

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній рівень)

на тему: Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення вузлів рами напіввагона моделі 12-753 та дослідження структурно-фазових перетворень і механічних властивостей зварних швів

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МПм

Спеціальності “Прикладна механіка” 131

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Федун Ю.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Лазарюк В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ткаченко І. Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Шанайда В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТ
доц., кт.н. Окіпний І.Б.

«___» _____ 2024__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 “Прикладна механіка”
(і назва спеціальності)

студенту Федуна Юрія Всеволодовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення вузлів рами напіввагона моделі 12-753 та дослідження структурно-фазових перетворень і механічних властивостей зварних швів

Керівник проекту (роботи) Лазарюк В.В., к.т.н, доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «14» листопада 2024 року № 4/7-1096

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 26 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення виробу; технічні умови на виготовлення; базовий технологічний процес виготовлення виробу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Аналітична частина. Технологічна частина. Науково-дослідна частина.
Конструкторська частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.
Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1) Схема технологічного процесу – 1-А1; 2) Кантувач для зварювання хребтової балки – 1-А1;
3) Стенд для складання рами піввагона - 1- А1; 4) Кантувач для зварювання рами піввагона – 1-
А1; 5) дослідження газової суміші CO₂+O₂ 6) дослідження структурно-фазових перетворень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Ткаченко І. Г., доц. каф. МТ</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Клепчик В.М., проректор з адміністративно-господарської роботи та будівництва</i>		

7. Дата видачі завдання «_3_» _жовтня_ 2024_р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Федун Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Лазарюк В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра, на тему: «Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення вузлів рами напіввагона моделі 12-753 та дослідження структурно-фазових перетворень і механічних властивостей зварних швів» складається із 5 частин розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 64 - аркуша формату А4 та графічної частини об'ємом 8 аркушів формату А1. Записка складається із таких частин: аналітичний, технологічний, науково-дослідний, конструкторський, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Для висвітлення питань, які розглядаються в даному дипломному проекті, розрахунково-пояснювальна записка містить 18 рисунків, 11 таблиць та додатки. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 25 літературних джерел.

В роботі обґрунтовано параметри вдосконаленого технологічного процесу зварювання вузлів рами вагона моделі 12-753 та запропоновано спеціалізоване складально-зварювальне обладнання та зварювальне устаткування, що дозволяють підвищити продуктивність виробництва та підвищити якість конструкції. У роботі проведено дослідження впливу складу захисної газової суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ на формування зварного шва та структурно-фазові перетворення на ділянці перегрівання зони термічного впливу зварного з'єднання.

Проведено розрахунок елементів складально-зварювальних пристосувань. Передбачено заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці при реалізації запропонованого технологічного процесу.

Ключові слова: АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ, РЕЖИМИ ЗВАРЮВАННЯ, КОРОЗІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Характеристика виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні вимоги на виготовлення зварних конструкцій.....	11
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу.....	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1 Обґрунтування способу зварювання.....	14
2.2 Вибір зварювального устаткування	21
2.3 Вибір методу контролю якості виробу.....	27
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	30
3.1 Зварювання в суміші вуглекислого газу з киснем.....	30
3.2 Вплив складу газової суміші вуглекислого газу з киснем на вигорання вуглецю при дуговому зварюванні.....	36
3.3 Дослідження структурно-фазових перетворень та механічних властивостей зварних швів рами піввагона.....	43
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	48
4.1 Вибір зварювальних пристосувань	48
4.2 Розрахунок зварювального кільцевого кантувача	52
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	56
5.1 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	56
5.1.1 Аналіз та усунення потенційних небезпек та шкідливості технологічного процесу	56
5.1.2 Небезпека термічного опіку	56
5.1.3 Аналіз та заходи щодо запобігання надзвичайним ситуаціям.....	57

	6
5.2 Охорона праці.....	57
5.2.1 Загальна характеристика проектного об'єкта з погляду безпечних умов праці	57
5.2.2 Об'ємно-планувальне рішення будівлі проектного ділянки.....	58
5.2.3 Виробнича санітарія.....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	62
ДОДАТКИ.....	65

ВСТУП

Зварювання залишається базовим технологічним процесом під час виготовлення залізничного транспорту. З одного боку відомостей про характер руйнування металоконструкцій на транспорті є достатньо, з іншого боку більша частина рухомого парку виготовлена за старими технологіями у середині двадцятого століття з використанням ручної праці. Аналіз руйнувань залізничних вагонів під час аварій може виявити причини руйнування самої конструкції і це часто помилки технологічного процесу як підготовки металу до зварювання та проведення заходів щодо мінімізації термодеоформаційного впливу зварювального нагрівання.

У сучасних ринкових реаліях існує значна потреба у впровадженні інновацій у зварювальне виробництво, зростанні механізації операцій, ведення зварювання автоматичними установками, покращення відтворюваності технологій та гарантування високого рівня міцнісних властивостей у кожному виробі, підвищення загального рівня якості. Для реалізації даних задач необхідно використовувати нове зварювальне обладнання, яке не лише має базові функції механізації зварювання, як подача зварювального дроту, запалювання та стабілізації електричної дуги, подача захисного газу, але і дозволяють зменшити витрати матеріалів та електроенергії. Гонитва за продуктивністю у зварювальному виробництві привела до неефективного використання матеріалоресурсів. Сучасні технології є значно ефективнішими та дозволяють знизити собівартість виробу.

У ході виготовлення металоконструкцій на даний час найбільш проблемним є зменшення ручної праці на допоміжних операціях, які складають до третини усієї трудомісткості зварювальної технології. Для досягнення ефекту не достатньо лише замінювати ручну працю на механізми, але і потрібно зменшувати транспортування великогабаритних конструкцій у ході їх виготовлення, об'єднуючи операції підготовки заготовок, складання та зварювання на одному робочому стенді з ективним викристанням трудових ресурсів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика виробу

Піввагон – це колісні транспортні засоби, які призначені для переміщення сипучих та штучних вантажів на відкритому повітрі без даху. За виконанням такі піввагони мають 4, 6 або 8 осей, можуть мати функцію розвантажування через люки.

Конструкція піввагона включає зварну раму, бічні та торцеві стінки, а також ходову частину.

Більш детально розглянемо конструкцію універсального чотиривісного піввагона моделі 12-753 (Рисунок 1.1)

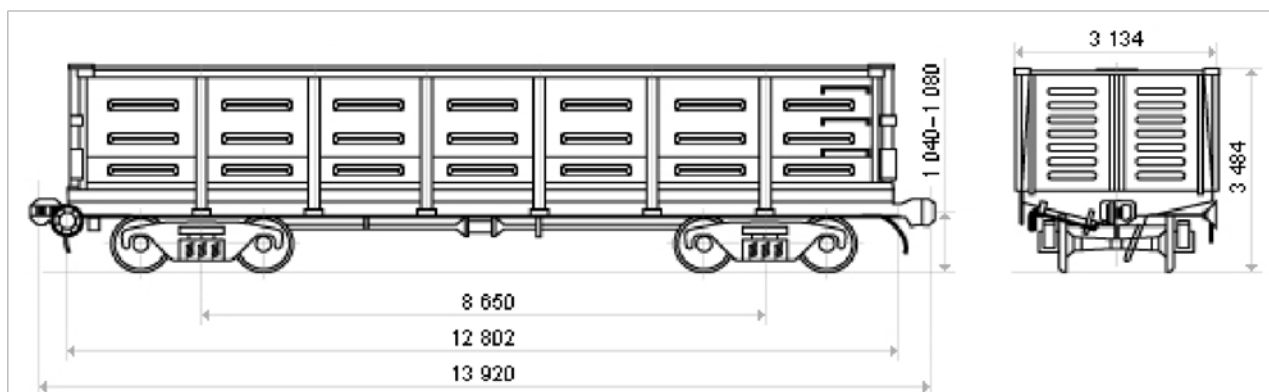


Рисунок 1.1 – Універсальний чотиривісний піввагон моделі 12 – 753

Рама піввагона 12-753 складається (рис. 1.2) із хребтової 7, кінцевих 2, шкворневих 5 та поперечних 11 балок. Основа конструкції це хребтова балка. Вона має у складі два Z-подібних профіля 8 номер 31, які закриті двутавром 10 номер 19 із петлями. Консолі цієї балки мають упори автозацепів. На низу балки закріплені планки підтримання 14 з накладками 13, а також кронштейн гальмівного циліндра 12. Хребтова балка є основним елементом передачі навантаження від кузова на рейки. Хребтові балки не ремонтуються, при перевищенні прогину більше 200 мм по горизонталі вагони виводять з експлуатації раніше нормативного терміну 40 років.

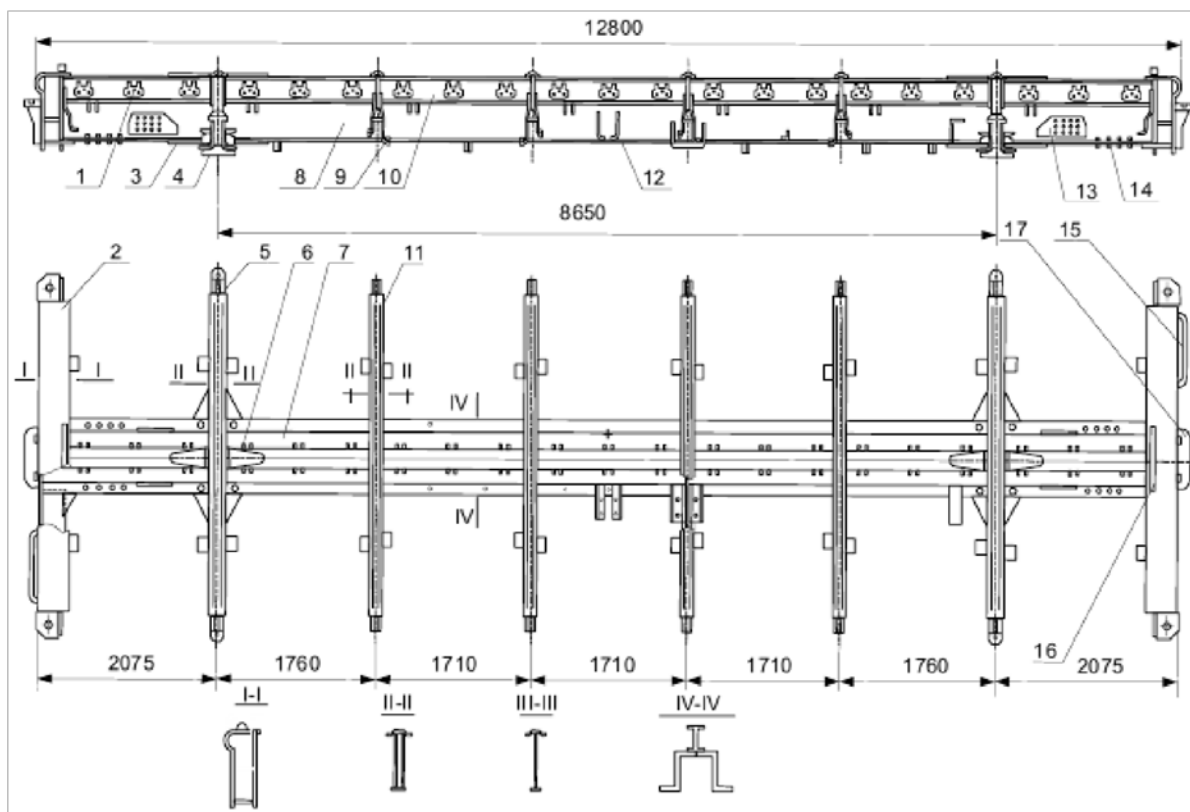


Рисунок 1.2 – Рама універсального піввагона моделі 12 – 753

Кінцева балка 2 складається з Г-подібного елемента, нижнього горизонтального листа, опорної для кутової стійки планки і вкороченого вертикального листа. Шворнева балка 5 замкнутого коробчастого перетину. Балка зварена з двох вертикальних листів товщиною 8 мм, верхнього з опуклим гофрами (10 мм) і нижнього гладкого (12 мм) листа. Місце перетину шворневої і хребтової балок посилено надп'ятковою коробкою і накладками 6. У цій зоні до нижнього горизонтального листа шворневої балки приклепаний п'ятник 4, а на відстані 762 мм від повздовжньої осі вагона - ковзуни.

Поперечні балки 11 зварні двотаврового перетину. Вони складаються з вертикального листа товщиною 7 мм, верхнього гофрованого (8 мм) і нижнього гладкого (12 мм).

