

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення технологічного процесу зварювання борта
вагона-самоскида моделі 33-7141**

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

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Свічка О. Ю.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Підгурський М.І.</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)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Розроблення технологічного процесу зварювання борта вагона-самоскида моделі 33-7141» присвячена дослідженню та проектуванню сучасного технологічного процесу виготовлення одного з ключових елементів вагонної конструкції. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки обсягом 62 аркуші формату А4 та графічної частини – 5 аркушів формату А1. У пояснювальній записці представлено аналітична, технологічна, конструкторська частини та безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

У кваліфікаційній роботі розглянуто технологію виготовлення та зварювання конструкцій борта вагона-самоскида, з урахуванням сучасних вимог до автоматизації та механізації зварювального виробництва. Основна увага приділена аналізу існуючих методів виготовлення панелей обшивки, впровадженню спеціалізованих складально-зварювальних ліній і застосуванню автоматичних зварювальних установок. З урахуванням небезпечних факторів зварювального виробництва наведено заходи щодо підвищення рівня безпеки та збереження здоров'я працівників. Отримані результати мають прикладний характер і можуть бути впроваджені у виробничих умовах вагонобудівного підприємства..

Ключові слова: ЗВАРЮВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВАГОН-САМОСКИД, АВТОМАТИЗОВАНА ЛІНІЯ, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ РОБОТ, КОНДУКТОР.

ЗМІСТ

ВСТУП 6

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Опис конструкції виробу	8
1.2 Технічні умови на виготовлення конструкції	11
1.3 Характеристика матеріалу конструкції	13
1.4 Аналіз базового технологічного процесу	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17
2.1 Обґрунтування способу зварювання	17
2.3 Вибір методу контролю якості виробу	34
2.4 Опис запропонованого технологічного процесу	37
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	42
3.1 Опис зварювальних пристосувань	42
3.3 Розрахунок притискних елементів кондуктора	50
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	53
4.1 Управління безпекою життєдіяльності в Україні	53
4.2 Шляхи збереження працездатності та підвищення продуктивності праці	55
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59
ДОДАТКИ	61

ВСТУП

Один із ключових напрямів науково-технічного поступу — це активний розвиток зварювальних технологій та відповідної наукової бази. Сьогодні процес зварювання металів посідає провідне місце серед технологічних операцій, що використовуються під час виготовлення конструкцій найрізноманітнішого призначення. Без застосування зварювальних методів неможливо уявити сучасне машинобудування, будівництво, суднобудування чи інші галузі промисловості.

Сучасне зварювальне виробництво є важливим чинником підвищення ефективності промисловості, що супроводжується впровадженням новітніх досягнень науки й техніки, підвищенням ступеня механізації та автоматизації, а також покращенням якості готової продукції. Зварювання розглядається як прогресивний спосіб створення нероз'ємних з'єднань, що широко впроваджується в усі сфери промислової діяльності.

Унаслідок інтенсивного технічного розвитку зварювальне виробництво постійно вдосконалюється, охоплюючи дедалі ширший спектр галузей економіки. Воно базується на високотехнологічному обладнанні та автоматизованих системах. За рівнем автоматизації та обсягом виконуваних робіт зварювальні процеси займають провідні позиції у світовій промисловості.

Основною метою цієї галузі є створення економічно доцільних зварних конструкцій, які повністю відповідають експлуатаційним вимогам щодо міцності, надійності, геометричних форм і фізико-механічних характеристик. Водночас варто зазначити, що сам процес зварювання є складним і багатограним — з огляду на велику кількість способів, які базуються на використанні різних фізичних явищ, таких як електрична дуга, тиск, лазерне випромінювання, ультразвук тощо.

У промисловості сьогодні застосовується понад п'ятдесят різновидів зварювання — вибір яких залежить від матеріалів, умов експлуатації виробів і вимог до швів. Така кількість варіантів технологічних рішень обумовлює велику різноманітність конструкцій і компоновок зварювального обладнання, яке суттєво переважає за варіативністю аналогічне оснащення у сфері металообробки чи ковальсько-пресових процесів.

Динаміка розвитку зварювального виробництва, поява нових методів механізованого зварювання і наплавлення, стимулює безперервне вдосконалення технологій та створення інноваційних технічних засобів, що забезпечують ефективне використання кожного способу в конкретних умовах виробництва.

На сучасному етапі зварювальне виробництво є одним із найперспективніших напрямів інженерної діяльності. В машинобудівній галузі та суміжних сферах активно впроваджуються високопродуктивні й ресурсо-ефективні процеси. Це дозволяє успішно обробляти матеріали з товщиною від кількох мікрометрів до декількох метрів. Досягнутий рівень розвитку технічного оснащення у сфері зварювання створює передумови для подальшого зростання продуктивності, економії матеріальних і енергетичних ресурсів, зниження витрат на виготовлення та підвищення якості зварних виробів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції виробу

Вагон-самоскид призначений для механізованого завантаження, транспортування та автоматизованого вивантаження сипучих і кускових матеріалів. Такі вагони широко застосовуються у відкритих гірничих розробках, на промислових підприємствах, зокрема металургійних заводах, а також у будівництві та інших сферах важкої промисловості.

У кар'єрах, розрізах та на інших відкритих гірничих роботах думпкарі більшого каміння для транспортування розкривних порід (сипких, напівсипких і скальних), марганцевих та апатитових руд, вугілля та інших корисних копалин. Завантаження виготовляється екскаваторами з ківшами об'ємом від 4 до 12 м³, а також багато-черпаковими машинами. Розкривні маси постійно транспортуються у відвали, тоді як корисні копалини направляються на збагачувальні фабрики або склади.

На території промислових підприємств думпкарі експлуатуються для перевезення шлакових залишків, феросплавів, вогнеупорного лому, золи, гравію, щебню та іншої сипкої маси. Окремі вантажі, як-от мартенівські шлакові відходи чи шлакові брили, транспортуються в розігрітому стані при температурі, що сягає 800°C.

Розвантажувач кузова створити його нахилом за допомогою гідроциліндрів. Конструкція дозволяє нахилити кузов у будь-якому боку відносно колії. При цьому задіюється спеціальний кривошипно-шатунний механізм, який відкриває пізній борт, забезпечуючи повне висипання вантажу.

Міцнісні характеристики конструкції вагона-самоскиди повинні відповідати умовам експлуатації, зокрема витримувати падіння кускових матеріалів масою до 3 тон з висотою 3 метри на підстилку з дрібно-фракційних пор завтовшки не менше 300 мм, а також удар гірської глиби

масою 250 кг, що падає з висоти 2 метри на відкриту поверхню кузова. (рис. 1.1). Характеристики представлено в табл. 1.1. [1].



Рис. 1.1 – Вагон-самоскид моделі 33-7141 [2]

Таблиця 1.1. – Характеристика вагона-самоскида моделі 33-7141 [2]

Вантажопідйомність, т, не більш	115
Маса тари, т	50±1,2
Максимальне розрахункове навантаження від колісної пари на рейки, кН (тс)	271,6 (27,7)
Об'єм кузова, м ³	55
Питомий об'єм, (об'єм/ вантажопідйомність), м ³ /т	0,478
Габарит по ДСТУ Б В.2.3-29: - по магістральним коліям - по промисловим коліям	1-Т Т
База вагона, мм	9340±5
Довжина по осям с автосцеплень, мм	15036±15
Висота від рівня головок рейок до осі автосцеплення, мм	1060±20
Погоне навантаження, т/м	11,04
Максимальна висота вагона від рівня головок рейок, мм	3460
Кут нахилу кузова при розвантаженні, градус	не менше 45°

Поздовжній борт є металевою конструкцією з габаритними розмірами в плані 13600×1445 мм.

Конструкція поздовжнього борта включає верхній і нижній пояси, внутрішню панель та зовнішні вертикальні елементи коритоподібної форми, виготовлені методом штампування та рівномірно розташовані по довжині всієї секції.

В основу борту входить внутрішня металева панель (обшивка) завтовшки 8 мм, до якої кріпляться верхня та нижня обв'язки. Верхня обв'язка сформована з двох швелерів типу №20, а також тринадцяти жорстко-фіксованих ребер жорсткості, рівномірно розміщених уздовж у всій довжині для забезпечення конструкційної міцності.

Нижня обв'язка являє собою вузол, змонтований із швелерів того ж типу (№20) та шести опорних кронштейнів. Останні служать елементами кріплення борту до несучої рами кузова, забезпечуючи його фіксацію й стійкість при навантаженні.

Між верхнім та нижнім поясами обв'язки встановлюються шість коробчастих елементів і п'ять стояків, виготовлених із здвоєних кутників розміром 160×100×10 мм. Уздовж усього профілю швелерів верхньої обв'язки приварюється підсилювальна накладка. З метою підвищення жорсткості конструкції борта передбачено приварювання семи ребер жорсткості та двох підкосів. На торцях борта змонтовані спеціальні петлі, які з'єднуються з регульованою тягою механізму відкривання борта.

Для зменшення ударного навантаження під час завантаження вагона до верхньої обв'язки приварюється амортизаційний пояс, виконаний із кутника розміром 125×105×10 мм.

Основне навантаження на поздовжній борт виникає в момент завантаження вагона внаслідок ударів масивних уламків гірської породи. Саме в ці моменти реалізуються максимальні динамічні зусилля, значна частина яких припадає на зварні з'єднання. Ці особливості конструктивної

роботи борта зумовлюють підвищені вимоги до якості та міцності зварних швів у зоні поздовжнього борта вагона-самоскида [2].

1.2 Технічні умови на виготовлення конструкції

Процеси складання та зварювання поздовжнього борта вагона-самоскида мають здійснюватися відповідно до положень нормативного документа «Технічні умови на виготовлення зварних конструкцій залізничних вагонів».

До матеріалів, що використовуються у виготовленні, висуваються такі вимоги:

- марки сталі та класи міцності прокатних виробів повинні відповідати вимогам ДСТУ 7598:2014;
- усі елементи несучої конструкції поздовжнього борта мають виготовлятися з прокату не нижче 12-ї категорії із сталей марок 09Г2 або 09Г2С;
- як зварювальний матеріал використовується зварювальний дріт Св-08Г2С відповідно до вимог ДСТУ ISO 14175:2004 діаметром — 1,4 - 3,0 мм.
- Як захисне середовище — газова суміш, що складається з 88% аргону та 12% вуглекислого газу, відповідно до ДСТУ ISO 14175:2004.

Лакофарбове покриття має відповідати ДСТУ ISO 12944. Усі поверхні, повинні бути ретельно очищені від залишків зварювальних операцій.

Підготовка до фарбування та нанесення покриття дозволяється лише після офіційного затвердження виробу за результатами контролю якості, виконаного відділом технічного контролю (ВТК).

При проєктуванні конструкцій, які складаються зі зварених елементів, важливо уникати різких змін у перерізах, утворення гострих кутів чи інших особливостей форми, здатних викликати концентрацію напружень або

нерівномірність розподілу навантаження. Усі зварні з'єднання повинні виконуватися відповідно до вимог чинних нормативних та технічних документів, що регулюють зварювальне виробництво.

