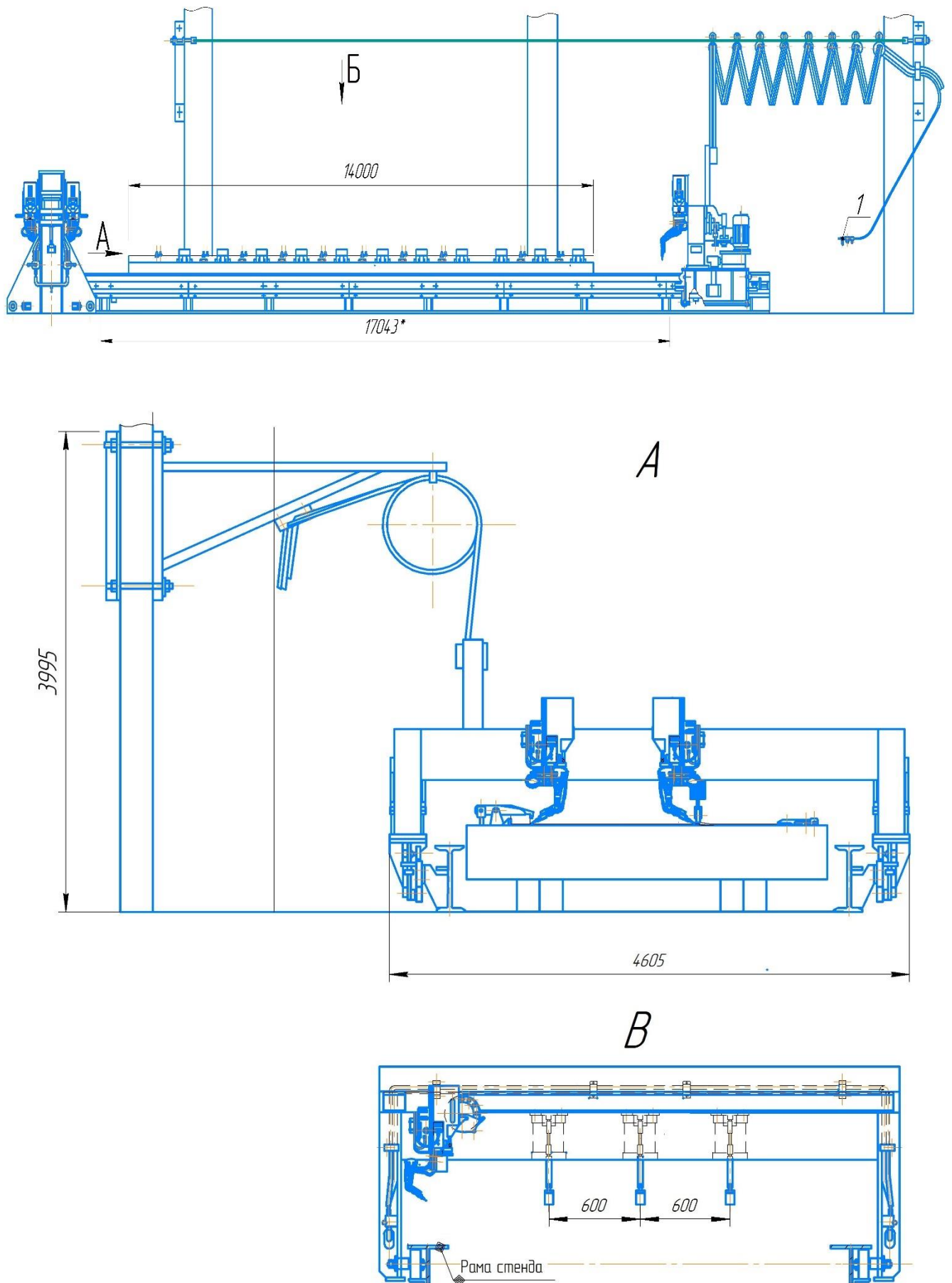


Рис. 3.1 – Установка для зварювання торцевої стінки

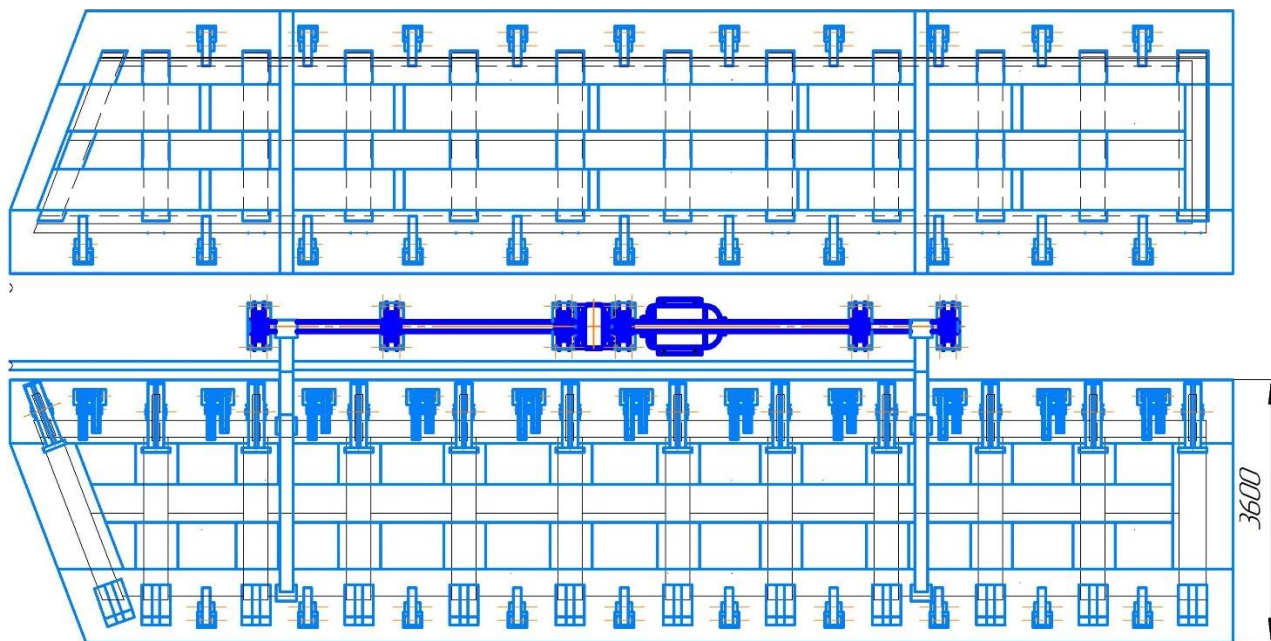


Рис. 3.2 – Складально-зварювальний стенд установки

3.2 Розрахунок елементів порталу для розміщення зварювальних робіт

Пристрої для розміщення та транспортування зварювальних апаратів виконують наступні завдання [16]:

- розміщення зварювальних апаратів у початковій точці шва;
- переміщення апаратів під час зварювального процесу;
- повернення апаратів до стартової позиції після завершення зварювання для заміни звареного виробу на новий;
- підйом і опускання апаратів для налаштування та зварювання виробів різної висоти;
- транспортування нерухомих зварювальних апаратів із заданою швидкістю зварювання;
- переміщення апаратів між швами на одному виробі при зварюванні декількох швів.

Компоненти систем для розміщення та транспортування зварювальних апаратів включають:

- підйомно-поворотні колони;
- візки та напрямні для зварювальних апаратів;
- пристрої для пересування зварювального обладнання;
- платформи для зварювальників.

Враховуючи той факт, що при виготовленні бокової стінки півприцепа застосовується автоматизована установка, яка комплектується складально-зварювальними порталами, тому розглянемо їх більш детально.

Портальні візки призначені для переміщення зварювальних апаратів під час зварювання зовнішніх прямих швів на великогабаритних виробках. Ці візки рухаються по шляхах, розташованих з обох сторін виробу, забезпечуючи високу жорсткість конструкції, особливо при великих габаритах зварюваних об'єктів. Зварювання поздовжніх швів виконується при русі зварювального порталу вздовж напрямних балки.