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення балок піввагону застосовується конструкційна якісна вуглецева сталь 09Г2С, її склад та властивості у таблицях 1.1-1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 09Г2С, у % [4]

Марка сталі	Вміст елементів, %								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
	не більше								
09Г2С	00,12	1,3-1,7	0,5-0,8	0,035	0,04	0,3	0,3	0,3	0,08

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 09Г2С, у % [4]

ГОСТ	Стан постачання	Переріз, мм	$\sigma_{0.2}$	σ_B	$\delta, \%$
			МПа		
			Не менше		
19282-73	Листи після закалювання, відпуску	10-32	365	490	19

За довідниковими даними сталь 09Г2С маловуглецева і зварюється без обмежень різними способами. Її механічні властивості залежать від термооброблення. Проте ми також можемо вирахувати показник еквівалентного вуглецю за міжнародним стандартом

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

$$C_{екв.(09Г2С)} = 0,12 + \frac{1,7}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,5;$$

Показник еквіваленту $C_{екв}$ рівний 0,5%, що є більшим за допустиме значення 0,45%. Це означає, що існує імовірність утворення структур гартування за умови значного наводнення при зварюванні. Тому, як правило, рекомендують виконувати підігрівання зварних кромок. Кінцева вторинна структура при зварюванні визначається миттєвою швидкістю охолодження, на яку впливає як потужність та швидкість зварювання, так і початкова температура виробу.

1.3 Технічні вимоги на виготовлення зварних конструкцій

До матеріалів які використовуються при виготовленні рами піввагона перевіряються на відповідність вимогам креслень та технічних умов виробників.

Допустимі відхилення від вимог до хімічного складу не повинні бути більшими, у відсотках за масовою часткою: для вуглецю - мінус 0,02 ; для марганцю - +0,10. Вміст шкідливих домішок не повинен перевищувати: фосфору — 0,035 %, сірки — 0,040 %, азоту — 0,012 %,.

Вимоги до поверхні, крайок та кінців прокату мають відповідати: ГОСТ 14637 - для листового прокату; ГОСТ 11474 - для гнутих профілів; ДСТУ 4484/ГОСТ 535 - для сортового та фасонного прокату.

Перша вимога до заготовок перед складанням це їх очищення від бруду. Зачищення місць повинно проводитися механізованим або дробоструменевим способами, що забезпечують очищення поверхні до металевого блиску. Перед зварюванням необхідно продути кромки стисненим повітрям. Кромки вузлів після термічного різання очищають від шлаку та напливів металу.

Для зниження концентрації напружень в кутових швах таврових з'єднань, у місцях переходу від металу шва до основного металу зварні шви виконують увігнутими з повним проваром кореня шва. Кутові шви з'єднань з цією ж метою слід виконувати опуклими. При виконанні напусткових з'єднань можна допускати невеликий підгин краю накладки до поверхні основного металу до кута 15° на довжині 10-15 мм. Місця, що підлягають зварюванню, зачищають до металевого блиску на відстані не менше 20 мм з двох сторін з'єднуваних кромок.

Складені під зварювання елементи та вузли перевіряють відповідно до креслень, технологічної документації. Постійно здійснюють контроль якості підготовлених під зварювання вузлів та деталей.

У конструкціях рам вагонів зварні шви повинні бути суцільними, без переривів. Контролю повинні піддаватися основний метал та зварювальні матеріали, якість складання та підготовки кромок.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу

Рама кузова вагона складається з поздовжніх та поперечних елементів. Хребтову балку рами, яка складається з двох Z - подібних профілів № 31, зварюють за допомогою автоматичного зварювання під шаром флюсу.

Процес виготовлення хребтової балки зазвичай починається з підготовки профілів, яка полягає в дробоструменевому очищенні прокату від іржі та окалини. Після очищення здійснюють різання зет-профілів необхідного розміру по довжині. При цьому необхідно мати на увазі, що при зварюванні довжина її в результаті усадочних деформацій зменшується. Операція різання обладнана двома стаціонарним встановленими в потрібний розмір установками для кисневого різання [6].

Процес складання хребтової балки здійснюється на спеціальному стенді. Виконання операції складання хребтової балки повністю виконують в одному складальному стенді з кріпленням профілів між собою та всіх заставних елементів (упори, надп'ятники, діафрагми) до профілів прихватками. Після цього з внутрішньої сторони дуговим зварюванням вручну накладають поздовжній кореневий шов. Потім зверху автоматичним зварюванням під шаром флюсу заварюють основний шов.

Далі балка надходить на робоче місце для свердління отворів під заклепки у місцях кріплення упорів та запобіжних планок. Для цього застосовують спеціальні агрегатно-свердлильні верстати. Після свердління хребтова балка передається на клепку. Клепання виконують гідравлічними клепальними скобами при зусиллі на штоку 500...550 кН [6].

Остання операція під час виготовлення хребтової балки — контрольна. При остаточному контролі зовнішнім оглядом перевіряються комплектність балки, якість зварних швів на відсутність пор, підрізів, кратерів. Заклепувальні з'єднання перевіряються стуканням на відсутність деренчання і щупом на щільність прилягання деталей, що з'єднуються. Основні розміри контролюють граничним вимірювальним інструментом. Паралельно і виготовленням хребтової балки здійснюють виготовлення шкворневих, бічних та кінцевих балок. Процес їх складання та зварю-

вання здійснюється в спеціальних складально-зварювальних кондукторах. Зварювання виконують механізованим способом в захисних газах. Після зварювання всіх основних елементів рами, здійснюють повне її складання в кондукторі. Складання рами здійснюють в перевернутому стані [6].

Складання рами починається із встановлення всіх поперечних балок, а саме: кінцевих, шкворневих, проміжних та середніх. Всі складові частини рами виставляють по упорах стенду і притискають до них пневматичними процесами. Потім встановлюють хребтову балку та притискають її до інших балок за допомогою притискачів. Після цього виконують прихоплення всіх складових частини рами між собою. Встановлюють та прихоплюють дрібні деталі (накладки, планки, кронштейни) та передають раму на ділянку зварювання. Зварювання виконують в кантувачі.

З метою модернізації базового технологічного процесу необхідно замінити нераціональне та застаріле зварювальне обладнання процеси складання та зварювання хребтової балки здійснювати окремо на спеціалізованих стендах та кантувачах, зварювання проводити при положенні балки «низом догори».

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування способу зварювання

Методи зварювання для розробленої технології слід вибирати з типових і спеціальних методів зварювання, щоб розроблена технологія найбільшою мірою відповідала сучасним вимогам, була ефективною і перспективною. Обраний спосіб зварювання повинен відповідати вимогам, зазначеним у вихідних даних. Якщо вибір є результатом кількох методів, остаточний вибір робиться у випадку економічної ефективності. Для цієї марки сталі рекомендовані такі способи зварювання: електродугове механізоване та автоматичне зварювання [5, 9].

Враховуючи відповідальність конструкції рами та її елементів, а також вимог до зварних швів, зварювання буде проводитись механізованим та автоматичним електродуговим способом у середовищі захисного газу та автоматичним дуговим способом під флюсом. Ці способи набагато економічніше і технологічніше ручного дугового зварювання, а також наявність дуже довгих зварних швів.

Для механізованого зварювання в захисті від газу та автоматичного зварювання у захисті від флюсу виберемо дріт зварювальний [10] Св-08Г2С-О ГОСТ 2246-70. Хімічний склад дроту Св-08Г2С-О наведено в таблиці 2.1. Для автоматичного зварювання будемо використовувати флюс АН-348А та електродний дріт Св-08Г2С-О. Для створення надійної захисної атмосфери, зменшення впливу водню на зварний шов, забезпечення доброї проплавлюваності металу пропонується як захисний газ використати суміш вуглекисного газу та кисню.

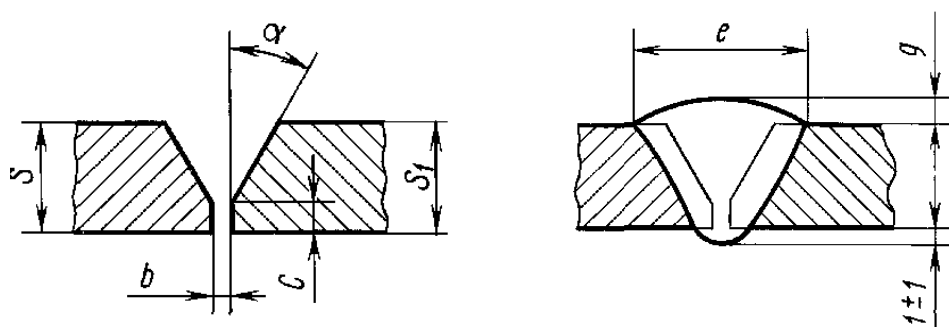
Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св – 08Г2С – О [10]

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

Таблиця 2.2 – Хімічний склад зварювального флюсу АН – 348А, % [10].

SiO	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	S	P	CaF ₂
40 – 44	31 – 38	10	≤ 12	≤ 7	0.5 – 2.2	≤ 0.11	≤ 0.12	3 – 6
– 13								

Вузли та елементи рами напіввагона зварюють стиковим з'єднанням С17, марки Н1 і Т1 [11-12]. Основні параметри розраховано за даними літератури [7-9]. Розраховуємо режим зварювання стику на контакті С17 несучої балки (зварювання двох комплектів). Конструктивні розміри з'єднання С17 наведені на рис. 2.1.



$$s = s_1 = 20 \text{ мм}; b = 2 \pm 1 \text{ мм}; e \leq 20 \text{ мм}; c = 2,0 + 1 \text{ мм}; \alpha = 20 \text{ град.}$$

Рис. 2.1 - Зварене з'єднання С17

Глибина проплавлення, мм:

$$h_p = S - 0,5 b = 13 - 0,5 \cdot 2 = 13 - 1 = 12 \text{ мм} \quad (2.1)$$

Діаметр дроту:

$$d_e = \sqrt[4]{(h_p) \pm 0.05 h_p} = \sqrt[4]{12 \pm 0.05 \cdot 12} = 1,9 \pm 0,6 = 2,5 \text{ мм.} \quad (2.2)$$

Приймаємо 3 мм.

Сила струму:

$$I_{зв} = (140 \times d_d^{1.5} \pm 35) = 140 \times 3^{1.5} \pm 35 = 760 \text{ А} \quad (2.3)$$

Напруга зварювання:

$$U_{36} = 0,05I_{36} = 0,05 \times 760 = 38\text{В} \quad (2.4)$$

Швидкість подачі дроту

$$V_{n.d}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{36}}{d_0^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{I_{36}^2}{d_0^3} = 1,9 \frac{760}{3^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{760^2}{3^3} = 213\text{м/год} \quad (2.5)$$

Швидкість зварювання: :

$$V_{36} = \frac{300}{0,7 \cdot h_p} = \frac{300}{0,7 \cdot 12} = 35,5\text{м/год} \quad (2.6)$$

Коефіцієнт провару:

$$\Psi_{np} = k' (19 - 0,01 \cdot I_{36}) \frac{d_n \cdot U_{36}}{I_{36}} = 0,92 (19 - 0,01 \cdot 760) \frac{3 \cdot 38}{760} = 1,6 \quad (2.7)$$

$$k' = 0,92.$$

Коефіцієнт розплавлення:

$$\alpha_p^{\pm} = 11,7 + 0,0156 \frac{I_{36}}{d_0} = 11,7 + 0,0156 \frac{760}{3} = 15,65\text{г/Агод} \quad (2.8)$$

Ширина шва:

$$e = \Psi_{np} \cdot h = 1,6 \times 12 = 19,2\text{мм} \quad (2.9)$$

Площа наплавленого металу :

$$F_{нм} = \frac{V_{n.d} \pi d_0^2 (1 - \Psi_p)}{4V_{36}} = \frac{213 \cdot 3,14 \cdot 3^2 \cdot 0,9}{4 \cdot 12,5} = 108,3\text{мм}^2 \quad (2.10)$$

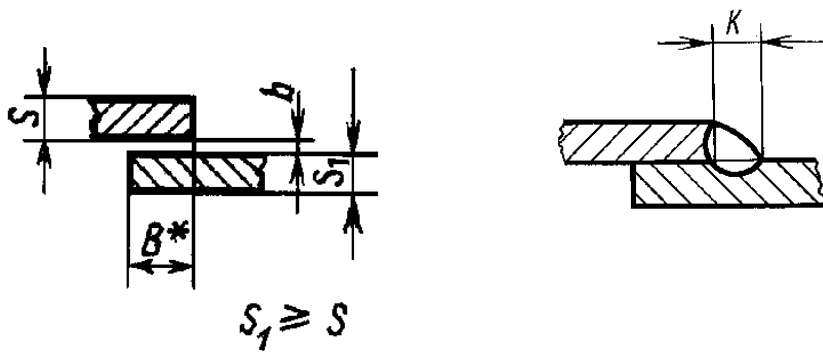
Опуклість шва:

$$g = \frac{F_n}{0,73e} = \frac{108,3}{0,7 \cdot 19,2} = 1,5\text{мм} \quad (2.11)$$

Коефіцієнт форми валика:

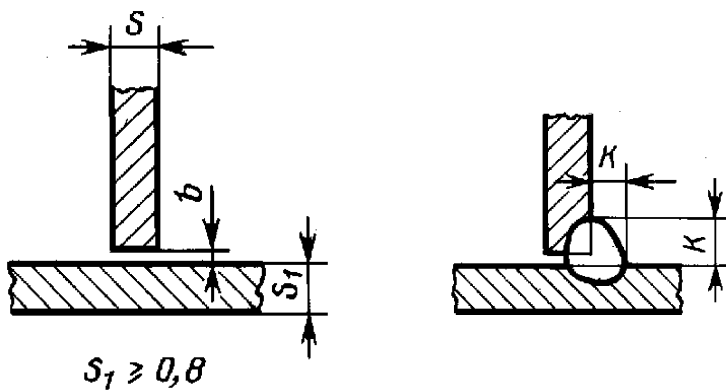
$$\Psi_g = \frac{e}{g} = 12,8 \quad (2.12)$$

Розрахунки режимів автоматичного зварювання в захисних газах для з'єднань товщиною Н16 і 4 мм і з'єднань марки Т1. Конструктивні особливості з'єднань проілюстровано на рис. 2.2 (Н1) та 2.3 (Т1)



$$s = s1 = 4 \text{ мм та } s1 = 6 \text{ мм}; B = 8 \dots 40 \text{ мм}; b = 0 \text{ мм};$$

Рис. 2.2 - Тип накладного з'єднання Н1



$$s = s1 = 10 \text{ мм}; b = 0 \text{ мм};$$

Рис. 2.4 - З'єднання марки Т1

Визначаємо площу поперечного перерізу шва

$$F_n = \frac{k^2}{2} \quad (2.13)$$

Катет шва приймаємо для зєднання Н1 $k = 4$ мм, а для Т1 — $k = 8$ мм

$$F_{n4} = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ мм}^2.$$

$$F_{n8} = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ мм}^2.$$

Для катет 4мм приймаємо $d_e = 1.6$ мм, а катет 8 мм — $d_e = 2,0$ мм.

Визначаємо зварювальний струм:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot j. \quad (2.14)$$

Для діаметра дроту 1.6 та 2,0 мм приймаєм $j = 120 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$

$$I_{364} = \frac{\pi \cdot 1.6^2}{4} \cdot 120 = 240 \text{ A.}$$

$$I_{368} = \frac{\pi \cdot 2.0^2}{4} \cdot 120 = 376 \text{ A}$$

Визначаємо коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_n = A + B \frac{I_{36}}{d_{el}}, \quad (2.15)$$

де $A = 7.0$; $B = 0.04$.

$$\alpha_{n4} = 7 + 0.04 \frac{220}{4} = 9.2 \text{ г/А} \cdot \text{год.}$$

$$\alpha_{n8} = 7 + 0.04 \frac{376}{4} = 10,76 \text{ г/А} \cdot \text{год.}$$

Визначаєм швидкість зварювання

$$V_{364} = \frac{A}{I_{36}}, \text{м/ГОД} \quad (2.16)$$

$$V_{364} = \frac{5 \cdot 10^3}{240} = 20,8 \text{ м/ГОД.}$$

$$V_{368} = \frac{10 \times 10^3}{376} = 26,6 \text{ м/ГОД.}$$

Напругу зварювання:

$$U_{\partial} = 20 + \cdot I_{36} \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{el}}} \pm 1, \quad (2.17)$$

$$U_{\partial 4} = 20 + \cdot 220 \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1.6}} \pm 1 = 28.75 \pm 1 \text{ В.}$$

$$U_{\partial 8} = 20 + \cdot 376 \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2.0}} \pm 1 = 33 \pm 1 \text{ В}$$

Приймаємо $U_{\partial 4} = 28 \text{ В}$

Визначимо швидкість подачі дроту:

$$V_{n.\partial.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{36}}{\pi \cdot d_{el}^2 \cdot \gamma}, \quad (2.18)$$

де $\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$;

$$V_{n.\partial.4} = \frac{4 \cdot 9.2 \cdot 10^{-3} \cdot 220}{3.14 \cdot (1.6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 7800} = 129.2 \frac{\text{м}}{\text{сод.}}$$

$$V_{n.\partial.8} = \frac{4 \cdot 10,76 \cdot 10^{-3} \cdot 376}{3.14 \cdot (2.0 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 7800} = 165 \frac{\text{м}}{\text{сод.}}$$

Маса наплавленого металу:

$$G_H = F_{\text{св}} \cdot l \cdot \rho \quad (2.19)$$

де, l — довжина шва, см;

ρ — густина наплавленого металу (для сталі $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$)

$$G_{H(\text{C17})} = 1350 \cdot 1,083 \cdot 7,8 = 11403 \text{ г} = 11,4 \text{ кг}$$

$$G_{H(\text{H1})} = 300 \cdot 0,08 \cdot 7,8 = 187,2 \text{ г}$$

$$G_{H(\text{T1})} = 500 \cdot 0,32 \cdot 7,8 = 1248 \text{ г} = 1,248 \text{ кг}$$

Час горіння дуги [13]:

$$t_0 = \frac{G_H}{I_{\text{св}} \cdot \alpha_H} \quad (2.20)$$

$$t_{0(\text{C17})} = \frac{11403}{760 \cdot 15,65} = 0,96 \text{ год}$$

$$t_{0(\text{H1})} = \frac{187,2}{240 \cdot 9,2} = 0,085 \text{ год}$$

$$t_{0(\text{T1})} = \frac{1248}{376 \cdot 10,76} = 0,3 \text{ год}$$

Повний час зварювання [13]:

$$T = \frac{t_0}{K_{\Pi}} \quad (2.21)$$

$$T_{(\text{C17})} = \frac{0,96}{0,6} = 1,6$$

$$T_{(\text{H1})} = \frac{0,085}{0,6} = 0,14$$

$$T_{(\text{T1})} = \frac{0,3}{0,6} = 0,5.$$

де, k_{Π} — коефіцієнт використання зварювального поста ($k_{\Pi} = 0,6 \div 0,57$).

Витрати електроенергії:

$$A = \frac{U_d \cdot I_{\text{зв}}}{\eta \cdot 1000} \cdot t_0 + W_0 \cdot (T - t_0) \quad (2.22)$$

де U_d — напруга дуги, В;

η — ККД джерела живлення : при постійному струмі $0,6 \div 0,7$;

W_0 – потужність джерела живлення ($W_0 = 2,0 \div 3,0$ кВт).

$$A_{(C17)} = \frac{38 \cdot 760}{0,6 \cdot 1000} \cdot 0,96 + 3,0 \cdot (1,6 - 0,96) = 48 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$A_{(H1)} = \frac{28 \cdot 240}{0,6 \cdot 1000} \cdot 0,085 + 3,0 \cdot (0,14 - 0,085) = 1,12 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$A_{(H1)} = \frac{33 \cdot 376}{0,6 \cdot 1000} \cdot 0,3 + 3,0 \cdot (0,5 - 0,3) = 6,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Витрата захисного газу вибирається в залежності від зварювального струму і напруги дуги згідно з таблицею 2.3.

Таблиця 2.3 – Споживання газу в залежності від розміру

Струм зварювання, А	50 ÷ 60	90 ÷ 100	150 ÷ 160	220 ÷ 240	280 ÷ 300	360 ÷ 380	430 ÷ 450
Напруга дуги, В	17 – 28	19 – 20	21 – 22	25 – 27	28 – 30	30 – 32	32 – 34
Витрата газу, л/хв	8 – 10	8 – 10	9 – 10	15 – 16	15 – 16	18 – 20	18 – 2

Таблиця 2.4 – 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
C17	760	38	3,0	35,5	213
T1	376	33	2,0	26,6	165
H1	240	28	1,6	20,8	129

2.2 Вибір зварювального устаткування

Для зварювання вузлів рами напіввагону моделі 12-753 вибираємо джерела зварювального струму та зварювальний апарат. Так як при виготовленні застосовують три способи зварювання, то обладнання підбираємо для всіх трьох, а саме: механізованого та автоматичного в суміші газів та автоматичного під шаром флюсу [14].

Автоматичне зварювання передбачає автоматизацію процесів збудження та підтримання стійкого горіння дуги, подачі електрода в зону зварювання, переміщення дуги в заданому напрямку вздовж зварюваних кромок із заданою швидкістю, припинення зварювання та заварювання кратера. Автомати поділяються на універсальні загального призначення та спеціальні, самохідні та несамохідні, для зварювання, що плавляться і неплавляться електродами, у захисних газах та під флюсом, електрошлаковим способом, з плавним, ступінчастим та плавно-ступінчастим регулюванням швидкості подачі дроту та швидкості зварювання, для зварювання зі вільним або примусовим формуванням швів, на одно- та багатодугові, на працюючі як у принципі саморегулювання дуги, і на принципі автоматичного регулювання напруги на дузі. Автомати складаються з механізмів подачі дроту та переміщення дуги, струмопровідних проводів, мундштуків, пальників, правильних механізмів, додаткових настроювальних та коригувальних пристроїв, касет для електродного дроту, шаф управління з пускорегулюючою апаратурою, флюсобункерів з флюсовідсмоктувачем [14-15].

Для зварювання хребтової балки автоматичним способом під флюсом, виходячи із режимів зварювання, вибираємо автомат підвісний типу А-1416 (рис. 2.5). Технічні характеристики наведено у таблиці 2.5. [16]

Даний апарат призначений для автоматичного зварювання під шаром флюсу на постійному струмі. Він забезпечує швидкості зварювання та подачі електродного дроту не залежно від струму зварювання. Має широкий діапазон їх регулювання шляхом заміни змінних шестерень[16].

Зварювальний автомат прикріплений і буде переміщатися за допомогою велосипедного візка по направляючих. Даний зварювальний апарат укомплектовується джерелом струму ВДУ 1201К (КИУ-1201) (рис. 2.6). Це є промисловий універсальний зварювальний випрямляч, який широко застосовується для автоматичного зварювання в середовищі захисних газів та під флюсом. Джерело живлення має спеціальну схему випрямлення з малим коефіцієнтом пульсації, що дозволяє забезпечити високу якість формування зварного шва та мінімальне розбризкування електродного металу.

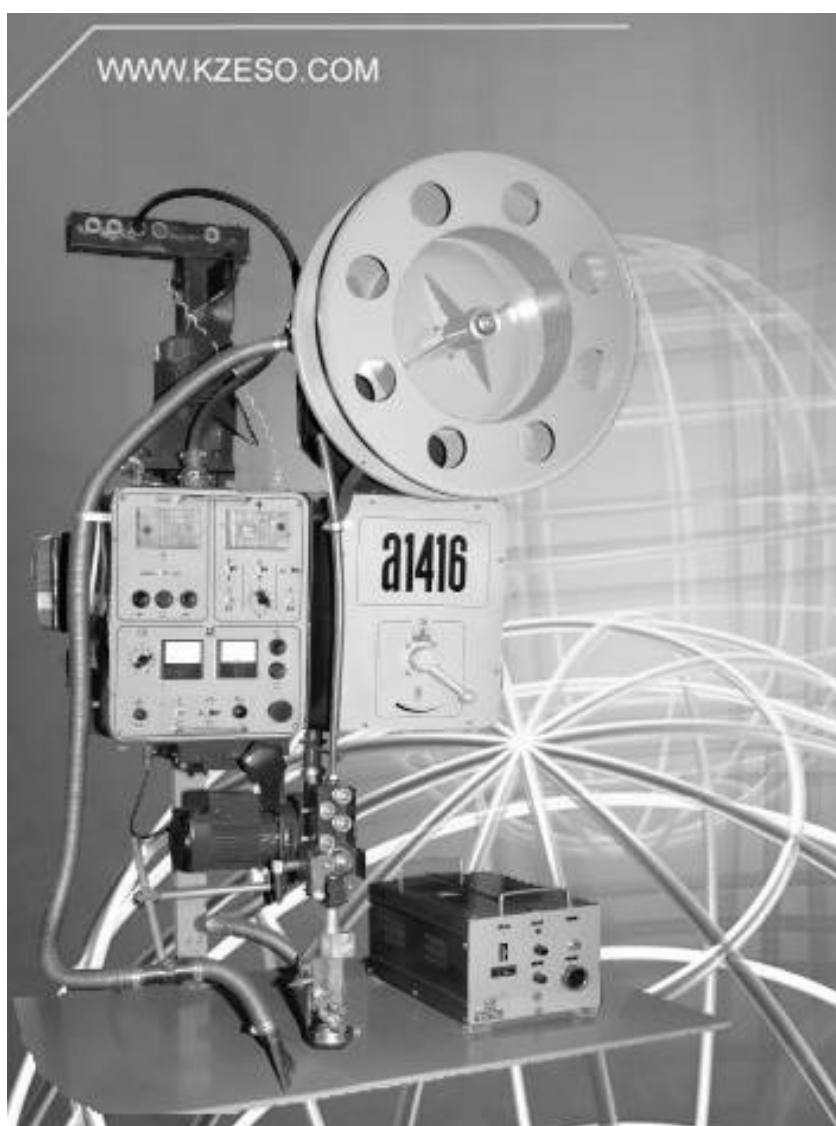


Рис. 2.5 - Підвісний автомат А-1416 [16]

Таблиця 2.5 – Технічна характеристика автомата А – 1416 [16]

Параметри	Величина
Напруга мережі, В	380
Частота струму мережі, Гц	50
Номінальний струм зварювання при ПВ = 100%, А	1000
Межі регулювання струму, А	250 – 1250
Діаметр електродного дроту, мм	2,0 – 5,0
Межі регулювання швидкості подачі дроту, м/год	47 – 509
Межі регулювання швидкості зварювання, м/год	12 – 120
Вертикальне переміщення головки: – хід, мм	250
– швидкість, м/год	29,4
Поперечне переміщення електрода : хід, мм	±75 від руки
Маршева швидкість, м/год	950
Флюсоапаратура:	
– об'єм, дм ³	25
– росхід повітря, м ³ /год	30
Маса, кг:	325
Габаритные размеры, мм:	960 × 860 × 1860

Технічні характеристики випрямляча представлено у таблиці 2.6 [16].