Технічні вимоги до з'єднань у межах даної конструкції визначаються положеннями ДСТУ. При цьому геометричні параметри елементів, які з'єднуються, мають забезпечити:

- а) збирання вузлів без необхідності доопрацювання на місці монтажу;
- б) стабільність зазорів у зонах з'єднання;
- в) дотримання проектних розмірів та відповідність технічним характеристикам швів, з урахуванням можливої деформації, спричиненої зварюванням.

Виявлені дефекти підлягають видаленню або можуть бути інтегровані в основний шов під час наступних проходів зварювання, якщо це допускається технічною документацією.

Зварні шви повинні бути доступними для контролю на всіх етапах виготовлення та подальшої експлуатації відповідно до вимог галузевих стандартів та технічних умов. Обов'язковою є попередня обробка кромки, що забезпечує потрібну глибину проплавлення [6].

Обраний спосіб зварювання повинен забезпечувати досягнення заданих механічних характеристик швів, що відповідають вимогам чинних нормативно-технічних документів.

Методи контролю, які застосовує проєктно-конструкторська організація, повинні відповідати чинним стандартам і бути відображені у відповідній технічній документації. Перед початком виконання зварювальних робіт здійснюється перевірка відповідності використовуваних металів, якість обробки кромки та дотримання основних параметрів зварювального процесу, включно з термічним режимом обробки.

1.3 Характеристика матеріалу конструкції

Виготовлення конструкції здійснюється із низьколегованих сталей марок 09Г2С та 09Г2. Згідно з вимогами до хімічного складу, масова частка фосфору в зазначених сталях не повинна перевищувати 0,035%, сірки — 0,04%, азоту — 0,012%, а миш'яку — 0,15% [5].

Механічні характеристики при розтягуванні, а також результати випробування на згин повинні відповідати нормативним показникам, наведеним у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Властивості матеріалу 09Г2С [6]

σ_B	σ_T	δ_5	ψ	KCU
МПа	МПа	%	%	кДж / м ²
430-490	265-345	21		590-640

Сталь 09Г2С класифікується як низьковуглецева конструкційна сталь середнього рівня міцності. Основною її особливістю є знижений вміст вуглецю при достатньо високих механічних показниках. Такі сталі відзначаються хорошою зварюваністю, стійкістю до корозійного ураження, доступністю за ціною та економічністю у виробництві.

Хімічний склад сталі забезпечує можливість її зварювання без необхідності ускладнення технологічного процесу, одночасно гарантує високу стійкість металу шва до утворення тріщин та запобігає появі низькопластичних гартованих структур, зокрема мартенситу, в зоні термічного впливу.

Нормативні значення хімічного складу низьколегованої сталі 09Г2С наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Хімісклад сталі 09Г2С [6]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Cu	As
до 0.12	0.5 - 0.8	1.3 - 1.7	до 0.3	до 0.035	до 0.03	до 0.3	до 0.12	до 0.008	до 0.3	до 0.08

Якість основного металу має відповідати вимогам, зазначеним у сертифікаті відповідності, що супроводжує кожную партію продукції та надається постачальником металопрокату.

Низьковуглецеві конструкційні сталі характеризуються доброю зварюваністю, проте мають схильність до укрупнення зерен у зоні термічного впливу. Крім того, за умов високої швидкості охолодження у цих сталях можливе утворення гартованих мікроструктур [5].

Оцінка зварюваності сталі може здійснюватися орієнтовно на основі аналізу її хімічного складу. Узагальнений вплив елементного складу на схильність до утворення тріщин встановлюється шляхом розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю (C_e), значення якого визначається за емпіричною формулою.

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (1.1)$$

Вважають, що при:

1. $C_e \leq 0.45$ — добра зварюваність (без спеціальних заходів).
2. $0.45 < C_e \leq 0.60$ — задовільна зварюваність, можливо потрібен попередній підігрів або контрольоване охолодження.
3. $C_e > 0.60$ — погана зварюваність, потрібні спеціальні режими та після-зварювальна обробка.

$$C_e = 0,12 + \frac{1,7}{6} + \frac{0,3 + 0,12}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,52;$$

Значення еквіваленту вуглецю $C_e \approx 0.52$ свідчить про задовільну зварюваність. При товщині металу до 10–12 мм зварювання може здійснюватися без підігріву, але при більших товщинах або за умов підвищеної жорсткості конструкції рекомендується попередній підігрів до 120–150 °C.

Чутливість до утворення гарячих тріщин (HCS) визначається сукупністю чинників, серед яких провідну роль відіграють температура плавлення матеріалу, вміст легуючих елементів, а також швидкість охолодження після термічного впливу, властивого процесу зварювання. Виникнення гарячих тріщин обумовлене зниженою пластичністю металу в зоні кристалізації зварного шва при високих температурах, що унеможливорює ефективну релаксацію напружень у фазі тверднення.

Для достовірного прогнозування й оцінювання ризику утворення гарячих тріщин можна провести розрахунок [5]:

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

$$HCS = \frac{0,12 \left(0,035 + 0,03 + \frac{0,8}{25} + \frac{0,3}{100} \right) \times 10^3}{3 * 1,7 + 0,3 + 0,12} = 2,17$$

Оскільки розрахункове значення індексу чутливості до утворення гарячих тріщин (HCS) становить менше 4, це свідчить про відсутність реальної загрози формування гарячих тріщин у металі зварного шва під час кристалізації. Таким чином, аналіз зварюваності підтверджує, що сталь марки 09Г2С, яка належить до групи конструкційних низьколегованих сталей, може бути віднесена до матеріалів із доброю технологічною зварюваністю.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу

Поздовжній борт включає коробчасті елементи, вертикальні стійки, верхню та нижню обв'язку. Зварювання проводиться в основному напівавтоматичним методом із використанням зварювального дроту Св-08Г2С у захисному середовищі газу (Ar + CO₂). Всі несучі елементи виготовляються із прокату не нижче 12 категорії. Додаткові елементи

жорсткості (ребра, косинки) підвищують загальну жорсткість і стійкість конструкції до деформацій.

Зварювання виконується в нижньому положенні, що забезпечує стабільну якість швів. Попередній підігрів зазвичай не застосовується, однак для товстих елементів (>16 мм) рекомендовано нагрів до $120\text{--}150$ °С. Після зварювання можливе проведення коригування деформацій. Застосовується візуальний, капілярний і ультразвуковий контроль. При виготовленні допускається не більше 15% сумарної довжини дефектних ділянок шва з можливістю не більше двох виправлень на одному місці.

Усі розміри конструкції повинні відповідати кресленням. Важливим є дотримання зазорів і підготовки кромek. Методи контролю передбачають перевірку якості основного металу, зварного шва та зони термічного впливу. Остаточний контроль здійснює ВТК до фарбування.

З метою підвищення ефективності виготовлення конструкції доцільно впровадити наступні оптимізаційні заходи:

1. Автоматизація зварювального процесу з використанням роботизованих комплексів для зменшення впливу людського фактора та покращення повторюваності швів;
2. Оптимізація режимів зварювання шляхом використання програмного керування параметрами струму, напруги та швидкості подачі дроту;
3. Розробка універсальних зварювальних кондукторів для забезпечення точності збирання без необхідності доопрацювання деталей на місці;
4. Інтеграція систем неруйнівного контролю в реальному часі для виявлення дефектів одразу після формування шва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування способу зварювання

Обґрунтування технології зварювання конструкційного елемента — результат комплексного конструктивно-технологічного аналізу виробу, який планується виготовити методом складання зі зварюванням. Такий аналіз проводиться на етапі конструкторської підготовки виробництва і охоплює низку ключових напрямів:

- оцінювання призначення конструкції, умов її експлуатації та функціонального навантаження;

- дослідження зварюваних матеріалів, включаючи їх хімічний склад, механічні властивості та зварюваність;

- аналіз конфігурації та типології зварних з'єднань;

- оцінка можливостей наявного або створюваного виробничого середовища щодо реалізації зварювального процесу.

Основою для проведення аналізу слугують робоча проєктна документація, технічні умови виготовлення та вимоги до якості кінцевого виробу. Результати аналізу формуються у вигляді техніко-інженерних рішень, які стають базою для вибору засобів технологічного оснащення та параметрів зварювальних режимів.

Вибір способу зварювання відбувається поетапно. У першу чергу розглядають традиційні методи, що вже зарекомендували себе при виготовленні аналогічних виробів. Якщо технічне завдання дозволяє, перевага надається способам, які адаптовані до наявних на підприємстві технологічних засобів та не потребують капітальних змін виробничого циклу.

Далі доцільно розширити розгляд на спеціалізовані способи зварювання, які хоч і мають обмежене поширення, проте можуть забезпечити кращу ефективність процесу, вищу якість з'єднання або зниження витрат.

Остаточний вибір повинен забезпечувати оптимальне співвідношення між витратою ресурсів, продуктивністю, рівнем автоматизації та якістю готового шва.

Важливим критерієм при виборі способу зварювання є зварюваність основного матеріалу. Визначення належності металу до певної групи за зварюваністю дозволяє орієнтовно визначити можливі ризики формування дефектів — тріщин, пористості, шлакових включень. Також враховуються товщина виробу та кількість проходів — одно-, дво- або багатопрохідне зварювання.

Крім того, аналізу підлягають положення швів, їх доступність, довжина, тип виробництва (одиничне, серійне, масове) та ресурсна доцільність. Остаточне рішення має забезпечити реалізацію зварного з'єднання з мінімальними затратами за умови відповідності вимогам до міцності, герметичності та надійності.

З урахуванням габаритів елементів напіввагона та умов цехового виробництва, до доцільних методів можна віднести:

- Ручне дугове зварювання електродом з покриттям (РДЗ) — традиційна технологія з високою універсальністю, що забезпечує достатній рівень якості при належному досвіді зварника (рис. 2.1);
- Напівавтоматичне та автоматичне зварювання (MIG/MAG) — продуктивний процес з високим ступенем контролю форми шва та мінімізацією розбризкування (рис. 2.2);

Зокрема, при застосуванні РДЗ використовуються електроди на основі сталевого зварювального дроту з покриттям, яке забезпечує стабільне горіння дуги та захист металу шва від окислення. Покриття електродів містить газо- та шлакоутворювальні речовини, легуючі компоненти та стабілізатори, які поліпшують якість наплавленого металу й зменшують кількість включень.

До ключових параметрів режиму ручного дугового зварювання (РДЗ) належать діаметр зварювального електрода та сила зварювального струму, які визначають тепловий режим дуги, глибину проплавлення та стабільність формування шва.

Технологія виконання зварних з'єднань значною мірою залежить від просторового положення шва (нижнє, горизонтальне, вертикальне, стельове) та типу самого з'єднання (кутове, стикове, таврове, нахлесткове тощо). Відповідно, зварювальник повинен мати практичні навички, що забезпечують якість швів в умовах змінного положення електрода й доступності до зони зварювання.