Залежно від конкретного завдання, на зварювальному порталі може бути встановлено робота або каретку з зварювальною головкою. Фіксація деталей забезпечується за допомогою пневматичних або гідравлічних притисків. Також можливе використання системи автоматичної корекції, яка включає лазерну або механічну систему стеження для підвищення точності зварювання. Переміщення порталу здійснюється через сервоприводи, що дозволяє забезпечити високу точність позиціонування.

У виробництві бокових стінок застосовуються зварювальні портали, обладнані відповідним зварювальним устаткуванням. Ці портали відповідають за переміщення обладнання з визначеною швидкістю зварювання та маршевою швидкістю. Розрахунок елементів механізму переміщення порталу буде виконаний на основі літературних даних, зокрема, згаданих у джерелі [16]. Схема для розрахунку приведена на рису.3.3. Основою для розрахунку служать наступні вихідні дані:

- Тип зварювального устаткування, встановленого на порталі.

- Параметри швидкості зварювання та маршевої швидкості, які портал має підтримувати.
- Вага та габарити зварювального обладнання.
- Робочі умови портала, включаючи довжину шляху переміщення та можливі навантаження.

На основі цих даних можна визначити потреби в міцності, жорсткості та динамічних характеристиках механізму переміщення портала, забезпечити адекватний розрахунок його елементів та вибір матеріалів: На основі проведених розрахунків режимів зварювання та конструкції автоматизованої установки, вихідні дані мають наступні значення: $V_{зв} = 30$ м/год, $G = 10$ кН, $l_1 = 0.5$ м, $l_2 = 2$ м, $l = 4$ м. Розрахунки будемо проводити за літературою [16].

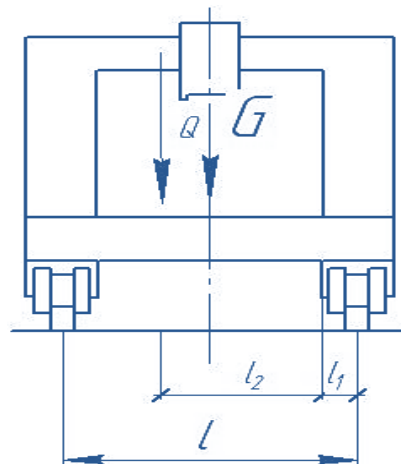


Рис. 3.3 – Розрахункова схема [16]

Реакції на ходових колесах візка портала:

$$Q_1 l_2 = G(l_1 + l_2), Q_1 = \frac{G(l_1 + l_2)}{l_2}, Q_1 = 12,5 \text{ кН}; \quad (3.1)$$

$$Q_2 l_2 = G l_1, Q_2 = \frac{G l_1}{l_2}, Q_2 = 2,5 \text{ кН} \quad (3.2)$$

$$Q_3 l = Q_1(l - l_1), \quad Q_3 = \frac{Q_1(l - l_1)}{l}, \quad Q_3 = 10,9 \text{ кН} \quad (3.3)$$

$$Q_4 l = Q_1 l_1, \quad Q_4 = \frac{Q_1 l_1}{l}, \quad Q_4 = 1,5 \text{ кН.} \quad (3.4)$$

Проводимо розрахунок радіус r_1 коліс переміщення порталу:

$$\sigma_e = 0,167 k_f \sqrt{\frac{PE}{hr_1}} \leq [\sigma] \text{ звідки } r_1 = \left(\frac{0,167 k_f}{[\sigma_e]} \right)^2 \frac{PE}{h}, \quad (3.5)$$

де $k_f = 1,05$; $h = 0,06 \text{ м}$; $E = 2E_1 E_2 / (E_1 + E_2)$, ($E = 2,1 \times 10^6 \text{ МПа}$); $P = Q_{\max}$; $[\sigma_e] = 70 \text{ МПа}$.

$$r_1 = \left(\frac{0,167 \cdot 1,05}{70} \right)^2 \frac{12,5 \cdot 10^{-4} \cdot 2,1 \cdot 10^6}{0,06} = 0,27 \text{ м}$$

Отже, приймаємо $r_1 = 30 \text{ см}$, тоді $D_{\text{кк}} = 2r_1 = 60 \text{ см}$.