Рис. 2.6 – Зварювальний випрямляч ВДУ – 1201К (КИУ – 1201)

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика ВДУ – 1201К (КИУ – 1201)[16]

Найменування параметру	Значення
Напруга мережі, В	3х380
Частота струму мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм при ПВ 100% , А	1250
Межі плавного регулювання зварювального струму, А: – падаюча – жорстка	250 – 1250 250 – 1250
Межі регулювання напруги, В: – падаюча – жорстка	24 – 56 24 – 56
Номінальна споживана потужність, кВт	120
Напруга холостого ходу, В	85
Маса, кг	550
Габаритні розміри, мм	960 × 680 × 890

Для автоматичного зварювання в захисних газах елементів рами будемо застосовувати автомат типу А-1406 (рис. 2.7). Його характеристики приведені в табл. 2.7.

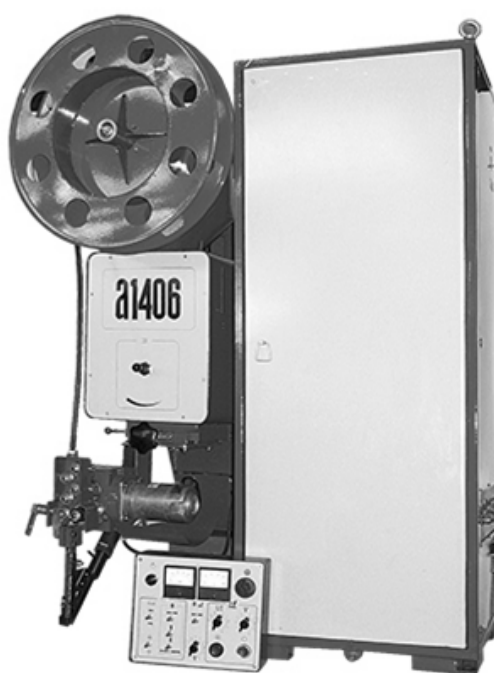


Рис. 2.7 - Автомат А-1406

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика автомата А – 1406 [16]

Параметр	Значення	
	з ВДУ – 506	
Номінальна напруга мережі, В	380	
Номінальний зварювальний струм, А при ТВ = 60%	500	
Діапазон регулювання зварювального струму, А	60 ... 500	
Кількість електродів, шт	1	
Діаметр електродного дроту, мм:		
- суцільного	1, 2 ... 2, 0 2, 0 ... 5, 0 2, 0 ... 3, 0	
- порошкового		
Межі плавного регулювання швидкості подачі електродного дроту, $\frac{\text{м}}{\text{год}}$	17 ... 553	
Вертикальне переміщення зварювальної головки:		
- хід, мм	500	
- швидкість, $\frac{\text{м}}{\text{год}}$	29, 4	
Поперечне переміщення зварювальної головки:		
- хід, мм	±70	
- швидкість, $\frac{\text{м}}{\text{год}}$	ручне	
Регулювання кута нахилу електрода (мундштука), град	±30 ручне	
Маса, кг	185	

Для механізованого зварювання застосовуємо півавтомат ПДГ 508 М (рис. 2.8.), технічні характеристики наведені в табл. 2.8 [16]



Рис. 2.8 Напівавтомат ПДГ-508М [16]

Таблиця 2.8 - Технічні характеристики напівавтомату ПДГ-508М [16]

Параметр	Значення
Напруга мережі, В	380
Частота струму мережі, Гц	50
Регулювання струму $I_{зв}$, А	60 – 630
Регулювання напруги $U_{зв}$, В	17 – 46
Кількість роликів	2 або 4
Кількість ступеней $V_{под}$, шт	27
Діаметр електродного дроту, мм: – суцільного – порошкового	1,2 – 2,0 2,0 – 3,2*
Регулювання $V_{под}$, м/год	120 ÷ 1200
Джерело живлення (рекомендоване)	КИГ – 601
Маса, кг.: – механізму подачі – касети з дротом	24 12
Габаритні розміри, мм.: – подаючого пристрою	470 × 363 × 405

Враховуючи те, що зварювання в захисних газах здійснюємо струмом 360 А то для живлення автомата А-1406 та напівавтомата ПДГ 508М вибираємо джерело живлення КИГ-601 (рис. 2.9). Технічна характеристика наведена в табл. 2.9.



Рис. 2.9 – Випрямляч типу КИГ-601 [16]

2.3 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості зварних з'єднань вибирають та застосовують з метою виявлення внутрішніх та зовнішніх дефектів в металі шва. Метод контролю повинен забезпечувати виявлення дефектів певних розмірів, в залежності від відповідальності конструкції, а також надавати інформацію про характер їх виникнення. Такі дані необхідні для того, щоб можна було б визначити причини утворення дефектів та передбачити заходи щодо їх усунення.

Рамні конструкції вагонів є відповідальними, тому до них з точки зору якості ставляться високі вимоги. Із врахуванням цього для визначення дефектів в рамних конструкцій та контролю якості з'єднань дозволяється застосовувати наступні методи:

- візуально-оптичний;
- радіаційна дефектоскопія;
- магнітна та електромагнітна дефектоскопія;
- ультразвукова дефектоскопія.

Візуально-оптичний контроль зазвичай здійснюють візуальним оглядом зварних швів та з'єднань. Він відноситься до найпростішого методу контролю. За допомогою даного методу, а також подібного точнішого кольорової дефектоскопії [27], перевіряють на наявність поверхневих дефектів та відповідності геометричних розмірів швів. Також ним проводять контроль процесу складання деталей під зварювання та здійснюють контроль за самим процесом з'єднання металів.

Для більш ефективного використання цього методу застосовують спеціальні оптичні прилади та шаблони. При застосуванні цього методу контролю, в процесі виготовлення конструкції, можна запобігти виникненню можливих дефектів, що виникають при заготівельних та складально-зварювальних операціях. Також дозволяє зменшити об'єм застосуванні інших методів контролю, які є більш складнішими та дороговартісними [17].

Радіаційну дефектоскопію застосовують для просвітлювання зварних швів на наявність внутрішніх дефектів металу шва і біляшовної зони. Даний метод реалізується за допомогою проникнення іонізованого випромінювання в метал шва, і при наявності дефектів відображає їх місце розташування. Однак при застосуванні даного методу необхідно проводити просвічування металу шва в двох напрямках. Це здійснюється з метою виявлення точного розташування і розмірів можливого дефекту. Даний метод контролю застосовується рідко, із за своєї складності.

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія застосовується для контролю невеликих товщин, і переважно стикових з'єднань та металів які мають феромагнітні властивості.

Ультразвукова дефектоскопія є одним із найбільш застосовуваним методом контролю зварних з'єднань. В її основі лежать пружні механічні коливання. Дані коливання мають частоту більше 20кГц. Для контролю зварних швів застосовують ультразвукові коливання частотою 0,5 – 20 МГц [17].

Метод даного контролю полягає в проникненні акустичних коливань в метал шва, а при наявності дефекту створюється відбита хвиля, яка сприймається приймачем. При значних розмірах дефекту створюється так звана акустична тінь, а його

поверхня відбиває хвилю. Реєстрація таких сигналів дозволяє зробити висновок про наявність дефекту.

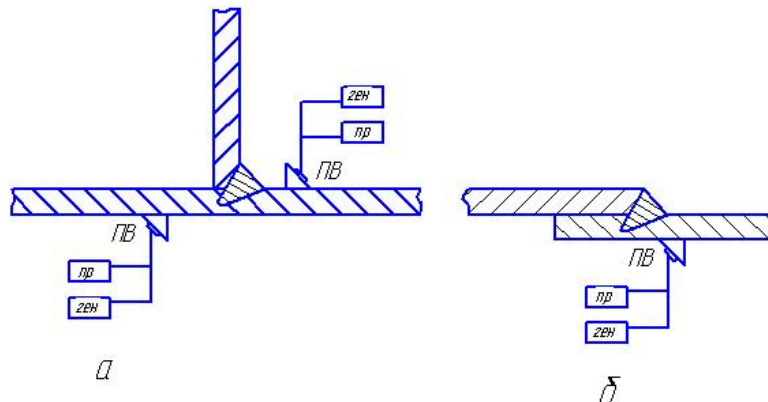
З технологічних та конструктивних міркувань, для контролю рами піввагона моделі 12-753 застосовуємо наступні методи контролю:

- візуально-оптичний;
- ультразвукову дефектоскопію.

Ультразвукову дефектоскопію проводимо використовуючи ехо-імпульсний метод. Суть його полягає у відбиванні ультразвукових хвиль від несучільностей деталі, що контролюється. Даний метод називається імпульсним.

Ехо-імпульсний метод використовують для контролю всіх основних видів зварних з'єднань — стикових, кутових, напustкових і таврових. Даний метод дозволяє виявляти дефекти у металі товщиною до 1000 мм і більше. Дефекти розміром 0,7 мм можна визначати на глибині до 100 мм. Контроль ведеться із однієї сторони з'єднання з використанням одного перетворювача.

На рис. 2.10 приведено схеми контролю кутових і напustкових швів.



- а — схема контролю кутових швів;
 б — схема контролю напustкових швів;
 ПВ — перетворювач випромінювання;
 ПР — приймач;

Ген — генератор

Рис. 2.10 — Схеми контролю якості зварних швів

Для реалізації запропонованого методу контролю застосовуємо портативний ультразвуковий дефектоскоп ЕРОСН 650 (рис. 2.11).

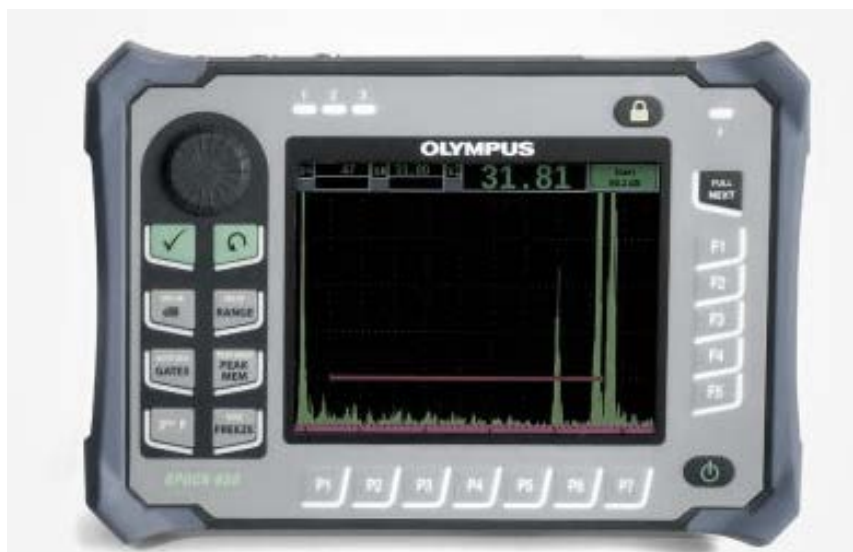


Рис. 2.11 – Портативний ультразвуковий дефектоскоп ЕРОСН 650 [18].

2.4 Опис технологічного процесу виготовлення рами піввагона

Технологічний процес виготовлення рами піввагона передбачає складання та зварювання елементів рами, загальне складання та зварювання, зачищення швів, правлення і контроль якості зварних швів після правлення.