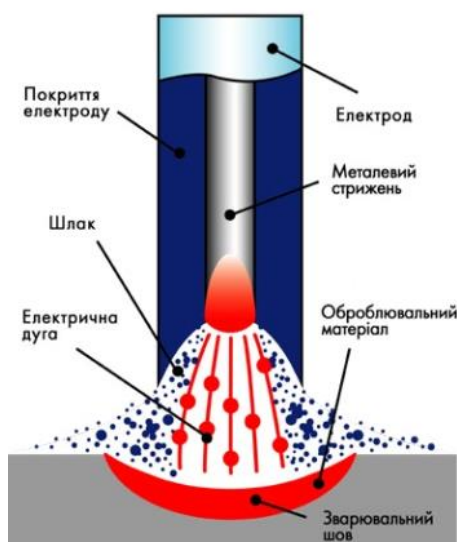


Рис. 2.1 – Схема процесу РДЗ

Переваги даного способу є:

1. Забезпечує механічні властивості шва, співставні або вищі за характеристики основного металу.
2. Універсальність: активно застосовується у машинобудуванні, монтажі сталевих конструкцій, трубопроводів, будівництві, ремонтах.
3. Можливість зварювання у всіх просторових положеннях, включно з важкодоступними ділянками.
4. Економічна доступність устаткування та витратних матеріалів.

5. Мобільність обладнання дозволяє виконання робіт у польових і монтажних умовах.

До недоліків можна віднести:

1. Якість зварного шва істотно залежить від кваліфікації виконавця; помилки можуть спричинити порушення форми шва, непровари або включення шлаку.
2. Невисока продуктивність у порівнянні з автоматизованими методами. Силу струму обмежують через ризик перегріву довгих електродів (350–450 мм), що ускладнює контроль за процесом і впливає на стабільність з'єднання.
3. Підвищені вимоги до умов зберігання електродів — вологопоглинання, механічні пошкодження або старіння покриття негативно впливають на якість шва та можуть спричинити виникнення пористості, тріщин або інших дефектів.

Зварювання (НДЗ) у захисному газовому середовищі є одним із найбільш універсальних і поширених методів у сучасному машинобудуванні, зварювальному виробництві та будівельно-монтажних роботах. Його популярність обумовлена високою продуктивністю, стабільною якістю з'єднань і можливістю автоматизації окремих етапів процесу.

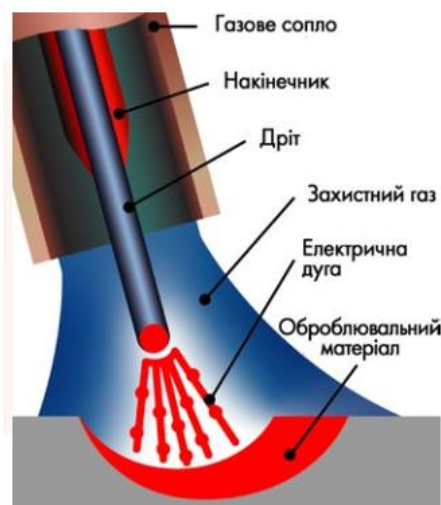


Рис. 2.2 – Схема напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів

Сутність цього способу полягає в захисті зони дугового зварювання від шкідливого впливу атмосферних газів (переважно кисню та азоту), які можуть призвести до окислення та пористості шва. Для цього в зону горіння дуги, що виникає між зварюваним виробом і плавким електродом, подається постійний потік захисного газу через сопло зварювального пальника. Цей газ витісняє повітря з області дуги, утворюючи ізолююче середовище.

У деяких випадках зварювання виконується в герметичних камерах, заповнених інертним газом — переважно аргоном або гелієм, що не вступають у реакцію з розплавленим металом. Інертні гази застосовують для зварювання кольорових та хімічно активних металів (наприклад, алюмінію, титану). Активні гази (CO_2 , водень, азот, а також суміші — $\text{Ar}+\text{CO}_2$, $\text{Ar}+\text{O}_2$, CO_2+O_2 тощо) використовуються при зварюванні вуглецевих і низьколегованих сталей. У цьому випадку захисна атмосфера виконує не тільки ізолюючу, але й металургійну функцію, впливаючи на хімічний склад і структуру шва шляхом окисно-відновних процесів.

На відміну від ручного дугового зварювання, у НДЗ подача зварювального дроту здійснюється автоматизованим способом, а переміщення зварювального пальника залишається під контролем зварника. Як присадковий матеріал використовується зварювальний дріт діаметром від 1 до 2 мм, що подається до зони зварювання через гнучкий канал — рукав.

Процес може здійснюватися у всіх просторових положеннях. Проте у складних положеннях, зокрема у стельовому, робота ускладнюється через більшу вагу пальника у порівнянні з електродотримачем у РДЗ, що вимагає від зварника додаткових навичок.

MIG/MAG зварювання має низку переваг, які зумовили його широке застосування в промисловості:

- 1) підвищена продуктивність: забезпечує зростання продуктивності на 50–100% у порівнянні з ручним дуговим зварюванням (РДЗ);

- 2) універсальність за просторовим положенням шва: можливість виконання з'єднань у будь-якому положенні — нижньому, вертикальному, горизонтальному чи стельовому;
- 3) надійний газовий захист: ефективна ізоляція розплавленого металу від впливу атмосферних газів за рахунок подачі захисного газу;
- 4) низький рівень розбризкування металу: втрати зварювального дроту становлять лише 1–3% (для порівняння, при РДЗ — близько 5%);
- 5) зварювання товстостінних деталей без розроблення кромek, що спрощує підготовчі операції;
- 6) висока щільність теплового впливу: концентроване теплове поле забезпечує вузьку зону термічного впливу (ЗТВ), що зменшує структурні зміни в основному металі;
- 7) придатність до механізації й автоматизації, включно з можливістю застосування напівавтоматів та роботизованих систем.

Попри значні переваги, метод має й певні технологічні та організаційні обмеження:

- 1) необхідність використання додаткового обладнання, зокрема джерел струму з плавним регулюванням, механізмів подачі дроту, балонів, редукторів і шлангових систем;
- 2) висока залежність якості шва від параметрів режиму — навіть незначні відхилення можуть призвести до дефектів;
- 3) чутливість до умов навколишнього середовища: місце зварювання має бути захищене від вітру, який може зірвати захисний газовий потік;
- 4) високі вимоги до транспортування, зберігання та експлуатації балонів із газом, що зумовлює додаткові витрати на логістику та безпеку;
- 5) чистота газу безпосередньо впливає на якість з'єднання — домішки води, кисню чи вуглекислого газу призводять до пористості та окислення;
- 6) відносно висока вартість обладнання у порівнянні з РДЗ, особливо при інтеграції в автоматизовані системи.

Із врахуванням товщини зварюваного металу в межах 3–10 мм та значної протяжності швів (понад 10 м), найбільш доцільним і економічно виправданим є застосування автоматизованого MIG/MAG зварювання. Такий підхід забезпечує високу продуктивність, стабільну якість з'єднань, мінімальні втрати витратних матеріалів і можливість інтеграції в поточні технологічні лінії.

При зварюванні конструкцій з вуглецевих і низьколегованих сталей для захисту розплавленого електродного металу та зварювальної ванни широко застосовується вуглекислий газ (CO_2). Він забезпечує ефективне витіснення повітря з дугової зони, тим самим запобігаючи негативному впливу кисню та азоту на якість шва.

З метою покращення технологічних характеристик процесу все частіше використовують суміші вуглекислого газу з аргоном або киснем. Додавання кисню до складу газової суміші посилює її окислювальний вплив, що дозволяє зменшити вміст легуючих елементів у металі шва — це особливо важливо при зварюванні низьколегованих сталей. Одночасно з цим підвищується плинність металу в зоні зварювання та зменшується інтенсивність розбризкування.

Застосування аргону як додаткового компонента змінює умови горіння дуги, тим самим покращується її стабільність, формується глибший провар і рівномірніший шов. При змішуванні аргону з CO_2 вдається досягти оптимального поєднання газодинамічних і металургійних характеристик середовища.

Однією з найбільш ефективних є газова суміш у співвідношенні 80% Ar і 20% CO_2 . Її застосовують як у напівавтоматичному, так і в автоматичному зварюванні конструкцій із чорних і нержавіючих сталей у широкому діапазоні товщин. Особливо доцільне її використання при роботі з низьколегованими сталями значної товщини, де суміш забезпечує:

- більш стабільне горіння дуги та поліпшену якість провару;

- ефективного видалення шлаку та зменшення розбризкування металу;
- підвищення швидкості зварювання;
- формування швів із гладким профілем;
- зменшення обсягів післязварювальної обробки.

Через те, що аргон є легшим за CO_2 , для досягнення якісного захисту розплаву необхідно дотримуватися певних технологічних умов:

- зварювання бажано виконувати з нахилом пальника вперед («кутом уперед»);
- виліт дроту повинен відповідати діаметру електродного матеріалу;
- слід уникати підсмоктування повітря через негерметичні з'єднання рукавів або дефекти сопел.

Якість захисного газу відіграє ключову роль у формуванні властивостей зварного з'єднання. Надлишковий вміст азоту, водню або водяної пари може призвести до утворення пористості та зниження щільності шва. Хоча CO_2 є менш чутливим до іржі на поверхні, його використання супроводжується втратою легуючих елементів, особливо марганцю, що негативно впливає на механічні характеристики шва.

У сучасному зварювальному виробництві дедалі частіше застосовуються газові суміші на основі аргону, які лише незначно перевищують за вартістю традиційне використання чистого вуглекислого газу, однак демонструють суттєво вищу якість зварних з'єднань. Однією з найбільш розповсюджених є суміш типу К-18, що складається з 82% аргону та 18% CO_2 , яку ефективно використовують для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей, зокрема сталі 09Г2С.

Застосування подібних сумішей дозволяє підвищити стабільність дуги, зменшити розбризкування металу та покращити якість провару без необхідності модифікації зварювального обладнання або технологічних процесів. При цьому створюється оптимальне середовище для формування зварного шва з мінімальними дефектами.

Перспективність використання таких газових сумішей безпосередньо пов'язана з необхідністю організації централізованого постачання газу відповідного складу, що дозволяє досягти економії ресурсів і зниження витрат на післязварювальну обробку.

Зазначимо, що додавання аргону до CO_2 зменшує рівень окислення у зварювальній ванні та дозволяє досягнути більш стабільного струменевого переносу металу, особливо при низьких і середніх значеннях зварювального струму. При концентрації CO_2 , що перевищує 20%, режим струменевого переносу втрачає стабільність, що може негативно позначитися на якості шва.

Для виготовлення елементів зварних конструкцій вантажних вагонів, призначених для експлуатації в умовах помірного клімату, допускається застосування автоматичного MIG/MAG зварювання суміші $\text{Ar} + \text{CO}_2$. Як зварювальний матеріал у таких процесах доцільно використовувати зварювальний дріт марки Св-08Г2С, що характеризується стабільними технологічними властивостями та високою сумісністю з низьколегованими сталями.