Згинальний момент в осі опорного катка, при $a = 35 \text{ см}$:

$$M_{\text{зг1}} = Q_3 a \quad (3.6)$$

$$M_{\text{зг}} = 12,5 \cdot 0,35 = 4,4 \text{ кНм.}$$

Діаметр осі катка

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10 M_{\text{зг}}}{[\sigma]}} \quad (3.7)$$

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 4,4 \cdot 10^3}{70 \cdot 10^6}} = 0,08 \text{ м.}$$

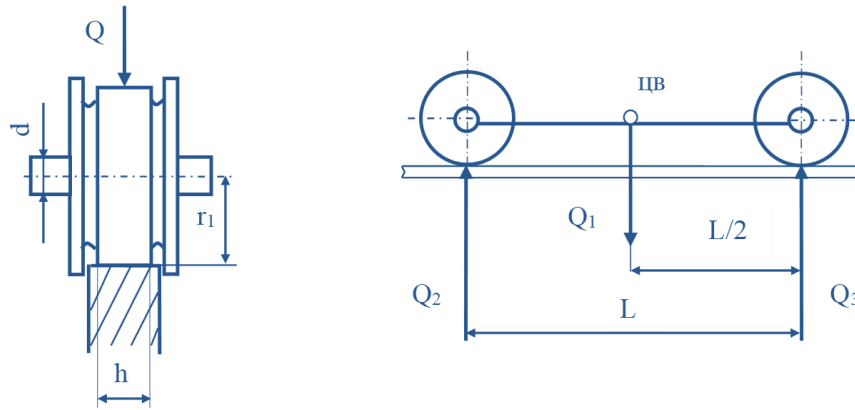


Рис. 3.4 – Схема розподілу сил на колеса однієї рейки [16]

Момент згину на валу, коли $b = 5$ см.

$$M_{зг2} = \frac{Q_3 b}{4} \quad (3.8)$$

$$M_{зг2} = \frac{10,9 \cdot 0,05}{4} = 0,13 \text{ кНм.}$$

Опір переміщення

$$W_T = \sum_1^n Q_1 k_p \frac{f_n d + 2\mu_k}{D_{ок}} + Q_2 k_p \frac{f_n d + 2\mu_k}{D_{ок}} + Q_3 k_p \frac{f_n d + 2\mu_k}{D_{хк}} + Q_4 k_p \frac{f_n d + 2\mu_k}{D_{хк}}, \quad (3.9)$$

де $f_n = 0,1$, $\mu_k = 0,0005$ м; $k_p = 2,5$.

$$W_T = 12,5 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,0005}{0,6} + 2,5 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,0005}{0,6} + 10,9 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,0005}{0,6} + 1,5 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,08 + 2 \cdot 0,0005}{0,6} = 1010$$

Опір пересуванню візка при прискоренні $a = 0,1$ м/с²:

$$W_D = W_T \cdot G \frac{a}{9,81} \quad (3.10)$$

$$W_D = 1,01 \cdot 10 \cdot \frac{0,1}{9,81} = 0,1 \text{ кН.}$$

Крутний момент на валі приводу:

$$M_{кр} = W_D \frac{D_{хк}}{2} \quad (3.11)$$

$$M_{кр} = 0,1 \cdot \frac{0,6}{2} = 0,03 \text{ кНм.}$$

Еквівалентний момент:

$$M_e = \sqrt{M_{зг2}^2 + M_{кр}^2} \quad (3.12)$$

$$M_e = \sqrt{0,13^2 + 0,03^2} = 0,13 \text{ кНм.}$$

Перевіряємо діаметр вала:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 0,13}{70}} = 0,0271 \text{ м.}$$

Для приводу візка визначаємо потужність двигуна ($\eta_0 = \eta_ч \eta_з = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54$)

$$N = \frac{W_D V_M}{\eta_0} \quad (3.13)$$

$$N = \frac{0,1 \cdot 0,008 \cdot 10^2}{0,54} = 1,5 \text{ кВт.}$$

Із врахуванням отриманих результатів, для приводу візка порталу, застосовуємо електродвигун потужністю 2кВт .