При розроблені технології необхідно забезпечити правильну послідовність виконання всіх операцій. Повне складання конструкції перед зварюванням часто виявляється недоцільним через великі зварювальні деформації і незручності накладання швів. Тому при виготовленні рами слід спочатку виконувати складання та зварювання окремих складових частин, а потім вже загальне складання.

Хребтову, шкворневі та поперечні балки складають і зварюють на окремих спеціальних робочих місцях паралельно процесу загального складання рами.

Процес виготовлення хребтової балки здійснюють з підготовки профілів, який полягає в дробоструменевому очищенні прокату від іржі та окалини. Для очищення застосовують дробоструменеву установку прохідного типу SK-9 ÇETİNGİL (рис. 2.12) [19].



Рис. 2.12 - Дробоструминава установка SK-9 ÇETİNGİL[19]

Після очищення виконують різання Z-подібних профілів необхідної довжини. Різання здійснюють за допомогою стрічково-відрізного станка SPECIAL 700 DI-A MACC (рис. 2.13).



Рис. 2.13 Стрічково-відрізний станок SPECIAL 700 DI-A MACC [20]

При цьому необхідно враховувати, що при зварюванні балки її довжина зменшується за рахунок усадкових деформацій.

Одночасно із підготовкою до складання елементів хребтової балки здійснюються і підготовку елементів з яких будуть виготовляти шкворневі, кінцеві і проміжні балки, а також обв'язку рами.

Із врахуванням конструктивних особливостей поперечних балок і товщини листового металу з якого вони виготовляються, проводять правлення за допомогою листопрямильної машини та різання за допомогою комплексу лазерного розкрою з ЧПУ Gweike LF3015CN (рис. 2.14).

Після підготовлення всіх елементів балок проводять їх складання.

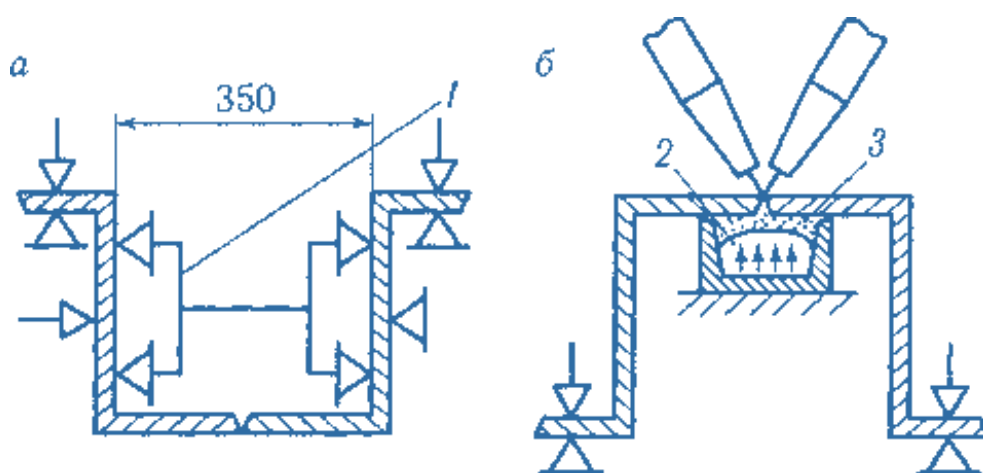
Складання хребтової балки здійснюється на спеціальному стенді при положенні балки «низом догори» (рис. 2.15). Схема базування елементів хребтової балки при складанні показано на рис.2.16. При складанні балки необхідно зетові профілі з'єднати так, щоб нижні (по відношенню до робочого положення хребтової балки) площини нижніх полиць мали як найменшу різницю виступів. Це дозволить отримати якісну базу для встановлення нижнього листа шкворневої балки рами та п'ятника. При складанні балки площини верхніх полиць зетових профілів приймають як установчу базу.



Рис. 2.14 - Комплекс лазерного розкрою ЧПУ Gweike LF3015CN [19]



Рис. 2.15 Розташування зетів при складанні в кондукторі [21]



1 - базуючі елементи складального стенду; 2 - гумовий шланг; 3 - флюс

Рис. 2.16. Схеми базування елементів хребтової балки: а - при складанні; б - при зварюванні

Для попередження можливих пропалів при зварюванні зетових профілів балка складається повністю у складальному стенді. Після цього з внутрішньої сторони здійснюють зварювання кореневого шва механізованим способом напівавтоматом ПДГ-508М, потім заварюють основний шов автоматичним зварюванням під

флюсом. Якщо ж автоматичне зварювання виконувати на флюсовій подушці (рис. 2.16 б), то пропалювання будуть виключені. Але в цьому випадку потрібно мати вільну від заставних елементів внутрішню порожнину балки хребта.

Наступним етапом складання складеної балки із задні упорами, надп'ятниками та діафрагми. Складання здійснюють у положенні «низом вгору» в складальному стенді.

Після складання хребтової балки в стенді її подають кантувач для приварювання діафрагм та надп'ятників. Далі балка надходить на робоче місце для свердління отворів під заклепки у місцях кріплення упорів та запобіжних планок. Після свердління хребтова балка передається на клепку. На цій операції утворюють з'єднання заклепками у місцях кріплення упорів та запобіжних планок із профілями. Клепання виконують гідравлічними клепальними скобами при зусиллі на штоку 500...550 кН. Заклепки нагрівають в електричних нагрівачах до температури 950...1000 °С.

Після встановлення заклепок здійснюють повне складання рами. На рис. 2.17 представлено схему базування елементів рами при складанні шкворневого вузла.



Рис. 2.17 - Схему базування елементів рами при складанні шкворневого вузла

При складанні рами в положенні «низом вгору» площа підлоги буде забезпечена установочними елементами стенду, проте п'ятник і ковзани розміщуються на поверхнях, які орієнтовані в просторі вільно, і розташовуються з сумарною похибкою, накопиченою як при виготовленні деталей шворневої балки, так і при складанні шкворневого вузла рами. Зварювання здійснюють механізованим способом.

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Зварювання в суміші вуглекислого газу з киснем

Основою активної газової суміші є вуглекислий газ, а в якості додаткового компонента в основному використовується кисень. Кисень сприяє підвищенню ступеня окислення захисного газу і температури, а також плинності металу у ванні. При його вставці необхідно використовувати дріт з підвищеним вмістом розкислювачів.

Як відомо, зварювання вуглекислим газом збільшує кількість бризок розплавленого металу. Стружка приварена до основного металу, тому необхідна додаткова нудна чистка. Додавання кисню до вуглекислого газу зменшує розбризкування, підвищує стабільність горіння дуги, покращує формування зварного шва та зменшує висоту армування та хвилястість зварного шва. Зварні шви мають більш плавний перехід до основного металу порівняно зі зварними швами, виготовленими з вуглекислого газу без кисню. Кисень зв'язує водень, що зменшує його вплив на утворення пор, а також зменшує поверхневий натяг зварювальної ванни. Зі збільшенням часу перебування у ванні в рідкому стані повніше видаляються неметалеві включення, що покращує дегазацію металу у ванні.

Для зварювання вуглецевої та низьколегованої сталі дротом Св-08Г2С і Св-08Г2СС широко використовується суміш вуглекислого газу з киснем. Дріт цих марок містить достатню кількість кремнію та марганцю для розкислення рідини та досягнення щільних з'єднань.

При оптимальному складі суміші (70 - 80% вуглекислого газу і 20 30% кисню), виходить рівний і гладкий шов, забезпечується глибоке проникнення і збільшується щільність шва. Підвищення вмісту кисню в суміші вище 30% призводить до появи шорсткою і лускатої поверхні суглоба. При оптимальному складі суміші на поверхні з'єднання утворюється тонкий шар шлаку, після чого з'єднання срібляться.

Зварювання в суміші вуглекислого газу і кисню можливе у всіх просторових положеннях. Низька вартість захисного газу, мінімальні витрати на реалізацію і ряд позитивних властивостей суміші сприяють використанню цього методу на підприємствах багатьох галузей промисловості.

Кисень для зварювання випускають по ГОСТ 5583-78. Газова суміш вуглекислого газу і кисню не виробляється промисловістю, тому газова суміш виробляється

безпосередньо на заводах, які використовують її для зварювання. Багато заводів мають централізовані кисневі станції, а зварювальні пункти забезпечуються вуглекислим газом з рамп, за допомогою газових балонів або ізотермічних систем. ВНДУ - автогенмаш спільно з Інститутом електрозварювання. Є. А. Патона створив газозмішувачі УСД-1А і УСД-1Б, призначені для одночасного живлення 50-70 станцій сумішшю вуглекислого газу з 20-30% кисню. Змішувач УСД-1А оснащений газоаналізатором, який дозволяє автоматично реєструвати склад газу. Змішувач УСД-1Б не має газоаналізатора. Ці змішувачі серійно випускаються вітчизняною промисловістю.

Зварювання в суміші вуглекислого газу і кисню проводиться на стандартному вуглекислотному зварювальному обладнанні. При зварюванні в суміші вуглекислого газу і кисню на режим зварювання і перенесення металу великий вплив робить довжина електрода. Збільшення відстані електрода викликає його нагрівання, збільшення струму, швидкість плавлення і зменшення втрат на розбризкування, що пов'язано зі зменшенням струму короткого замикання і сил, що діють на краплю.

При зварюванні в опущеному положенні електродним дротом діаметром 1,6-2,0 мм при силі струму від 150 до 250 А рекомендується оголити електрод до 70-80 мм, при тоці від 350 до 500 А - до 50-60 А. мм. При менших струмах допускається більший вплив електродів. Для зварювання в нижньому положенні стикових з'єднань і кутів при необхідності великого введення металу рекомендується використовувати електродний дріт діаметром 1,6-2,0 мм з підвищеною витримкою.

Зварювання дротами діаметром від 0,8 до 1,4 мм виконують у всіх просторових положеннях.

Технологія зварювання вибирається в залежності від якості сталі і вимог до зварних з'єднань. Конструкція підготовлених під зварювання кромок, види швів і їх розміри при зварюванні в суміші вуглекислого газу і кисню повинні відповідати ГОСТ 14771-76.

Перед установкою основний метал в місцях зварювання повинен бути очищений від іржі, жиру, вологи, окалини та інших забруднень. Рекомендується зачищати прилеглі до кромок ділянки на ширину від 20 до 30 мм, що забезпечує більш плавний перехід до основного металу і підвищує стійкість до змінних навантажень.

Для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей нормальним і збільшеним електродним дротом використовують дроти марки Св-08Г2С за ГОСТ 224670 і Св-08Г2СС з цирконієм по ТУ 14-287-1978. Дріт Sv-08G2SC забезпечує низький рівень бризок із збільшеним охопленням.

Режим зварювання має великий вплив на якість шва. Основними параметрами режиму зварювання є діаметр електродного дроту, величина струму, напруга дуги, швидкість зварювання, довжина електродного дроту, склад і витрата захисного газу. Режим зварювання визначає форму і розміри зварного шва, ширину зони термічного впливу, частку основного металу і електроду в шві, ефективність процесу. При виборі режиму зварювання слід прагнути отримати необхідну якість зварних швів при максимальній ефективності і мінімальних витратах процесу, [29].

3.2 Вплив складу газової суміші вуглекислого газу з киснем на вигорання вуглецю при дуговому зварюванні

Методика проведення досліджень. На вміст вуглецю у швах і наплавлених валиках впливають частка вуглецю, що переходить у ванну з основного металу, та інтенсивність його окиснення в зварювальній реакційній зоні. Геометричні параметри швів та наплавлених валиків, що визначають у них частку вуглецю, переважно залежать від таких параметрів режиму, як величина струму, напруга дуги, швидкість зварювання тощо. У роботах [5, 10] зазначено, що основними технологічними факторами, за допомогою яких можна зменшити частку вуглецю є зменшення струму та збільшення величини електродного вильоту.

Окрім технологічних факторів, певним чином впливають і металургійні, переважно хімічний склад і структура сталі. Щодо окиснення вуглецю у зварювальній ванні, то тут повинні впливати такі фактори, як вміст в ній кисню, температурні умови, час існування металу у розплавленому стані та інтенсивність його перемішування.