Зважаючи на те, що в газовій суміші $\text{Ar} + \text{CO}_2$ відбувається інтенсивне окислення металу зварювальної ванни, у складі зварювального дроту повинні бути присутні розкислювальні елементи, зокрема марганець (Mn). Це сприяє зв'язуванню кисню, запобігаючи утворенню пористості та знижуючи ризик включень, тим самим покращуючи структурну цілісність зварного з'єднання.

В нашому випадку застосовуємо дріт Св-08Г2С діаметром 1,4 мм та 2,0 мм. Зазначені діаметри забезпечують необхідну технологічну міцність, зокрема рівномірність між металом шва та основним металом, що є критично важливим для елементів, які працюють під навантаженням.

Хімічний склад дроту Св-08Г2С, який забезпечує відповідність вимогам до якісного формування шва, наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад дроту Св – 08Г2С [9]

$C, \%$	$Mn, \%$	$Si, \%$	$Cr, \%$	$Ni, \text{не} > \%$	$S, \text{не} > \%$	$P, \text{не} > \%$
0,05 – 0,11	1,8 – 2,1	0,70 – 0,95	0,2	0,25	0,025	0,03

З метою забезпечення експлуатаційної надійності та необхідного рівня механічної міцності зварних швів, що формують конструкцію борта, виконуємо розрахунок технологічних режимів зварювання для кожного типу з'єднання відповідно до рекомендованих методик, наведених у джерелі [11].

У процесі складання каркасу борта здійснюється зварювання балкових елементів із вертикальними стійками, що виконується тавровим з'єднанням (рис.2.3). Такий тип з'єднання забезпечує необхідну жорсткість і стійкість конструкції, оптимально розподіляючи навантаження, що виникають під час експлуатації вагона.



$$S = 8 \text{ мм}; S1 = 10 \text{ мм}; b = 0 + 1,5 \text{ мм}, \quad k = 6,0 \text{ мм}$$

Рис. 2.3 - Конструктивне зображення з'єднання типу Т1

Глибину провару h :

$$h = k - 0,5b \quad (2.1)$$

де k – катет зварного шва, $k = 5 - 6 \text{ мм}$.

$$h = 6 - 0,5 \cdot 2 = 5 \text{ мм}.$$

Діаметр електродного дроту:

$$d_d = \sqrt[4]{h_p} \pm 0.05h_p = \sqrt[4]{5} \pm 0.05 \cdot 5 = 1,65 \pm 0,35 = 2,0 \text{ мм} \quad (2.2)$$

Сила струму:

$$I_{зв} = (140 \times d_d^{1.5} \pm 35) = 140 \times 2,0^{1.5} \pm 35 = 400 \text{ А} \quad (2.3)$$

Напруга зварювання:

$$U_{зв} = 15 + 0,05I_{зв} = 15 + 0,05 \times 400 = 35 \text{ В} \quad (2.4)$$

Швидкість подачі дроту:

$$V_{n.d}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{зв}}{d_d^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{I_{зв}^2}{d_d^3} = 1,9 \frac{400}{2,0^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{400^2}{2,0^3} = 240 \text{ м/год} \quad (2.5)$$

Швидкість зварювання:

$$V_{зв} = \frac{105}{0,7 \cdot h_p} = \frac{105}{0,7 \cdot 5} = 30 \text{ м/год} \quad (2.6)$$

Витрата газу:

$$Q = 0,03I_{зв} + 3,5 = 15,5 \text{ л/хв.} \quad (2.7)$$

Кріплення листів обшивки до несучих елементів каркаса виконується за допомогою з'єднань типу Н1 (рис.2.4).



$$S = 5 \text{ мм}; S1 = 8 \text{ мм}; b = 0 + 1,0 \text{ мм}, \quad K = 5,0 \text{ мм}$$

Рис. 2.3 – З'єднання Н1

Розрахунок проводимо за вище згаданою методикою.

$$h = k - 0,5 \cdot b = 5 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d.д = 1,4 \text{ мм.}$

$$I_{зв} = (140 \times d_{\phi}^{1,5} \pm 35) = 125 \cdot 1,4^{1,5} \pm 35 = 164 \pm 35 = 250 \text{ А;}$$

Приймаємо $I_{зв} = 250 \text{ А.}$

$$U_{зв}^H = 15 + 0,05 I_{зв} = 15 + 0,05 \times 250 = 27,5 \text{ В}$$

$$V_{п.д}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{зв}}{d_{\phi}^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{I_{зв}^2}{d_{\phi}^3} = 1,9 \frac{250}{1,4^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{250^2}{1,4^3} = 300,0 \frac{\text{м}}{\text{год}}$$

$$V_{зв.} = 21 - 0,175h = 21 - 0,175 \cdot 5 = 20,1 \text{ м/год.}$$

$$q_{з.г} = 3,5 + 0,03 \cdot I_{зв} = 3,5 + 0,03 \cdot 250 = 11 \text{ л\хв}$$

Рекомендовані режими зварювання конструкції стінки піввагона, приведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Режимы зварювання

Тип з'єднання	Сила струму $I_{зв}, \text{А}$	Напруга на дузі $U_{д}, \text{В}$	Діаметр дроту $d_{е}, \text{мм}$	Швидкість зварювання $V_{зв}, \text{м/год}$	Швидкість подачі дроту $V_{п.д.}, \text{м/год}$
Т1	400	35	2,0	30,0	240
Н1	250	27,5	1,4	20,1	300

2.2 Вибір зварювального устаткування

На підставі обраного способу зварювання та визначених параметрів режиму формуються вимоги до статичних і динамічних характеристик зварювального обладнання, необхідних для забезпечення стабільності процесу [7].

При виборі джерела зварювального струму беруть до уваги такі основні чинники:

- 1) тип зварювального струму (постійний або змінний);
- 2) форма зовнішньої вольт-амперної характеристики джерела;
- 3) номінальне навантаження за струмом;
- 4) доцільність застосування багатопостових джерел живлення.

Форму зовнішньої характеристики джерела струму підбирають, орієнтуючись на особливості статичної вольт-амперної характеристики електричної дуги або шлакової ванни. При цьому вирішальне значення мають:

- коефіцієнт динамічної стійкості системи "джерело – дуга" або "джерело – ванна";
- здатність підтримувати стабільність дуги при зміні міжелектродного проміжку.

Серед джерел живлення з відповідними характеристиками обирають таке, номінальний зварювальний струм якого відповідає обчисленому значенню, з урахуванням допустимого коефіцієнта тривалості навантаження. Оптимальним вважається варіант з мінімальним перевищенням номінального струму над розрахунковим значенням.

Після техніко-економічного обґрунтування вибору джерела живлення здійснюється підбір зварювального устаткування — автоматів, напіваавтоматів або ручних зварювальних пристроїв. Для цього доцільно використовувати спеціалізовані каталоги та технічну документацію провідних виробників, орієнтуючись на сучасні рішення, які сприяють підвищенню рівня механізації та автоматизації зварювального процесу.

Окрім відповідності заданому зварювальному режиму, обладнання повинно забезпечувати ергономічність у роботі та відповідати вимогам виробничої технології. Тому на відміну від джерел живлення, зварювальні апарати добираються не лише за техніко-економічними показниками, але й за

конструктивними особливостями, що визначають зручність їх експлуатації. При цьому обов'язково враховується інформація з актуальних технічних джерел, каталогів та офіційних сайтів виробників [6].

З урахуванням обраної технології зварювання елементів борта доцільним є застосування автоматизованих або роботизованих зварювальних систем. Це обумовлено необхідністю досягнення високої точності, повторюваності операцій та стабільної якості зварних з'єднань при серійному виробництві.

У зв'язку з цим виникає потреба у ретельному доборі сучасних роботизованих зварювальних комплексів, здатних забезпечити не лише дотримання технологічних параметрів процесу, але й відповідний рівень якості виготовлення зварних швів. Обладнання має відповідати вимогам до габаритів, типу з'єднань, конфігурації поверхонь та можливості інтеграції в загальну виробничу систему.

Підбір роботизованих систем здійснюється з урахуванням типу зварювання, характеристик металу, об'ємів виробництва та вимог до точності позиціонування, що особливо актуально при зварюванні великогабаритних елементів, таких як бортові панелі вагонів.

З урахування об'ємів виробництва та режимів на яких буде реалізовуватись процес зварювання застосовуємо роботизовану зварювальну систему Fronius PushPull (рис. 2.4). Зазначений роботизований комплекс оснащується зварювальним джерелом живлення типу TPS 600i, що належить до високотехнологічних інверторних систем і забезпечує стабільну роботу при виконанні зварювальних операцій з підвищеними вимогами до якості шва. (рис. 2.5, табл. 2.3)

Зазначена система призначена для забезпечення ефективної подачі зварювального дроту на значні відстані, що є актуальним при роботі з великими конструкціями. Її конструкція також оптимізована для роботи з

матеріалами, які характеризуються низькою жорсткістю, зокрема м'якими присадковими дротами.

Система типу Push-Pull оснащується двома механізмами подачі, які працюють у точно скоординованому режимі, що забезпечує високий рівень узгодженості переміщення дроту. Така конфігурація дає змогу досягти високої стабільності дугового процесу навіть при значних довжинах подачі або під час зварювання матеріалами з підвищеною гнучкістю. Надійність синхронізації вузлів подачі є ключовим фактором у зменшенні ризику утворення дефектів та забезпеченні рівномірного розплавлення присадкового матеріалу.



Рис. 2.4 Роботизована система *Fronius PushPull*[13]



Рис. 2.5 Джерело живлення типу *TPS 600i* [13]

Таблиця 2.3 — Технічні характеристики *nTPS 600i* [13]

Напруга мережі	3 x 400V
Частота сети	50-60Hz
Зварювальний струм мінімальний	3 A
Зварювальний струм максимальний	600 A
Зварювальний струм / тривалість включення [10хв/40°C]	600A / 60%
Зварювальний струм / тривалість включення [10хв/40°C]	500A / 100%
Напруга холостого ходу	74 V
Клас захисту	IP23
Габаритні розміри / довжина	706 mm
Габаритні розміри / ширина	300 mm
Габаритні розміри / висота	510 mm
Вага	50 kg

Для забезпечення стабільної подачі зварювального дроту в область формування зварного шва роботизована система оснащується подаючим

пристроєм моделі WF15iR. Основні технічні характеристики даного механізму подачі представлено у таблиці 2.4.

Табл. 2.4 Технічні дані WF15iR [13]

Напруга живлення	24 В пост. струму / 60 В пост. струму
Номінальний струм	0,5 А / 1 А
Зварювальний струм при 10 хв / 40 °C (104 °F)	ПВ 40 %* 650 А ПВ 60 %* 600 А ПВ 100 %* 500 А
Максимальний тиск захисного газу	7 бар / 101,53 фунта/дюйм ²
Швидкість подачі дроту	0,5-15 м/хв / 19,68-590,55 дюйма/хв
Привід подачі дроту	4-роликовий привод
Діаметр дроту	0,8-2,4 мм / 0,03-0,09 дюйма
IP	IP 43
Знак відповідності стандартам	CE, CSA
Розміри (Д x Ш x В)	274 x 252 x 229 мм 10,79 x 9,92 x 9,02 дюйма
Вага	5,8 кг (12,79 фун)

Для виконання зварювальних операцій при виготовленні конструкції борта, необхідно використовувати зварювальні пальники, що поєднують потужність і стабільну роботу. Для цього будемо застосовувати пальники системи ROBO Compact W600, який широко застосовується в таких галузях, як важке машинобудування, виробництво металевих контейнерів, суднобудування. Він оптимально підходить для застосувань, що потребують підвищеної продуктивності, тривалого циклу безперервної роботи та високого рівня надійності. Модель ROBO Compact W600 (рис. 2.6, табл. 2.5) розроблена для роботизованих систем із базовим рівнем автоматизації та вирізняється спрощеною конструкцією змінних елементів і прямим приєднанням шлангового пакету до корпусу пальника. Така архітектура дозволяє оперативно виконувати сервісне обслуговування або заміну всієї пальникової системи.