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Захист людей в надзвичайних ситуаціях техногенного характеру

Захист людей (населення) у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу – одне з головних завдань цивільної оборони.

Обсяг та характер захисних заходів визначається особливостями окремих районів та промислових об'єктів, ситуацій, яка може скластися в результаті аварії на атомній станції, хімічно небезпечному об'єкті, а також в разі застосування одержаної хімічної або бактеріологічної зброї та звичайних військових засобів ураження [17].

Планується та проводиться у комплексі три основні заходи захисту людей:

- укриття людей в захисних спорудах;
- розселення у заміській зоні робітників та службовців підприємства;
- використання працюючих засобів індивідуального захисту та медичних засобів.

Крім цього організується та проводиться обов'язкове навчання працюючих заходам захисту. Передбачається оповіщення працівників про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний ситуацію.

Проводиться радіаційна, хімічна та біологічна розвідка, встановлюється режим захисту працюючих та службовців, дозиметричний і лабораторний контроль. Плануються профілактичні, протипожежні, протиепідемічні заходи, рятувальні і інші невідкладні роботи в осередках ураження, санітарна обробка, знезараження споруд і техніки, території.

4.2 Проведення рятувальних робіт

Для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт в осередках хімічного ураження використовується формування протирадіаційного і

протихімічного захисту, команди знезараження, та формування охорони громадського порядку.

Особливий склад, який залучається до рятувальних і інших невідкладних робіт, повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту органів дихання та шкіри, індивідуальними протихімічними пакетами [17].

При визначенні хімічного забруднення командир групи розвідки визначає тип отруйних речовин і наказує встановити попереджувальні знаки на забрудненій території і доповідає командирю формування про ситуацію, яка складається. Командир формування приймає рішення про проведення рятувальних і інших невідкладних робіт.

Рятувальні групи та ланки санітарних дружин на вказаній території оглядають виробничі приміщення, захисні споруди, визначають кількість уражених, на них одягають протигази знезаражують краплі отруйних речовин на шкірі та одягу, евакуюють в найближчій загін медичної допомоги. Потім в лікувальні заклади [17].

Після виконання поставленого завдання або після змін формування, групи рятувальників направляються на пункт санітарного оброблення, а потім на відпочинок..

4.3 Забезпечення пожежної безпеки

Забезпечення пожежної безпеки на території України та управління пов'язаними з нею відносинами між державними органами, органами місцевого самоврядування, бізнес-структурами та громадянами відбувається відповідно до положень цього Кодексу, діючих законів, інших нормативно-правових актів [19].

Активності, пов'язані з пожежною безпекою, є обов'язковою частиною робочих процесів усіх керівників та працівників підприємств, установ,

організацій, що вимагає відображення цих зобов'язань у трудових угодах, статутах, політиках та інструкціях.

Відповідальність за дотримання норм пожежної безпеки в компаніях покладається на власників і керівництво. Важливо, що кожен керівник відчуває персональну відповідальність за дотримання цих вимог.

Повноваження в області пожежної безпеки у великих бізнес-структурах, таких як асоціації, корпорації, концерни, встановлюються їхніми внутрішніми документами, наприклад статутами, або угодами між учасниками об'єднань. В таких організаціях для виконання делегованих функцій часто створюються спеціальні служби пожежної безпеки.

За забезпечення пожежної безпеки при проектуванні та забудові населених пунктів, а також під час будівництва будівель несуть відповідальність органи архітектурного планування, замовники, забудовники та проектно-будівельні компанії.

Основні профілактичні заходи включають:

1. Заміну технологій, які мають високий рівень пожежної небезпеки, на безпечніші.
2. Герметизацію трубопроводів для запобігання витокам легкозаймистих речовин.
3. Ізоляцію джерел відкритого вогню, таких як зварювальні апарати, у спеціалізованих приміщеннях.
4. Застосування вогнетривких матеріалів та створення протипожежних бар'єрів, таких як брандмауери.
5. Облаштування спеціальних проходів і проїздів для забезпечення швидкого доступу пожежної техніки.
6. Застосування каліброваних запобіжників у електроустановках для запобігання перевантаження.
7. Обережний вибір і обслуговування систем опалення та вентиляції.