Дослідження проводились на зразках, одержаних електродуговим напівавтоматичним наплавленням валиків зварювальним дротом Св – 08 Г2С на пластині різної товщини із маловуглецевої сталі з різним вмістом вуглецю (до 0,25 %). Як захисне середовище використовували газову суміш $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, у якій кількість кисню змінювалась від 0 до 100 %. З метою отримання зварювальної ванни різного розміру та часу

її існування параметри режиму зварювання змінювались у широких межах. Геометричні розміри наплавлених валиків визначалися за допомогою макрошліфів, виготовлених із темплетів, вирізаних із зразків поперек наплавлених валиків, а також частка вуглецю в них визначалися за допомогою хімічного аналізу. Вигорання вуглецю в реакційній зоні визначали за формулою:

$$C_v = a \cdot C_c + (1-a) \cdot C_{др}, \quad (2.1)$$

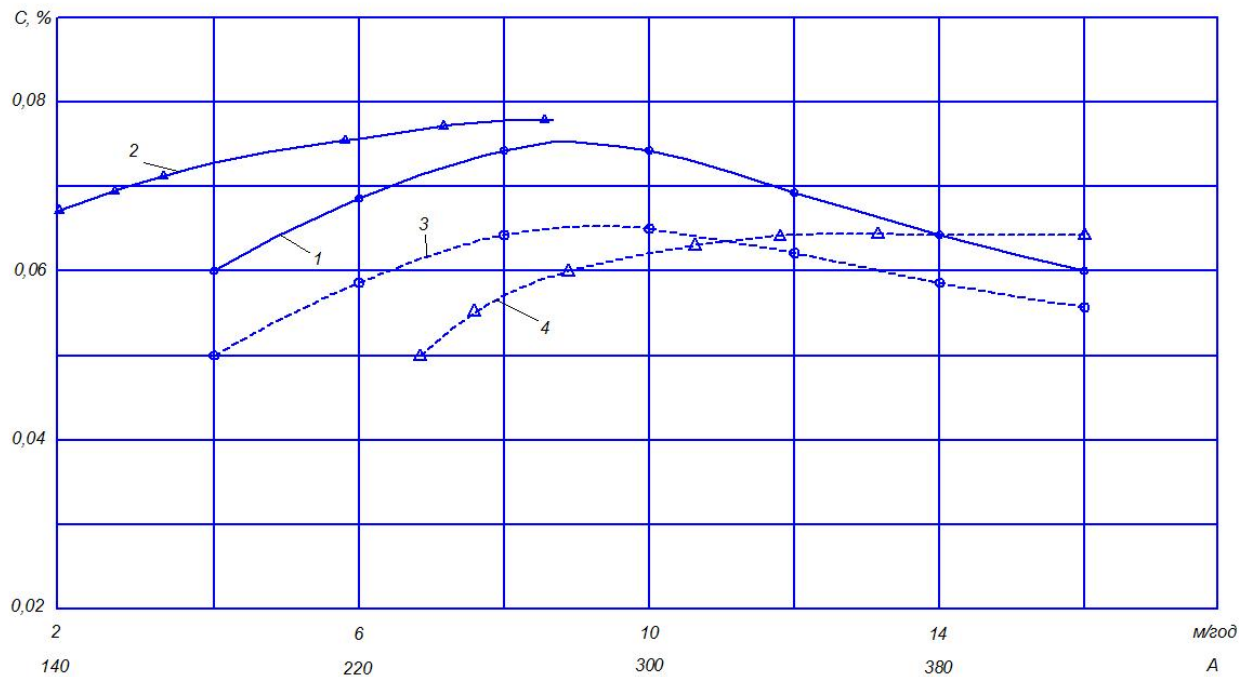
де C_v – кількість вуглецю, який вигорів, %; a – частка вуглецю у наплавленому валику; $C_{др}$ – вміст вуглецю в електродному дроті, %;

C_c – вміст вуглецю у сталі, %.

Частку вуглецю у валиках визначали за величиною відношення площі проплавлення основного металу до площі валика, а вміст вуглецю у

сталі, дроті і наплавлених валиках – хімічним аналізом. Час перебування металу в розплавленому стані визначали за росилання [5]. При цьому залежно від розмірів зразків та режиму зварювання використовували такі розрахункові схеми: "лінійне рухоме джерело в тонкій пластині", "потужне швидкорухоме джерело в тонкій пластині", "рухоме точкове джерело на поверхні півнескінченного тіла з адіабатичною межею", "потужне точкове джерело на поверхні півнескінченного тіла з адіабатичною межею".

Основні результати. Вплив параметрів електродугового зварювання при вмісті у суміші 30% O_2 на вигорання вуглецю зображено графічно на рис.3.1. Аналіз даних свідчить про неоднозначний вплив швидкості зварювання. З її збільшенням від 4 до 9 м/год вигорання зростає приблизно на 0,015 %, досягаючи 0,075 та 0,065 %, відповідно для діаметрів дроту 1,4 та 2 мм, а при подальшому її збільшенні до 16 м/год. воно зменшується. Інтенсифікація вигорання вуглецю при підвищенні швидкості зварювання в області малих її значень зумовлена швидше за все збільшенням його вмісту у ванні, викликаним зростанням у ній частки вуглецю зі сталі, а при відносно великих швидкостях вже переважає скорочення часу існування ванни. Так, при підвищенні швидкості від 4 до 16 м/год, при незмінних інших параметрах режиму, для дроту 1,4 мм він зменшується від 14 до 2,6 с.



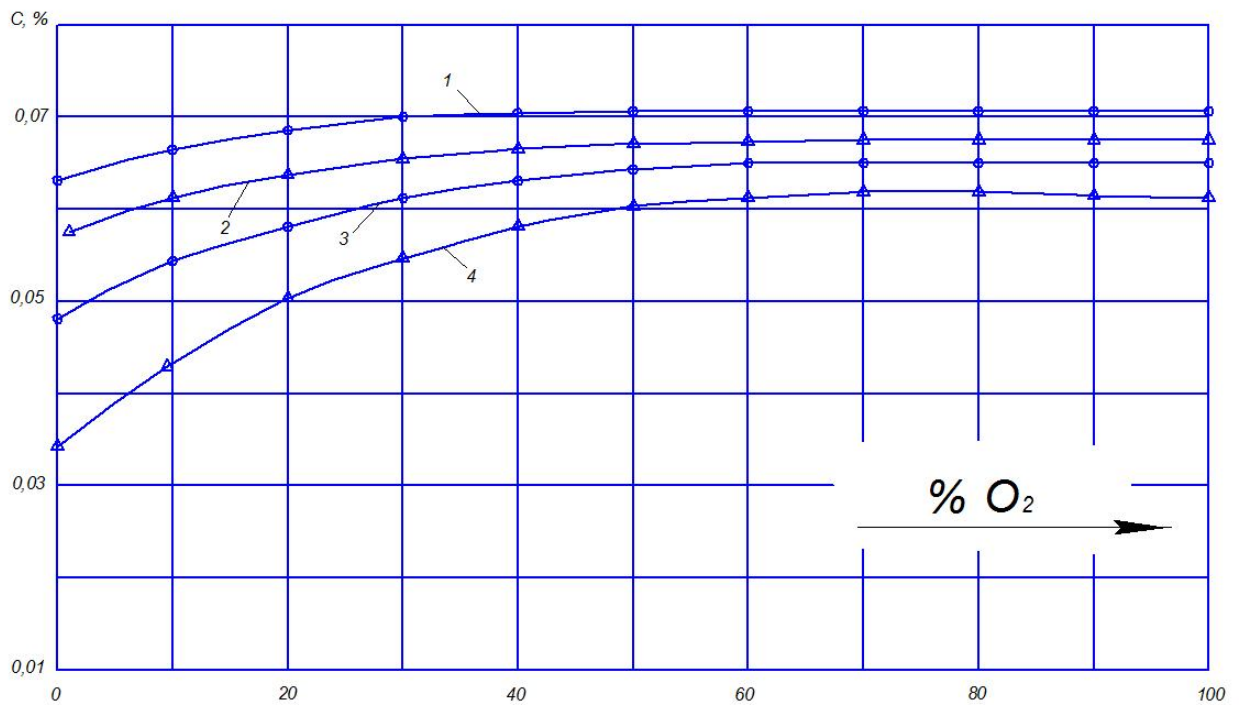
$V_{зв}$ – 1 - 1,4 мм; 3 - 2 мм

$I_{зв}$ – 2 - 1,4 мм; 4 - 2 мм

Рисунок 3.1 – Вплив швидкості зварювання, діаметра дроту і зварювального струму на вигорання вуглецю

Сприятливий вплив підвищення струму на окислення вуглецю, швидше за все, пояснюється збільшенням часу існування ванни та частки у ній вуглецю зі сталі.

Вплив складу газової суміші CO_2+O_2 при різних діаметрах електродного дроту на вигорання вуглецю показаний на рис.2.2. Із підвищенням вмісту кисню до 50 % вигорання вуглецю досягає 0,065 %, що зумовлено підвищенням температури та часу існування зварювальної ванни. Слід зазначити, що окиснення вуглецю при зварюванні у CO_2 зменшується зі збільшенням діаметра електродного дроту (від 0,062 % при 1,2 мм до 0,037 % при 2 мм), а з підвищенням вмісту кисню до 30 – 40 % істотно зростає, досягаючи вже 0,06 % для діаметра дроту 2 мм, а для 1,2 мм – 0,07 %.



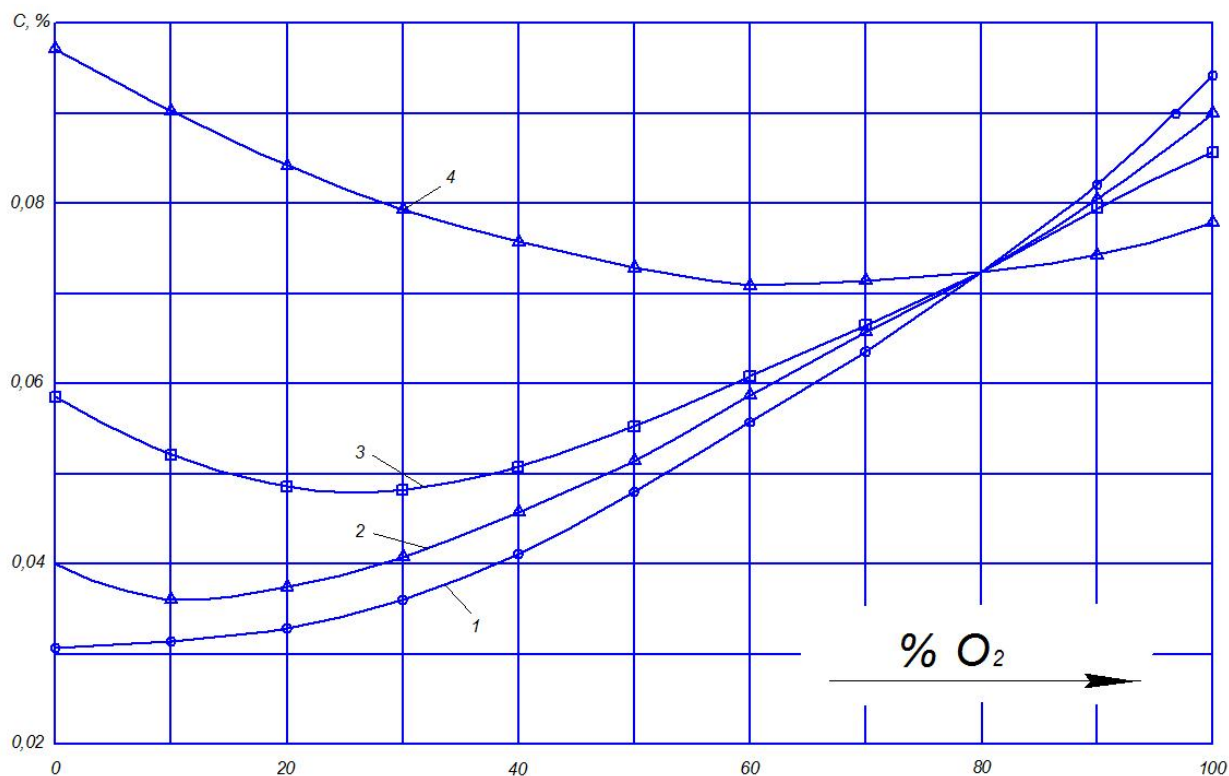
де – 1 - 1,2 мм; 2 - 1,4 мм; 3 - 1,6 мм; 4 - 2 мм

Рисунок 3.2 – Вплив складу суміші CO_2+O_2 на вигоряння вуглецю при різних діаметрах дроту

Той факт, що критична кількість кисню у газовій суміші, коли спостерігається максимальне вигоряння вуглецю, для діаметра 1,2 мм становить всього 20 – 30 %, тоді як для 2 мм 50 – 60 %, може викликатися тим, що максимальної окисленості ванни із зменшенням діаметра дроту досягають у разі меншої концентрації кисню у газі внаслідок більш дрібнокрапельного перенесення електродного металу.

Результати хімічного аналізу свідчать про те, що концентрація вуглецю у валиках для різних діаметрів електродного дроту із підвищенням окислювальної спроможності газової суміші змінюється неоднаково (рис.2.3). Для діаметрів 1,4; 1,6 і 2 мм вона спочатку зменшується, а потім починає зростати. Ступінь цього зниження істотніший при більших діаметрах, тоді як для 1,4 мм він становить всього 0,004%, то для 2 мм 0,028 %.