Рис. 2.6 Зварювальний пальник ROBO Compact W600 [14]

Табл. 2.5 - Технічні характеристики ROBO Compact W600 [14]

Тип охолодження:	рідинний
Номінальний струм:	600 А CO ₂ 550 А Суміш M21
Тривалість включення :	100 %
Діаметр дроту Ø:	0.8–2.0 мм

2.3 Вибір методу контролю якості виробу

Оцінка якості зварних швів відіграє ключову роль у забезпеченні надійності рамних конструкцій, зокрема у вагонобудуванні, де висувуються суворі вимоги до безпеки та довговічності. Контроль проводиться з метою своєчасного виявлення дефектів, встановлення їх характеру, локалізації та розмірів. Метод контролю обирається залежно від критичності елементу конструкції, типу з'єднання та необхідної чутливості до виявлення дефектів. Надані результати використовуються для аналізу причин утворення вад і розробки заходів щодо їх усунення.

До основних методів неруйнівного контролю, що застосовуються для зварних з'єднань рам, належать:

- візуально-оптична інспекція;

- радіографічна (рентгенівська) дефектоскопія;
- магнітна та електромагнітна дефектоскопія;
- ультразвукова дефектоскопія.

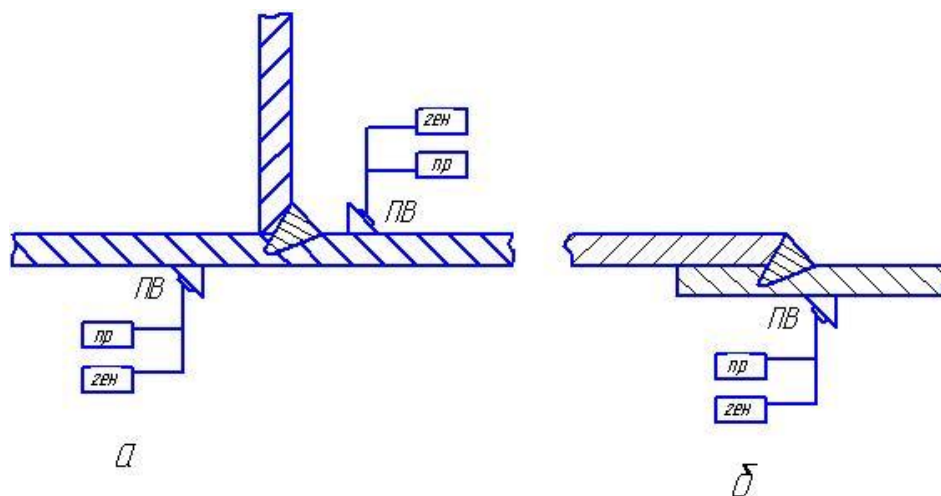
Візуально-оптичний метод контролю. Це найпростіший та найдоступніший спосіб первинного контролю, що полягає в зовнішньому огляді зварних з'єднань із метою виявлення поверхневих дефектів (тріщин, пор, непроварів, напливів тощо) та перевірки геометричних параметрів шва. Метод застосовується як на етапі складання, так і безпосередньо після зварювання. Для підвищення точності огляду використовують спеціалізовані оптичні прилади (лупи, мікроскопи), а також шаблони для контролю розмірів. Цей вид контролю дає змогу виявити дефекти на ранній стадії та зменшити потребу у використанні складніших і дорожчих методів [15].

Радіографічна дефектоскопія. Цей метод ґрунтується на використанні іонізуючого випромінювання (рентгенівського або гамма-променів), яке дозволяє дослідити внутрішню структуру металу. Випромінювання проходить крізь зварне з'єднання та фіксується на спеціальному носії, формуючи зображення, що відображає наявність внутрішніх порушень суцільності металу. Для досягнення просторової точності обстеження застосовуються дві проекції. Метод потребує високого рівня спеціалізації персоналу та дотримання норм радіаційної безпеки [15].

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія. Ці методи ефективні для дослідження поверхневих та підповерхневих дефектів у феромагнітних матеріалах. Особливо доцільні при контролі зварних стиків у тонколистовому металі. Порушення однорідності магнітного поля вказує на наявність тріщин, шлакових включень та інших вад.

Ультразвукова дефектоскопія. Один з найпоширеніших методів контролю, заснований на принципі розповсюдження ультразвукових хвиль у матеріалі. У процесі діагностики використовуються хвилі частотою 0,5–20 МГц. Проникнення хвиль у зону шва дозволяє виявляти неоднорідності: при

наявності дефекту частина енергії відбивається, і сигнали фіксуються чутливим приймачем. Потужні вади формують акустичні тіні, що дає змогу визначити не тільки наявність, а й тип дефекту (рис. 2.7).



а — схема контролю кутових швів; б — схема контролю напусткових швів;

ПВ — перетворювач випромінювання; ПР — приймач; Ген — генератор

Рис. 2.7 — Схеми контролю якості зварних швів [15]

Ультразвуковий метод неруйнівного контролю ґрунтується на здатності ультразвукових хвиль відбиватись від меж розділу середовищ, які мають різні акустичні характеристики. Такий підхід дозволяє виявляти внутрішні дефекти в металі, зокрема тріщини, раковини, шлакові включення, пори, непровари, а також ознаки розшарування в листових заготовках.

Сучасні дефектоскопи можуть працювати в режимах з АРД-діаграмами, які дозволяють не лише зафіксувати факт наявності дефекту, але й визначити його еквівалентні розміри, оцінити розміщення в тривимірному просторі та інтерпретувати характер дефекту з високою точністю.

З огляду на конструктивні особливості зварних з'єднань рам вагонів та технологічні можливості, обґрунтовано обрано два основні методи контролю:

- візуально-оптичний контроль — для попередньої оцінки якості виконання швів;

- ультразвукова дефектоскопія (метод ехо-імпульсу) — для виявлення внутрішніх дефектів.

Контроль проводиться з одного боку шва за допомогою портативного дефектоскопа УД4-76, що забезпечує високу чутливість та зручність використання в польових умовах. Метод дозволяє оцінити якість зварювання стикових, кутових та таврових з'єднань із точним виявленням внутрішніх дефектів на ранній стадії. (рис. 2.8).



Рис. 2.8 — Портативний ультразвуковий дефектоскоп УД4 – 76[16].

2.4 Опис запропонованого технологічного процесу

Технологічний маршрут виготовлення поздовжнього борта охоплює послідовність підготовчих і складально-зварювальних операцій.

Підготовчий етап включає:

010 Виправлення металопрокату. Процес здійснюється на роликовій правильній машині Bendmak BPSM 20/18 (рис. 2.9). Листи металу проходить поміж двома паралельними рядами обертових роликів, де кожна ділянка

листа неодноразово згинається у протилежні боки, що забезпечує усунення початкових кривизни і хвилястості.



Рис. 2.9 – Машина листоправильна BPSM 20/18 [17]

020 Механічне очищення поверхні. Для видалення консервувальних мастил, окалини, корозійних нашарувань, задирок і шлакових утворень застосовують дробоструминну обробку на установці SK-9 ÇETİNGİL (рис. 2.10). Абразивний дріб, прискорений до високих швидкостей, ударяється об метал і ефективно усуває забруднення, підвищуючи якість подальшого зварювання та нанесення захисних покриттів.



Рис. 2.10 – Установка дробоструминева прохідна SK-1 ÇETİNGİL [17]

030 Розкрій заготовок. Листовий матеріал розкрояють гільйотинними ножицями HATS 3212 (рис. 2.11), тоді як профільний прокат

розрізають на відрізному верстаті SPECIAL700DI-АМАСС (рис. 2.12). Вибір обладнання зумовлений геометрією деталей та вимогами до чистоти зрізу.



Рис. 2.11 – Ножиці HATS3212 [17]



Рис. 2.12 – Профільно-відрізний станок SPECIAL700DI-АМАСС [17]

Складально-зварювальні операції виготовлення борта вагона-самоскида включають кілька послідовних стадій, основними з яких є формування каркасної конструкції та закріплення зовнішньої обшивки. Монтаж обшивальних листів виконується зі сторони нижньої площини каркаса і вертикальних стійок, що забезпечує геометричну жорсткість та зручність доступу до зони з'єднання.

Виробничий процес починається з виготовлення верхньої та нижньої обв'язок, що складаються із сталевих профілів, які з'єднуються шляхом зварювання.

040 Виготовлення нижньої обв'язки. Складання нижньої частини борта здійснюється на стенді у такій послідовності:

- I. Укладання пояса в спеціальний стенд.
- II. Встановлення шести кронштейнів і суміщення монтажних отворів.
- III. Фіксація пояса шістьма притискачами.
- IV. Проведення зварювання кронштейнів до пояса.

050 Виготовлення верхньої обв'язки. Монтаж верхньої частини передбачає укладання двох поясів і тринадцяти ребер жорсткості на плиту зі встановленими упорами. Для забезпечення щільного прилягання елементів використовуються фіксатори-притискачі, якими пояси стискаються між собою. Подальше зварювання ребер до поясів також виконується за допомогою роботів.

Після завершення зварювання каркаса здійснюється установлення обшивки, яка монтується із зовнішнього боку до нижньої частини рами та бічних стійок. Листи розташовуються відповідно до заданих конструкторських позицій, після чого їх закріплюють і з'єднують із каркасом.

060 Послідовність складально-зварювальних операцій поздовжнього борта реалізують наступним чином:

- I. Готові верхню й нижню обв'язки за допомогою мостового крана подають у збірно-зварювальний стенд та встановлюють на раніше закріплену обшивку.
- II. Між обв'язками монтують вертикальні стійки.
- III. Притискання обв'язок до обшивки здійснюють струбцинами.
- IV. Фіксацію обв'язок відносно упорів стенда забезпечують гвинтові прижими.
- V. Приварювання обв'язок і стояків до обшивки.

- VI. Між швелерами верхньої обв'язки спочатку приварюють накладку, після чого монтують та зварюють коробчастий елемент.
- VII. Для підвищення жорсткості та міцності конструкції до каркаса приварюються ребра жорсткості й косинки.
- VIII. На торцях борта встановлюють і приварюють шарнірні петлі.
- IX. Кантування для зварювання верхнього пояса.
- X. Для доступу до шва поздовжній борт повертають (кантують) на кут $\approx 45^\circ$, після чого завершують приварювання верхнього пояса та верхньої обв'язки.