8. Регулярні профілактичні перевірки технічного стану обладнання та споруд.

Для ефективного запобігання пожежам на промислових об'єктах критично важливе дотримання пожежних норм і правил, зокрема в системах електроустановок, опалювальних та вентиляційних систем, а також у санітарно-технічних і газопостачальних системах.

Крім того, для попередження пожеж виконуються організаційні заходи, такі як навчання працівників основам пожежної безпеки, проведення інструктажів, лекцій і бесід. Технічні заходи включають дотримання протипожежних стандартів при проектуванні будівель і споруд, належне упорядкування електричних мереж та обладнання. Експлуатаційні заходи передбачають правильне використання техніки, своєчасне обслуговування та ремонт установок. Режимні заходи включають заборону вогневих робіт у небезпечних зонах та обмеження куріння в недозволених місцях.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі було розроблено технологічний процес виготовлення бокової стінки трьохвісного самоскидного напівпричепа. В даній роботі проведено аналіз існуючих технологій виробництва автомобільних напівпричепів та їх конструкції, визначено основні вимоги до якості та надійності бокових стінок, а також розглянуто матеріали, що використовуються для їх виготовлення.

На основі отриманих даних було розроблено оптимальну послідовність операцій технологічного процесу, яка включає підготовку матеріалів, механічну обробку, зварювання та контроль якості. Важливою частиною роботи стало проектування спеціалізованої роботизованої установки, що дозволяє значно підвищити ефективність виробничого процесу і знизити його вартість.

Для комплектації даної установки було підбрано спеціалізоване зварювальне обладнання та робот-маніпулятор з ЧПУ, яке монтується на зварювальному порталі установки. Такий інженерний підхід дозволяє забезпечити високу якість виготовлення бокових стінок, підвищити надійність готових напівпричепів та зменшити виробничі витрати. Запропоновані технічні та технологічні рішення можуть бути використані для модернізації існуючих виробничих ліній, а також під час створення нових виробничих потужностей.

В роботі також передбачено заходи щодо захисту людей в надзвичайних ситуаціях та заходи із забезпечення пожежної безпеки при реалізації запропонованого технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кривов Г.О Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К.: КВІЦ, 2012. – 896 с.
2. http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=993
3. Палаш В. М. Металознавчі аспекти зварності залізовуглецевих сплавів.: Навчальний посібник. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. - 263 с.
4. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. – К.: Основа, 2021. – 400 с.
5. Спеціальні способи зварювання : підручник / І. В. Кривцун, В. В. Квасницький, С. Ю. Максимов, Г. В. Єрмолаєв, за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Б. Є. Патона. – Миколаїв : НУК, 2017.– 346 с.
6. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник / О.М. Костін – Миколаїв: НУК, 2004. –225 с.
7. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання плавленням» / М.І. Підгурський, Б.П. Татарин, І.Б. Окіпний, В.С. Сенчишин. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 95 с.
8. Биковський, О.Г. Довідник зварника: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
9. Александров О.Г. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення: навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк, Капустян О.Є. – Львів: Новий світ – 2000, 2013. – 224 с.
10. <https://www.fronius.com/uk-ua/ukraine/zvaryvalni-tekhnohiiyi/produkty/>
11. <https://electrotorg.biz.ua/product/6-osevoy-promyshlennyy-robot-manipulyator-chpu-electrotorg>

12. Камель Г. І. Контроль якості зварювання. Т. 1. Неруйнівні методи контролю: навчальний посібник / Г. І. Камель, Ю. А. Гасило, П. С. Івченко, Р. Я. Романюк. — Кам'янське : ДДТУ, 2018. — 241 с.
13. https://metrolog.com.ua/ua/product/shablon_zvaryvalnika_ushs4
14. <https://standart-pribor.com.ua/product/defektoskop-ud4-76-tofd-versiya/>
15. <https://svartech.com.ua/>
16. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.
17. Жидецький В. Ц., Джиги рей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Підручник.- Видавництво 5-те, доповнене. – Л.: Афіша, 2000. -350 с.
18. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. – К.: Основа, 2010. – 240 с.

ДОДАТОК