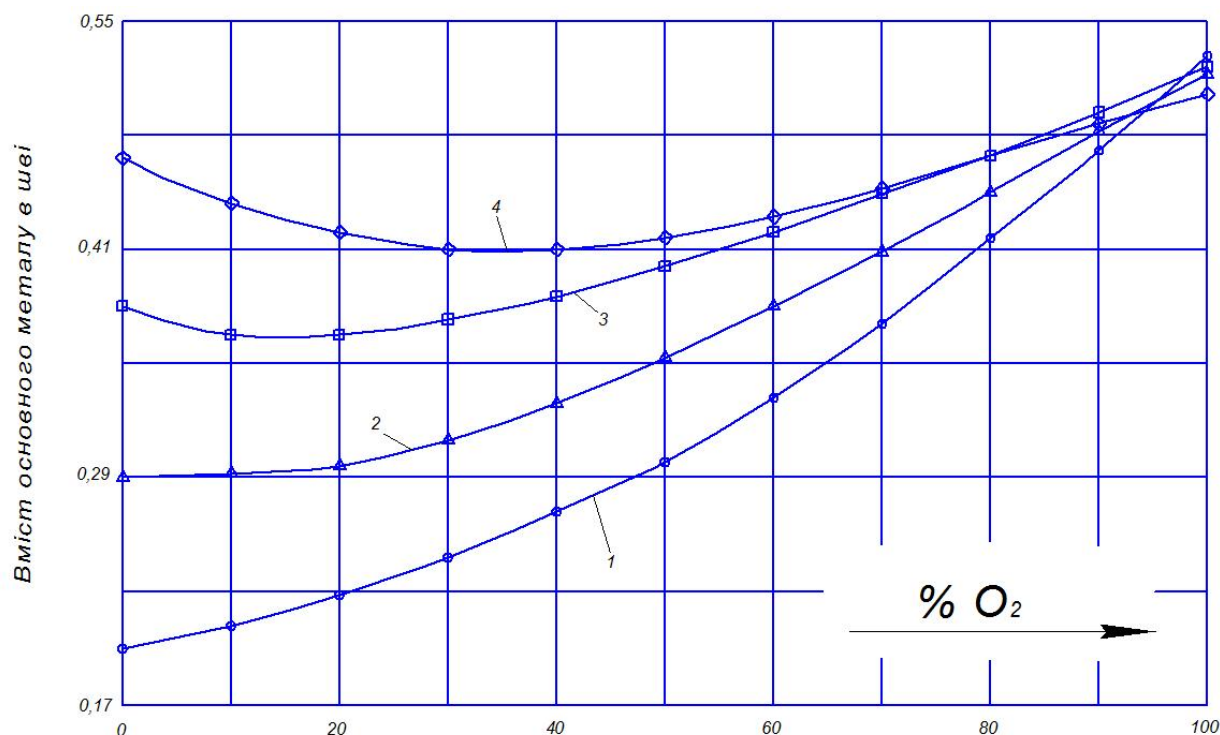
Одночасно розширюється інтервал концентрацій кисню у суміші CO_2+O_2 , при якому воно відбувається - від 0...10 % при 1,4 мм до 0...60 % при 2 мм. Водночас у випадку зварювання дротом 1,2 мм вміст вуглецю не зменшується і навіть зростає вже при додаванні до вуглекислого газу 10 % кисню.



де – 1 - 1,2 мм; 2 - 1,4 мм; 3 - 1,6 мм; 4 - 2 мм

Рисунок 3.3 – Вплив складу суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ на вміст вуглецю у валиках при різних діаметрах дроту

Однак, незважаючи на істотніше у цьому випадку зростання вмісту вуглецю у валиках, його концентрація все ж залишається меншою у широкому діапазоні вмісту кисню у газовій суміші – від 0 до 75 %. Такий характер впливу діаметра електродного дроту на концентрацію вуглецю у наплавлених валиках при зварюванні у середовищі $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ відповідає його впливу на вміст вуглецю у ванні, що визначається часткою основного металу у ній, та на його вигоряння.

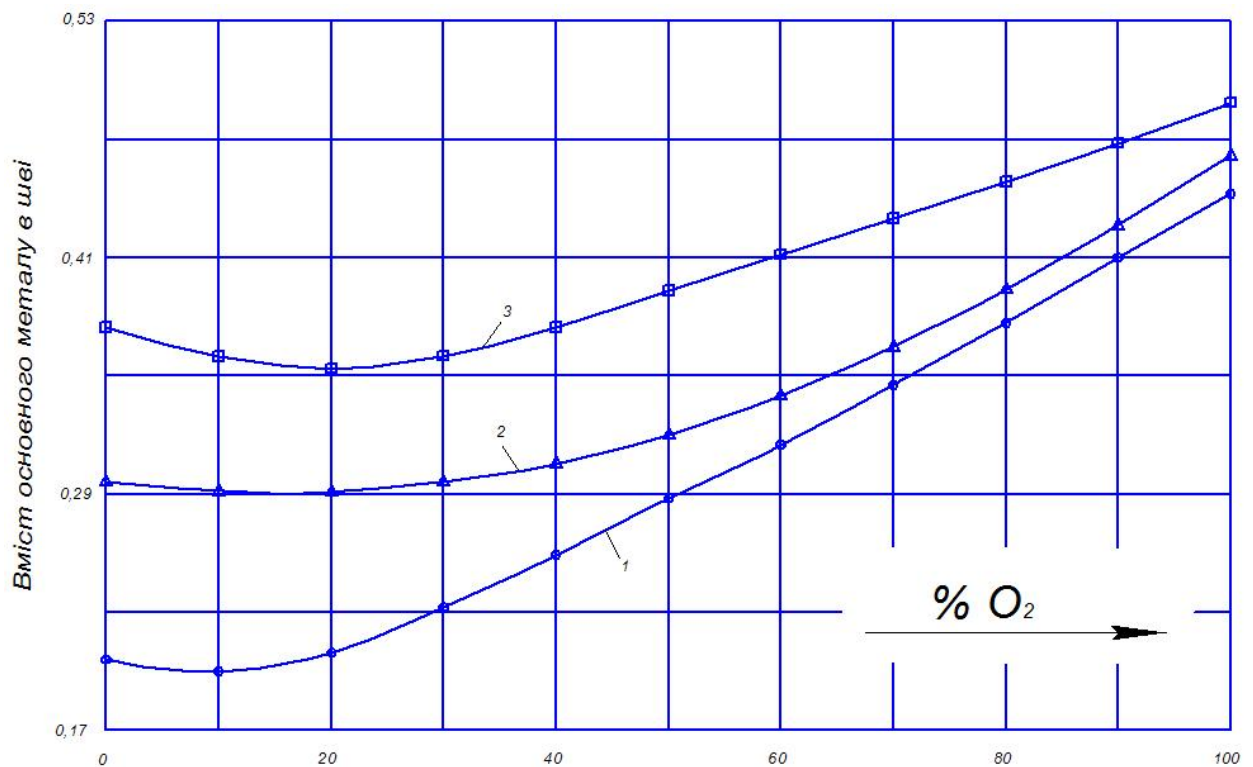


де – 1 - 1,2 мм; 2 - 1,4 мм; 3 - 1,6 мм; 4 - 2 мм

Рисунок 3.4 – Вплив складу суміші CO_2+O_2 на вміст основного металу (сталі) у валиках при різних діаметрах дроту

Отримані результати свідчать про те, що, незважаючи на зростання вигорання вуглецю у ванні при підвищенні вмісту кисню у газовій суміші CO_2+O_2 , вміст вуглецю у наплавлених валиках при цьому залишається доволі значним. Основна причина цього – істотне збагачення ванни вуглецем за рахунок збільшення частки у ній розплавленого основного металу (рис. 2.4). Цьому сприяють екзотермічні реакції окиснення, насамперед заліза. Аналіз шлаку, що знаходився на поверхні валиків, показав, що і його кількість, і вміст оксидів заліза у ньому помітно зростають зі збільшенням концентрації кисню у газовій суміші CO_2+O_2 .

Як вже зазначалось, одним із ефективних технологічних факторів, що впливають на проплавлення основного металу і частку його у валиках, є величина електродного вильоту. Із рис. 2.5 видно, що зі збільшенням електродного вильоту помітно зменшується частка основного металу для всіх складів газової суміші, причому зі зменшенням вмісту кисню цей вплив суттєвіший. Разом з тим, зі збільшенням електродного вильоту негативний вплив кисню у газовому середовищі посилюється, особливо при його концентраціях, більших за 20 %.



де – 1 - 60 мм; 2 - 40 мм; 3 - 20 мм

Рисунок 3.5 – Вплив складу суміші CO_2+O_2 на вміст основного металу (сталі) у валиках при різних електродних вильотах

3.3 Дослідження структурно-фазових перетворень та механічних властивостей зварних швів рами піввагона

В зварних швах маловуглецевих сталей первинну структуру можна спостерігати тільки після спеціального травлення. Звичайне травлення виявляє вторинну структуру. При повільному охолодженні кристали аустеніту, що утворилися з рідини при високій температурі в інтервалі температур від Ar_3 до Ar_1 перетворюються в ферит, аустеніт який залишився після перетворення з підвищеним вмістом вуглецю переходить в перліт. З осей дендритів першого порядку, що містять менше вуглецю і домішок, утворюються зерна фериту. Дендрит дробиться на кілька зерен. Перлітні зерна виходять з периферійних шарів дендритів і міждендритних прошарків. Ферито-перлітна структура зварного шва називається вторинною, тому що вона утворюється в процесі вторинної кристалізації з твердого розчину аустеніту [5].

Дрібнозерниста будова в наплавленому металі отримується при швидкому охолодженні, тобто при вторинній кристалізації. Але це не завжди можливо. Швидке охолодження в інтервалі 200 – 300 °С, особливо при зварюванні легованих сталей, може призвести до часткового або повного гартування металу шва. Внаслідок утворення мартенситу, що має більший об'єм, ніж перліт або ферит, у звареному шві виникають напруження, які можуть привести до утворення тріщин [28]. Ці тріщини називають холодними, тому що вони утворюються при відносно низьких температурах.

Щоб перевірити імовірність утворення мартенситу в зварному шві чи ЗТВ розраховують термічний цикл зварювання та аналізують його поведінку на термодіаграмі розпаду аустеніту даної сталі. Аналіз ведуть на ділянці перегріву.

Розрахунок термічного циклу проводимо за залежністю:

$$T(y_0, t) = \frac{q}{v \cdot \delta \cdot \sqrt{4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot c\gamma \cdot t}} \exp\left(-\frac{y_0^2}{4 \cdot a \cdot t} - b \cdot t\right) + T_0 \quad (3.3)$$

δ – товщина зварних листів, см;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/см К;

$c\gamma$ – об'ємна теплоємність, Дж/см³ К;

y_0 – відстань від джерела до розглянутої точки, см;

b – коефіцієнт температуровіддачі, $b = \frac{2 \cdot \alpha}{c\gamma \cdot \delta}$;

α – коефіцієнт теплообміну поверхні пластини з навколишнім середовищем;

T_0 – початкова температура виробу.