070 Контроль якості та відвантаження.

Сформований борт переміщують на пост контролю, де здійснюють неруйнівний огляд згідно з технологічною картою. Після підтвердження відповідності він надходить до складу готової продукції.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис зварювальних пристосувань

У склад спеціалізованої виробничої лінії, призначеної для виготовлення панелей обшивки, входить комплекс обладнання, зокрема: роликові транспортери (рольганги), установки автоматичного дугового зварювання для формування внутрішніх і зовнішніх швів, а також механізми кантовки. Останні забезпечують обертання панелей на 180° після зварювання внутрішніх стиків і на 90° — для їх навішування на підвісний транспортуєчий пристрій перед очищенням у дробеметному двосекційному апараті. Окрім цього, лінія укомплектована системами завантаження/розвантаження та стелажми для проміжного зберігання. Готові панелі обшивки укладаються у спеціальні контейнери, з яких сформовані пакети транспортуються до складально-зварювального відділення, де відбувається остаточне збирання та зварювання бічних стін вагонів.

Для виготовлення бічних стін використовується окрема спеціалізована лінія, побудована на базі багатопозиційної дугової точкової зварки, що складається з п'яти технологічних зон. Процес складання та зварювання розпочинається з розміщення верхнього та нижнього листів обшивки завтовшки 4...5 мм (до 10 мм), які встановлюються у фіксовані упори складально-зварювальних стендів (поз. 2). На поверхню листів викладаються кутові стійки (поз. 6), верхня (поз. 4) та нижня (поз. 5) обв'язки. Їх просторове положення фіксується пневматичними затискачами відповідного стенда (рис. 3.1), після чого виконується точкове прихоплення елементів до обшивки [1].

Далі здійснюється основне зварювання з'єднань типу "внапуск" між листами обшивки, а також між обшивкою та обв'язувальними елементами. Процес виконується в автоматичному режимі на порталній самохідній установці (поз. 7) (рис. 3.2) із трьома зварювальними головками, які

функціонують одночасно (позиція I). Для забезпечення щільного прилягання крайок у зоні шва використовується спеціальний роликовий притискний механізм, який зменшує зазори між листами під час зварювання.

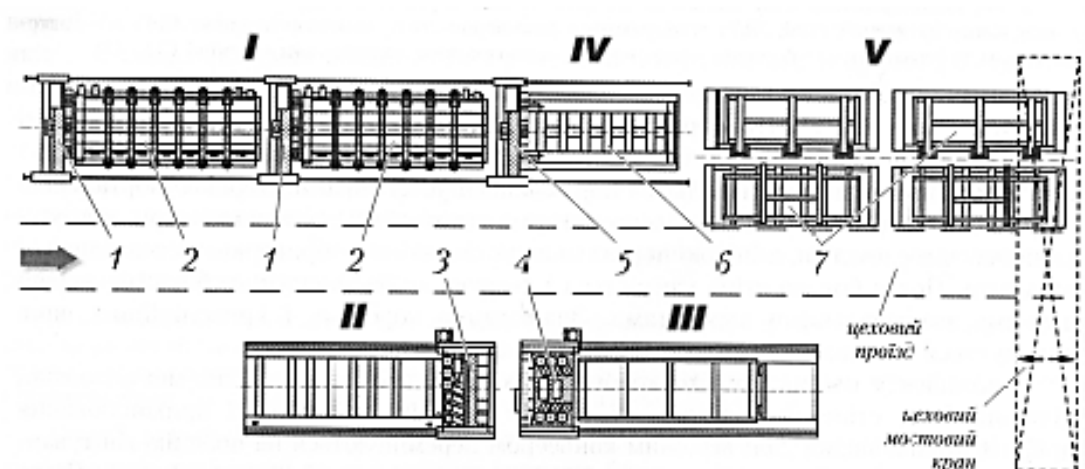


Рис. 3.1. Схема спеціалізованої лінії [1]:

- 1,5 – портальна установка автоматичного зварювання листів обшивки;
- 2,6 – складально – зварювальний стенд; 3 – портальна установка автоматизованого зварювання обшивки зі стояками (поперечними);
- 4 – портальна установка автоматичного зварювання обшивки з обв'язкою (поздовжньою); 7 – кантувач; I...V – позиції робочих операцій

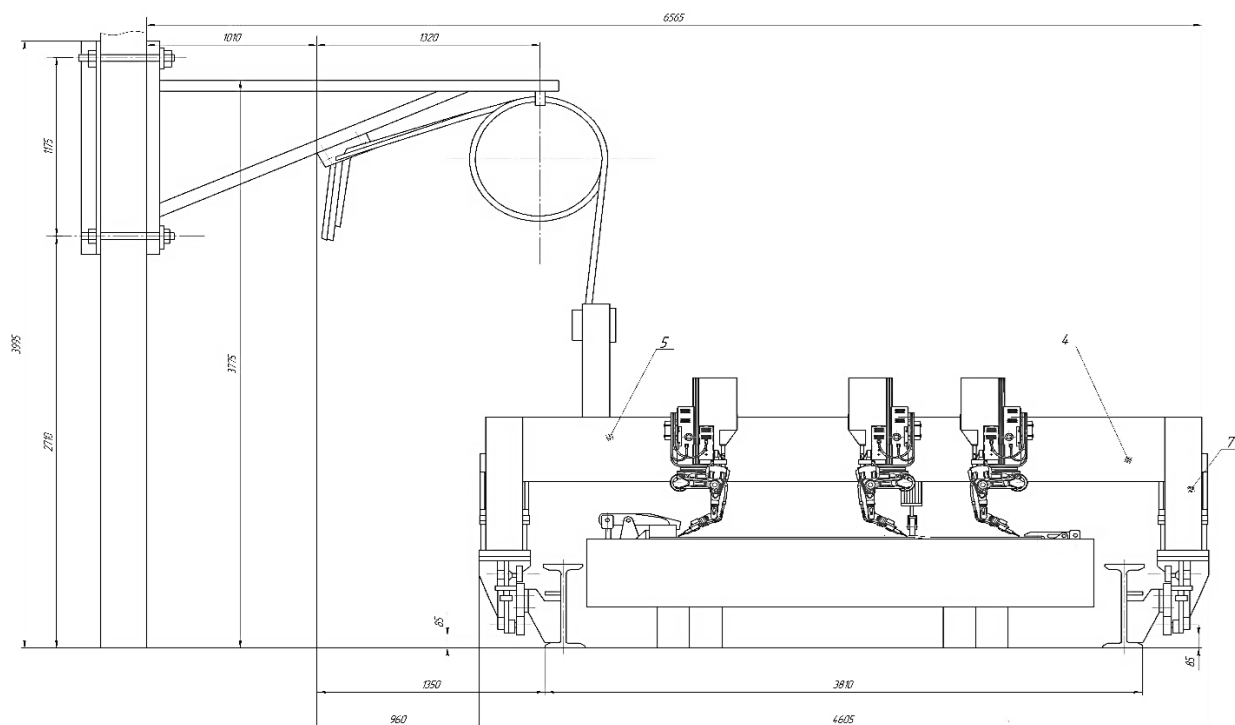


Рис. 3.2. Портальна самохідна установка із трьома зварювальними головками

Після завершення формування поздовжніх швів на поверхню обшивки встановлюються й фіксуються інші вертикальні стійки каркаса бічної стіни, що забезпечують її жорсткість і просторову стійкість.

Після завершення первинного складання бокова стіна транспортується на робочу позицію II, де відбувається приварювання стояків — кутових, шворневих та проміжних. Цю операцію забезпечує портална зварювальна установка 3 (рис. 3.3), яка складається зі стаціонарного станда для фіксації елемента та рухомого порталу, що пересувається рейковими напрямними вздовж усієї довжини станда. На порталі змонтований поперечний візок, обладнаний зварювальними головками та пневматичними притискачами для надійного притиснення стояків до поверхні обшивки. Крім того, портал містить напрямні для переміщення візка в поперечному напрямку та систему точного позиціонування.

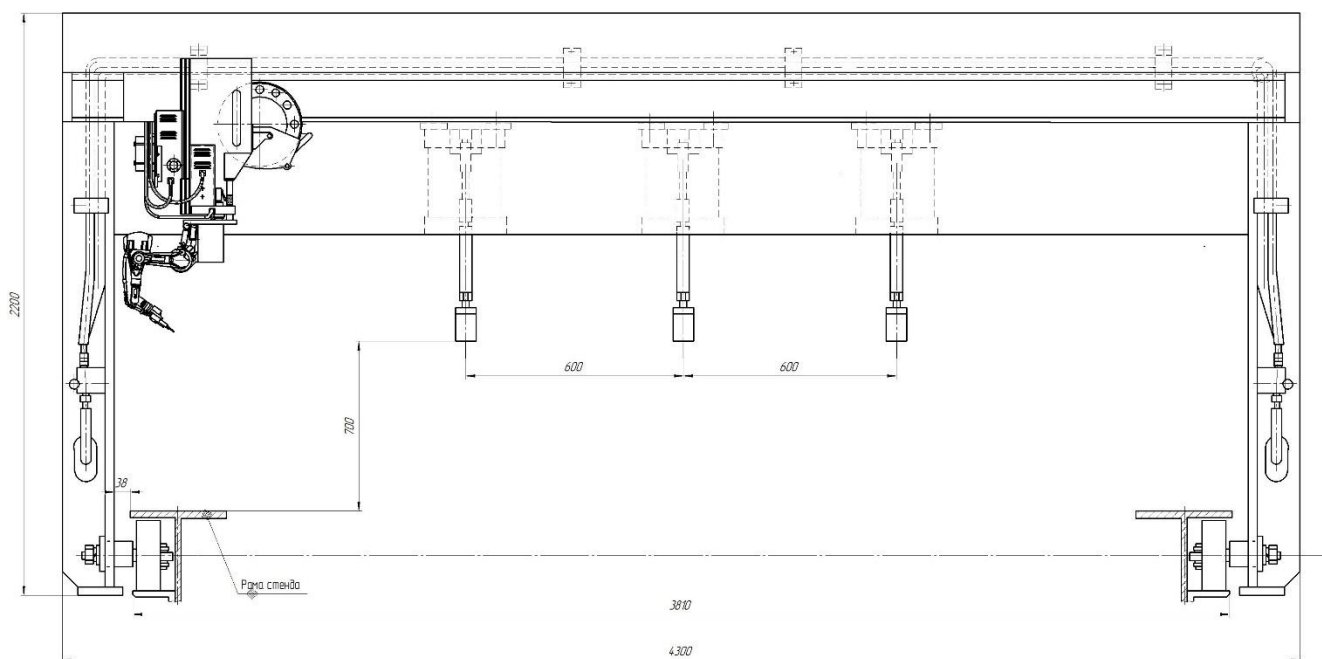


Рис. 3.3. Портальна установка для складання та приварювання стояків до обшивки

Технологічна послідовність зварювання передбачає наведення зварювальних головок у положення, що відповідає лінії точкових з'єднань

кутового стояка. Після фіксації положення portalу, пневмопритискач візка забезпечує щільний контакт стояка з обшивкою. Опускання зварювальних головок активує зварювальний цикл, після завершення якого механізм подачі дроту зупиняється, а пальники та притискачі піднімаються. Далі візок переміщується до наступної ділянки, і цикл повторюється. Таким чином, зварювання виконується поетапно з поступовим пересуванням візка, що забезпечує безперервність технологічного процесу. По завершенню зварювання останнього стояка установка повертається у вихідне положення.

Наступною є робоча позиція III (рис. 3.1), де на установці 4 виконується з'єднання обшивки з верхньою та нижньою обв'язками. Зварювання реалізується за допомогою двох паралельно встановлених груп зварювальних роботів, розміщених на порталі. Перед початком процесу пневматичні затискачі забезпечують щільне прилягання елементів у зоні шва, усуваючи можливі зазори. Технологічна схема операції аналогічна роботі попередньої установки.

Далі сформована конструкція переміщується на робочу позицію IV, де на стенді 6 за допомогою порталної установки 5 виконується автоматизоване дугове зварювання зовнішніх напусткових швів методом MAG. Після цього бокова стіна транспортується до робочої позиції V, де розміщується на кантувачі книжкового типу (позиція 7). Кантувач дозволяє повертати виріб на 180°, забезпечуючи зручний доступ до зварювальних зон під час остаточного складання та приварювання додаткових елементів каркаса.

На цій же позиції проводяться операції технічного контролю зварних з'єднань, після чого готову бічну стіну направляють або на лінію збирання кузовів піввагонів, або в зону зберігання на склад.

3.2 Розрахунок елементів зварювального portalу

З урахуванням того, що в процесі виготовлення використовуються зварювальні порталы, оснащені змонтованим на них зварювальним

обладнанням, виникає необхідність аналізу роботи приводу переміщення такого порталу. Портالي здійснюють рух як у режимі зварювання, так і в маршовому режимі зі змінною швидкістю. У зв'язку з цим доцільно виконати розрахунок силових навантажень на елементи механізму переміщення порталу відповідно до методики, викладеної в джерелі [18].

Схема для розрахунку представлена на рис. 3.4. Як вхідні дані приймаємо такі параметри:

- швидкість зварювання $V_{зв} = 55$ м/год,
- повна маса порталу з устаткуванням $G = 15$ кН,
- відстань від центра мас до передніх опор $l_1 = 0,5$ м,
- відстань від центра мас до задніх опор $l_2 = 1,5$ м,
- база порталу $l = 2,5$ м.

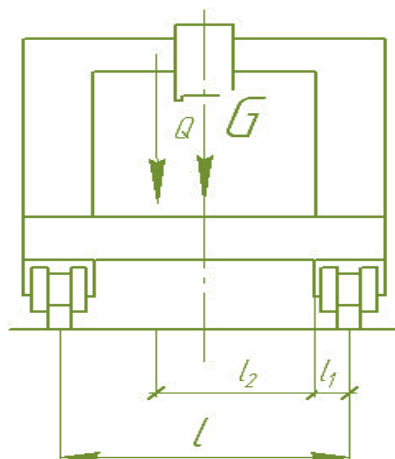


Рис. 3.4 - Зображення геометричної розрахункової моделі порталу [18]

На основі цих параметрів виконуємо визначення реакцій опор, які діють на ходові колеса порталу. Розрахунок проводиться за умовами рівноваги системи з урахуванням розподілу вагового навантаження на опорні точки конструкції.

$$Q_1 l_2 = G(l_1 + l_2), Q_1 = \frac{G(l_1 + l_2)}{l_2}, Q_1 = 20 \text{ кН}; \quad (3.1)$$

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

$$Q_3 l = Q_1 (l - l_1), Q_3 = \frac{Q_1 (l - l_1)}{l}, Q_3 = 16 \text{ Н}; \quad (3.3)$$

$$Q_4 l = Q_1 l_1, Q_4 = \frac{Q_1 l_1}{l}, Q_4 = 4 \text{ Н}. \quad (3.4)$$

Визначаємо радіус r_1 ходових коліс порталу:

$$\sigma_e = 0,167 k_f \sqrt{\frac{P E}{h r_1}} \leq [\sigma] \quad (3.5)$$

$$\text{Звідки } r_1 = \left(\frac{0,167 k_f}{[\sigma_e]} \right)^2 \frac{P E}{h},$$

де $k_f = 1,05$ – коефіцієнт тертя;

$h = 0,06$ м – ширина поверхні контакту ролика з рейкою;

$E = 2 E_1 E_2 / (E_1 + E_2)$ – модуль пружності ($E = 2,1 \times 10^6$ МПа);

$P = Q_{\text{тах}}$ – максимальне навантаження, яке сприймає колесо візка, Н;

$[\sigma_e] = 70$ МПа – допуске напруження в місці контакту колеса.

$$r_1 = \left(\frac{0,167 \cdot 1,05}{70} \right)^2 \frac{20 \cdot 10^{-4} \cdot 2,1 \cdot 10^6}{0,06} = 0,3 \text{ м}$$

Приймаємо $r_1 = 30$ см, тоді $D_{\text{хк}} = 2 r_1 = 60$ см.

Згинальний момент в осі опорного катка, при $a = 35$ см:

$$M_{3r1} = Q_2 a \quad (3.6)$$

$$M_{3r} = 20 \cdot 0,35 = 7 \text{ Нм}.$$

Діаметр осі катка

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

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 7}{70 \cdot 10^6}} = 0.5 \text{ м.}$$

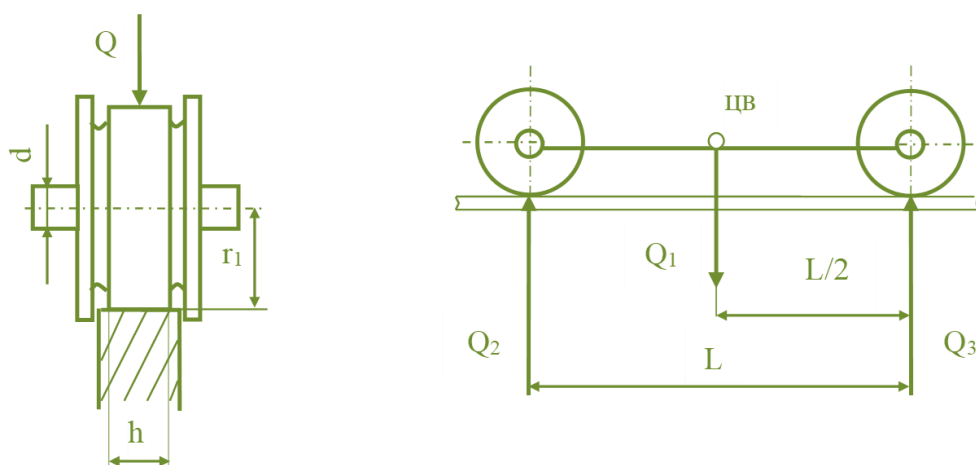


Рис. 3.4 — Схема розподілу сил на колеса однієї рейки [18]

Згинальний момент на валу. При $b = 5$ см.

$$M_{3r2} = \frac{Q_3 b}{4} \quad (3.8)$$

$$M_{3r2} = \frac{16 \cdot 0.05}{4} = 2 \text{ Нм.}$$

Опір від 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 Q_k — навантаження;

$f_n = 0,1$ – коефіцієнт тертя в підшипниках;

$\mu_k = 0,0005$ м – коефіцієнт тертя кочення;

$k_p = 2,5$ – коефіцієнт тертя борта колеса об рейки;

n – кількість коліс та роликів.

$$W_T = 20 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,0005}{0,6} + 5 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,0005}{0,6} + 16 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,0005}{0,6} + 4 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,1 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,0005}{0,6} = 19$$

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

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

$$W_D = 19 \cdot 15 \cdot \frac{0,1}{9,81} = 2,9 \text{ Н.}$$

Крутний момент привідного вала

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

$$M_{kp} = 2,9 \cdot \frac{0,6}{2} = 0,87 \text{ Нм.}$$

Еквівалентний момент :

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

$$M_e = \sqrt{2^2 + 0,87^2} = 2,2 \text{ Нм.}$$

Уточнюємо діаметр вала

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 2.2}{70}} = 0.68 \text{ м.}$$

Потужність двигуна при к. к. д. приводу $\eta_0 = \eta_{\text{ч}} \eta_{\text{з}} = 0.6 \cdot 0.9 = 0.54$

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

$$N = \frac{2.9 \cdot 20}{0.54} = 107 \text{ Вт.}$$

Потужність двигуна приймаємо 110 Вт.

3.3 Розрахунок притискних елементів кондуктора

У процесі складання та зварювання рамних конструкцій із використанням спеціалізованих складально-зварювальних пристроїв широко застосовуються пневматичні затискні механізми та відкидні опори пневматичного типу. Ці елементи забезпечують фіксацію деталей у потрібному положенні, стабілізують геометрію виробу й запобігають зміщенням під дією зварювальних напружень.

Для забезпечення необхідного зусилля притиску, яке гарантує жорсткість фіксації компонентів рами під час зварювального процесу, виконується інженерний розрахунок відповідних силових параметрів пневматичних елементів. Розрахунок проводиться відповідно до методичних рекомендацій, наведених у джерелі [18].

У розрахунку враховуються такі чинники, як геометричні характеристики конструкції, розміщення точок прикладання зусиль, величина реакційних моментів та параметри тиску в пневмосистемі. Це дозволяє визначити оптимальну кількість притискачів, силу стиснення на

кожному з них, а також перевірити допустиме навантаження на вузли пристрою.

Розрахункова схема взаємодії пневматичних опор та притискних елементів з рамою представлена на рис. 3.5.

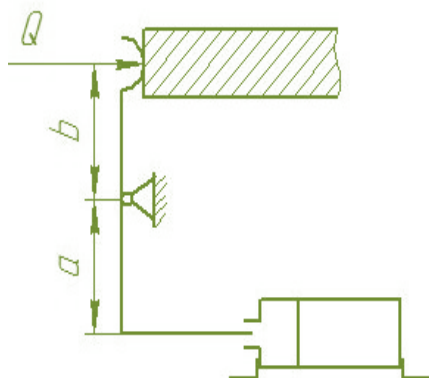


Рис. 3.5 - Схема взаємодії пневматичних опор та притискних елементів

З урахуванням коефіцієнта запасу міцності визначимо зусилля на штоку:

$$Q = Q_{\text{тр}} \cdot K; \quad (3.14)$$

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 1,5,$$

де K_0 — гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 — коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_2 — коефіцієнт, що враховує сталість зусилля затискача.

$$Q_{\text{тр}} = m \cdot g \cdot f = 314 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 628 \text{ Н} \quad (3.15)$$

$$Q = 628 \cdot 1,5 = 942 \text{ Н}.$$

Зусилля на штоку

$$P = \frac{Q}{\frac{1}{b} \left(a - \frac{a+b}{b} \cdot f \cdot r \right)}, \quad (3.16)$$

де a, b — плечі важеля: $a = b = 137 \text{ мм}$;

$f = 0,1$ — коефіцієнт тертя в осях шарнірів;

$r = 10 \text{ мм}$ — радіус осі шарніра.

$$P = \frac{942}{\frac{1}{13,7} (13,7 - \frac{13,7 + 13,7}{13,7} \cdot 0,1 \cdot 1)} = 942 \text{ Н.}$$

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \rho \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 961}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,8}} = 49 \text{ мм}, \quad (3.17)$$

де $\rho = 0,63 \text{ МПа}$ — тиск повітря в системі.

З конструктивних міркувань приймаємо $D = 50 \text{ мм}$.

Вибираємо пневмоциліндр 2111 — 50x200.

Для надійної фіксації зазору між кромками деталей і забезпечення роботи упора розраховують силу, що має розвивати шток пневматичного циліндра. Розрахунок виконується з урахуванням коефіцієнта запасу, який компенсує можливі коливання тиску в системі, втрати на тертя та додаткові динамічні навантаження.

$$Q_{\text{тр}} = m \cdot g \cdot f = 314 \cdot 9,81 \cdot 1,5 = 4710 \text{ Н;}$$

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \rho \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4710}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,95}} = 100 \text{ мм.}$$

Для забезпечення необхідного зусилля притиску при фіксації деталей у складально-зварювальному пристрої приймаємо пневматичний виконавчий елемент з діаметром поршня $D=100 \text{ мм}$. Як базову модель обрано пневмоциліндр типу 2311-100×300, що характеризується надійністю в експлуатації, стандартним ходом 300 мм та можливістю монтажу у горизонтальному або вертикальному положенні.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Управління безпекою життєдіяльності в Україні

Управління — це ключова функція будь-якої організованої системи, спрямована на збереження її структури, підтримку стабільного функціонування, реалізацію визначених цілей і програм діяльності. В контексті безпеки життєдіяльності управління покликане формувати умови, за яких взаємодія людини із середовищем її існування є безпечною або ризики зведено до прийняттого рівня [19].

Система управління безпекою життєдіяльності (СУБЖД) охоплює взаємодію суб'єкта та об'єкта управління, які на основі чинної нормативно-правової бази здійснюють послідовну й цілеспрямовану діяльність, орієнтовану на створення безпечних і здорових умов життя для населення. Основними функціональними складовими СУБЖД є:

- 1) прогнозування загроз і стратегічне планування;
- 2) організаційне забезпечення та координація дій;
- 3) збір, аналіз і оцінка показників безпеки;
- 4) контроль за виконанням нормативів;
- 5) фінансування заходів і стимулювання дотримання безпеки.

В Україні правове регулювання безпеки життєдіяльності закріплене на конституційному рівні. Так, відповідно до статті 3 Конституції України, життя, здоров'я, гідність та безпека особи є найвищою соціальною цінністю. А стаття 16 встановлює обов'язок держави щодо гарантування екологічної безпеки та подолання наслідків Чорнобильської катастрофи.

Виконання цих конституційних норм покладається на центральні та місцеві органи виконавчої влади, повноваження яких чітко визначено законами України. Національне законодавство передбачає державні

програми профілактики небезпек та розвиток інституцій громадянського суспільства в сфері БЖД.

Координацію заходів з безпеки життєдіяльності здійснює Кабінет Міністрів України, який забезпечує:

- 1) загальне керівництво Єдиною державною системою цивільного захисту (ЄДСЦЗ);
- 2) управління системою цивільної оборони;
- 3) формування та реалізацію політики у сфері охорони здоров'я та навколишнього середовища;
- 4) призначення Державного санітарного лікаря України.

Безпосереднє виконання функцій державного управління покладено на Державну службу з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Цей орган відповідає за реалізацію державної політики у сферах цивільного захисту, техногенної і пожежної безпеки, ліквідації надзвичайних ситуацій, функціонування аварійно-рятувальних служб та здійснення гідрометеорологічної діяльності.

З 1 липня 2013 року набрав чинності Кодекс цивільного захисту України, який став системоутворюючим документом у сфері БЖД. Він регламентує:

- 1) організацію захисту населення та територій;
- 2) функціонування ЄДСЦЗ;
- 3) права й обов'язки громадян, організацій та органів влади;
- 4) класифікацію надзвичайних ситуацій;
- 5) порядок фінансування заходів цивільного захисту;
- 6) механізми надання допомоги постраждалим.

Кодекс замінив собою низку попередніх законів, зокрема: «Про Цивільну оборону України», «Про пожежну безпеку», «Про війська Цивільної оборони», «Про захист населення і територій від НС», «Про аварійно-рятувальні служби».

Цивільний захист визначено як функцію держави і пріоритетну сферу відповідальності не лише державних органів, а й керівників підприємств,

установ, організацій, незалежно від форми власності. Всі суб'єкти господарювання повинні:

- розробляти інструкції з дій персоналу при виникненні НС (при штаті до 50 осіб);
- створювати плани реагування на надзвичайні ситуації (при більшій кількості працівників);
- забезпечувати аварійно-рятувальне обслуговування, якщо їх діяльність пов'язана з ризиком НС.

Органи державного нагляду з питань техногенної та пожежної безпеки мають право:

- видавати приписи, постанови, розпорядження;
- зупиняти діяльність об'єктів у разі загрози безпеці;
- застосовувати адміністративні санкції за порушення вимог законодавства.

Періодичність перевірок залежить від рівня ризику:

- високий ризик — щороку;
- середній ризик — раз на три роки;
- незначний ризик — раз на п'ять років.

Розподіл за ступенем ризику здійснюється щороку територіальними підрозділами Державної інспекції цивільного захисту та техногенної безпеки.

4.2 Шляхи збереження працездатності та підвищення продуктивності праці

Одним із ключових напрямів підвищення ефективності праці в зварювальному виробництві є забезпечення стабільної працездатності персоналу та створення безпечних і комфортних умов праці. Значну роль у цьому відіграє використання спеціального допоміжного обладнання, призначеного для фіксації та позиціювання зварюваних виробів. До таких

засобів належать: зварювальні кондуктори, кантувачі, маніпулятори, струбцини та пневмозатискачі.

Раціоналізація, механізація та автоматизація виробничих процесів є визначальними чинниками для зменшення фізичного навантаження на зварника, підвищення продуктивності та забезпечення високої якості виконуваних робіт. Важливими є також заходи з охорони праці, зокрема:

- захист органів зору від дії променевої енергії, що генерується електричною дугою;
- захист шкірного покриву шляхом використання спеціального робочого одягу;
- видалення зварювальних аерозолів і газів за допомогою вентиляційних систем;
- профілактика електротравм, шляхом дотримання технічних вимог до електрообладнання.

Електрична дуга під час зварювання є джерелом інтенсивного ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання. Ці промені здатні спричиняти термічні ураження шкіри та пошкодження сітківки ока. Особливо це характерно для процесів ручного дугового зварювання та зварювання у середовищі вуглекислого газу. З метою захисту застосовуються спеціальні зварювальні щитки або маски, оснащені світлофільтрами, які відсікають шкідливе випромінювання.

У випадках механічного забруднення очей (наприклад, під час очищення шлаку або флюсу) зварник повинен користуватися захисними окулярами з прозорим склом. При легких опіках рекомендується застосовувати холодні компреси, промивання слабким содовим розчином або очні краплі, що містять цинк. У разі серйозних уражень необхідна медична допомога.

Унаслідок високотемпературного впливу зварювальної дуги відбувається інтенсивне випаровування металів, які у поєднанні з киснем утворюють аерозолі у вигляді окислів. Найбільш токсичними є сполуки

цинку, свинцю, кадмію, міді, а також продукти зварювання латуні, бронзи та мідних сплавів. Додатково, при використанні деяких флюсів утворюються леткі оксиди марганцю, а також хлористі та фтористі сполуки водню.

При зварюванні в середовищі CO_2 утворюється чадний газ — токсична речовина, яка за відсутності належної вентиляції накопичується в робочій зоні, особливо в замкнутих просторах, витісняючи кисень і ускладнюючи дихання.

З метою підтримання безпечної атмосфери на робочому місці застосовують такі системи вентиляції:

- загальнообмінна приточно-витяжна вентиляція (для цехів і майстерень), із функцією підігріву повітря в зимовий період;
- місцева витяжна вентиляція, яка безпосередньо видаляє шкідливі аерозолі в місці їх утворення.

У разі виконання робіт у замкнутих просторах зварники мають використовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання — апарати типу ШР-1, ША-40, ДПА-4 або шоломи з подачею свіжого повітря через шлангові системи.

У випадку отруєння парами або газами постраждалого слід негайно вивести на свіже повітря, звільнити від стискуючого одягу, забезпечити спокій і викликати медичну допомогу. При зупинці дихання необхідно негайно розпочати проведення штучної вентиляції легень.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено ефективний технологічний процес зварювання поздовжнього борта вагона-самоскида моделі 33-7141, що враховує вимоги до якості зварних з'єднань, продуктивності та безпеки праці.

Встановлено, що ефективне виготовлення бортів вагона-самоскида можливе за умов комплексної автоматизації технологічного процесу та впровадження сучасних зварювальних систем. Впровадження складально-зварювальних ліній із використанням порталних установок та пневматичних пристроїв значно покращує продуктивність, точність і якість виконуваних робіт. Застосування такого роду прийнятих у роботі рішень сприяє підвищенню якості зварних швів, зменшенню виробничого браку та покращенню умов праці.

Також обґрунтовано заходи щодо мінімізації впливу шкідливих факторів зварювання, що дозволяє підвищити безпечність праці персоналу.

Запропоновані технічні рішення дозволяють покращити технологічність виробництва, знизити ризики виникнення дефектів і забезпечити стабільно-високий рівень якості виготовленої продукції. Результати роботи можуть бути використані при проєктуванні виробничих дільниць та модернізації технологічних ліній зварювання елементів вагонів.

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. <https://kvsz.com/index.php/ua/>
3. ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм.
4. ДСТУ ISO 14175:2004 Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання.
5. Палаш В. М. Металознавчі аспекти зварності залізобетонних сплавів.: Навчальний посібник. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. - 263 с.
6. http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=993
7. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. – К.: Основа, 2021. – 400 с.
8. 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.
9. Биковський, О.Г. Довідник зварника: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
10. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник / О.М. Костін – Миколаїв: НУК, 2004. –225 с.
11. 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.

12. Александров О.Г. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення [Текст]: навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк, Капустян О.Є. – Львів: Новий світ – 2013. – 224 с.
13. <https://hydrolider.com.ua/ua/p1423084317-robotizirovannye-svarochnye-sistemy.html?srsId=AfmBOoo8iVZbR - URt4gVZyZwcHgq6L3GTkO6yIplD6ZBWP7GqhXc43B>
14. <https://www.binzel-abicor.com/UA/ukr/products/robotic-systems/robo-brenner/mig-mag-welding-torch-system-robo-compact-w600/>
15. 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
16. <https://standart-pribor.com.ua>
17. <https://svartech.com.ua/>
18. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 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