Розрахунки термічного циклу стикового з'єднання з обробленням кромek проведемо для останнього проходу автоматичного зварювання в середовищі CO₂+O₂.. Режим зварювання беремо з технологічного розділу. Вхідні дані для розрахунку:

коефіцієнт тепловіддачі, Дж/см ² с К	0,00188
коефіцієнт теплопровідності, Вт/см К	0,4
об'ємна теплоємність, Дж/см ³ К	5,0
температура, °С	1350
початкова температура виробу, °С	20
коефіцієнт температуропровідності	0,08
ефективний коефіцієнт нагрівання	0,7

товщина листів, що зварюються, см

0,6

Дані розрахунку стикового з'єднання при зварюванні без підігрівання:

величина струму дуги, А

240

напруга дуги, В

28

ефективна теплова потужність джерела

4704

швидкість зварювання, см/с

0,58

миттєва швидкість охолодження, град/с,

10,23

відстань від джерела до точки макс. темп., см

0,49

Дані розрахунку стикового з'єднання при зварюванні з підігріванням

величина струму дуги, А

240

напруга дуги, В

28

ефективна теплова потужність джерела

4704

швидкість зварювання, см/с

0,58

температура підігрівання, °С

200

миттєва швидкість охолодження, град/с,

2,95

відстань від джерела до точки макс. темп., см

0,57

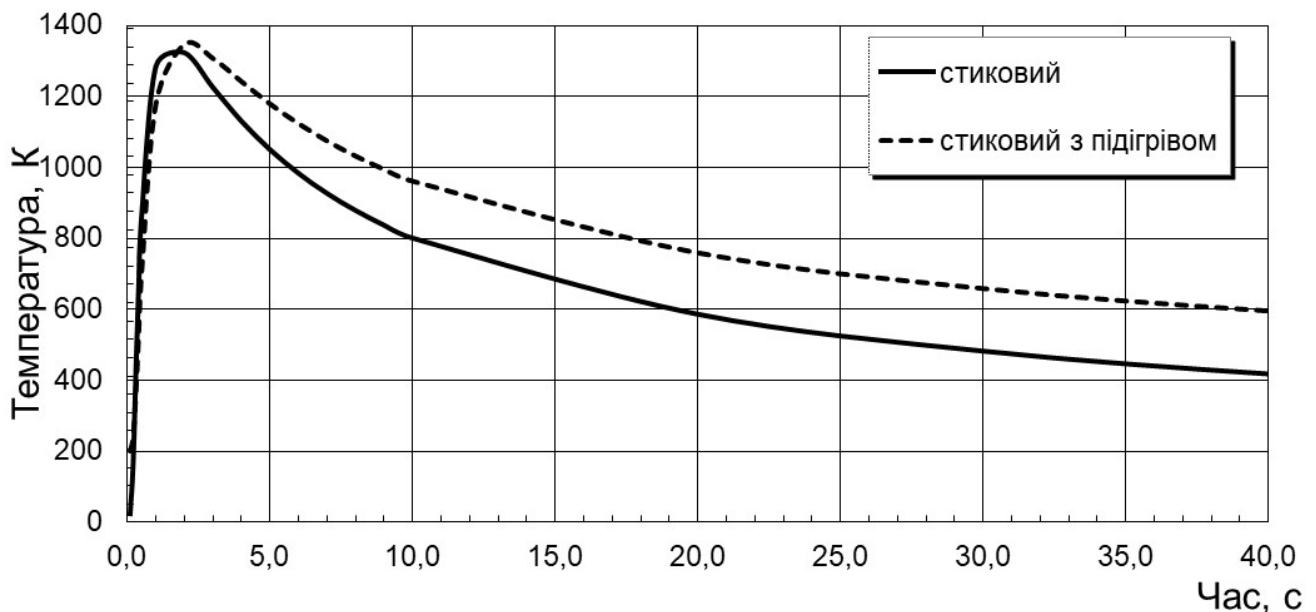


Рисунок 3.6 – Термічні цикли стикового зварного з'єднання

При охолодженні у структурі сталі створюються зерна фериту та цементиту та далі їх перлітні колонії. Проте якщо швидкість переохолодження далі збільшуватиметься товщина пластинок цементиту зменшуватиметься та зменшуватиметься температура їх

формування. Крім перлітної структури утворюються й інші похідні сорбіт або троостит. Нижніми температурами перліту, сорбіту та трооститу є відповідно: 920 К, 870 К, 770 К [5].

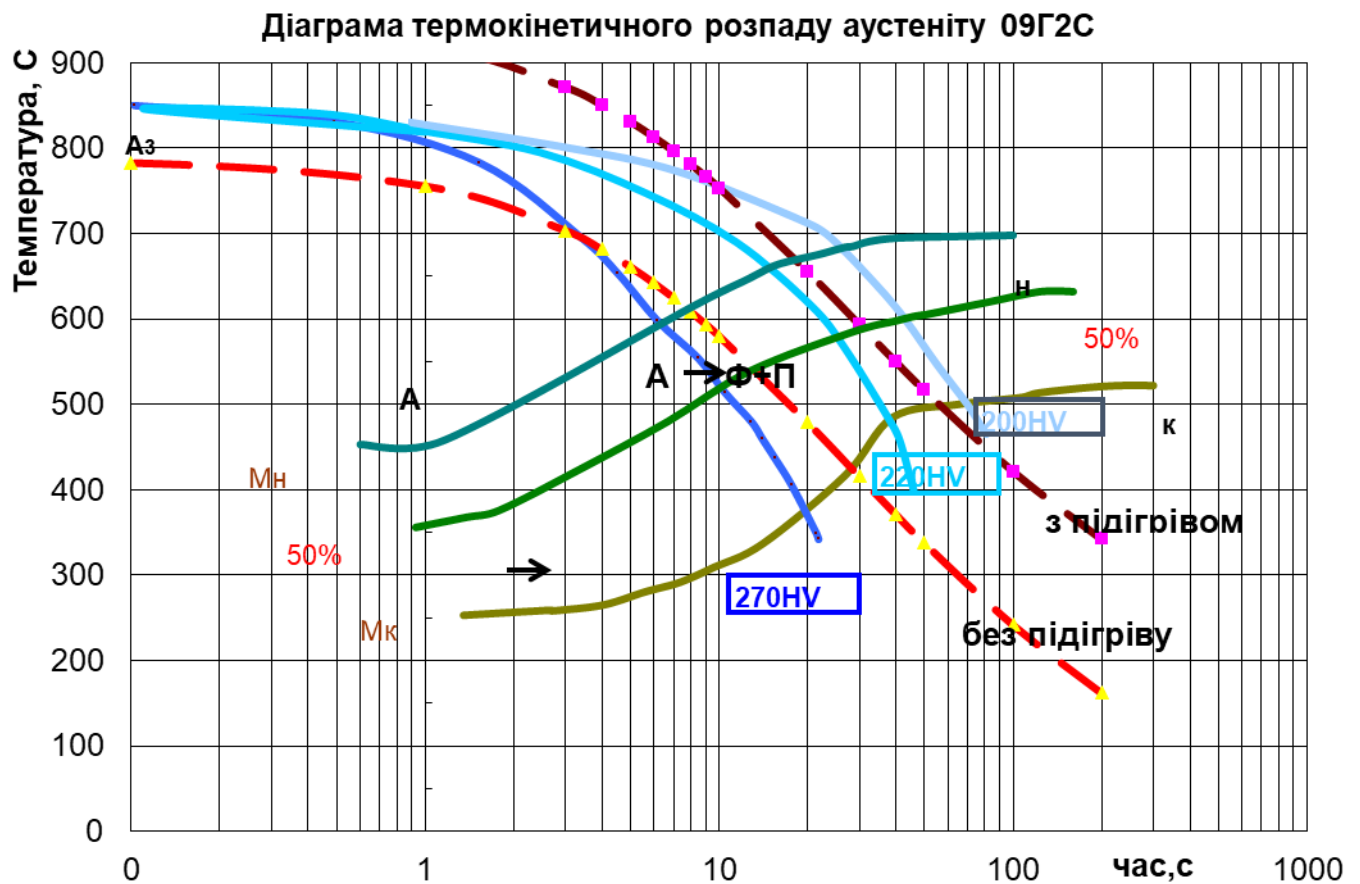


Рисунок 3.7– Термокінетична діаграма розпаду переохолодженого аустеніту сталі марки 09Г2С

Дослідження твердості аустенітних структур дозволили побудувати С-подібні криві початку та закінчення перетворення у координатах термічного циклу температура час. Щоправда для часу використано логарифмічні координати. Після отримання термічного циклу та суміщення початку перетворень нижче точки A_{c3} можна отримати картину змін структури та перетворень під час охолодження. Таким чином можна прогнозувати як структури так і властивості металу за кривими твердості [5].

Термокінетична діаграма для сталі 09Г2С -показана на рисунку 3.7. Отримані термічні криві охолодження зразків після зварювання без підігріву та з підігрівом показують точки перетину з границями перетворень. Для кривої без підігріву початок перетворень біля 870 К, а кривої охолодження зварювання з підігрівом вище 950 К. Дані термічні цикли показують про перетворення аустеніту у перлітну

структуру. Діаграма показує, що для даних режимів зварювання проводити підігрівання не потрібно, проте за умови вживання усіх необхідних заходів протидії поширенню водню у шві. Отже, імовірною структурою при автоматичному зварюванні у захисних газах буде сорбіт з твердістю близько 220 HV.

Висновки до третього розділу

1. Результати досліджень показали, що при використанні зварювання у суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ покращується випалювання вуглецю та зменшується наводнення шва.
2. Для найкращого зменшення вуглецю та водню необхідно враховувати частку розплавленого металу та оптимізація складу газової суміші, у межах 4-15% кисню.
3. Розрахунки еквіваленту вуглецю вказали на високу імовірність утворення холодних тріщин. Проте дослідження структурно-фазових перетворень термодинамічній діаграмі розпаду аустеніту сталі 09Г2С для розрахованого термічного циклу показали імовірну структуру сорбіту на ділянці перегрівання.

4 Конструкторська частина

4.1 Вибір зварювальних пристосувань

Загальна схема технологічного процесу складання та зварювання рами вагона передбачає такі операції: вузлове складання та зварювання елементів рами; загальне складання та зварювання рами.

При виготовленні рам вагонів спочатку здійснюють по вузлове складання та зварювання. Технологічними вузлами в цьому випадку є такі елементи рами: хребтова балка, шкворневі балки, поперечні та бічні балки. Вузли складають і зварюють на відокремлених робочих місцях паралельно процесу загального складання рами.

Найбільш складним і трудомістким вуз-лом при виготовленні рами є складання та зварювання хребтової балки. Так, як дана балка сприймає є несучою конструкцією рами з великою протяжністю зварного шва. Тому для її виготовлення застосовують спеціальний кондуктор.

Кондуктор для складання та зварювання хребтової балки має жорстку раму (рис. 4.1) з базовими поверхнями, на які укладають поздовжні елементи - зети. На краях кондуктора розміщені з однієї сторони відкидні упори , а з іншої - торцевий пневмопритискач. Для забезпечення необхідної відстані між вертикальними стінками профілів кондуктор обладнаний фіксуючими пристроями. З метою забезпечення прямолінійності стикового шва хребтової балки встановлено бічні упори-фіксатори та пневмопритискачі. Вигин балки у вертикальній площині запобігають за допомогою пневматичних притискачів.

Для повороту складеної хребтової балки та встановлення її у найбільш зручне положення при зварюванні застосовуються різні стенди-кантувачі: двохстійкові, одностійкові, кільцеві та ланцюгові. Двохстійкові кантувачі (рис. 4.2) прості за конструкцією і можуть застосовуватися для хребтових балок різних конструкцій. Поворот зварюваної балки можна здійснювати на 360° з фіксацією під будь-яким кутом [23].



Рис. 4.1 - Кондуктор для складання та зварювання хребтової балки [23]

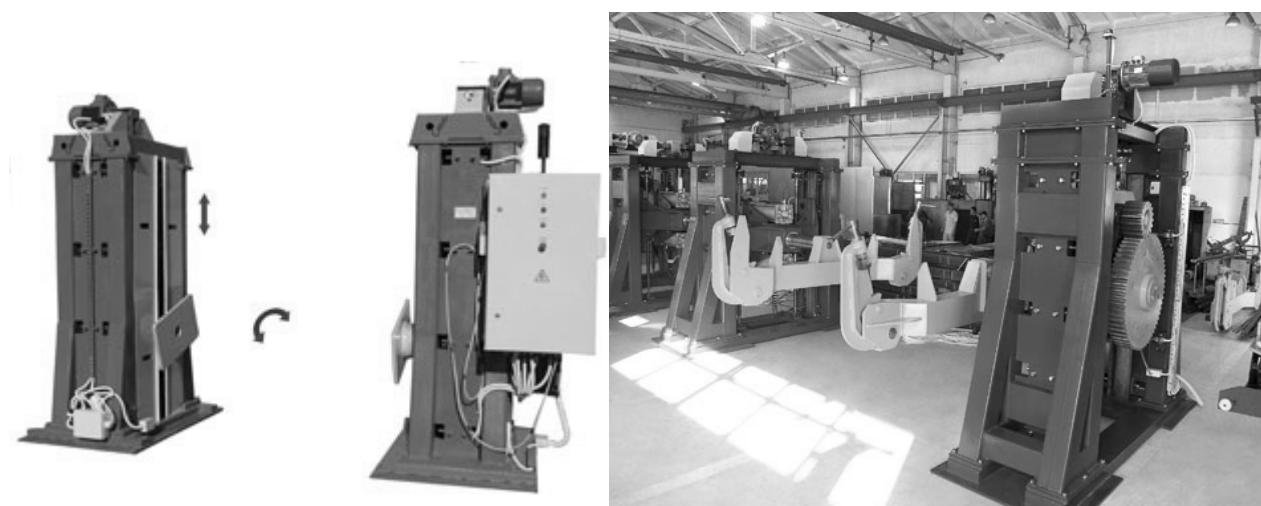


Рис. 4.2 – Двохстійковий кантувач з підйомними центрами [23]

Одностійкові кантувачі прості та універсальні, проте їх можна використовувати тільки при ручному та напівавтоматичному зварюванні. Для автоматичного зварювання такий кантувач не прийнятний, тому що не забезпечує фіксації положення балки.

Кільцеві кантувачі (рис. 3.4) застосовуються для встановлення та зварювання стикового шва хребтових балок. Вони дозволяють кантувати конструкцію на 360° із

фіксуванням її при певному куті нахилу. Дані кантувачі оснащені притискними пристроями, що забезпечують жорстке закріплення балки під час зварювання.

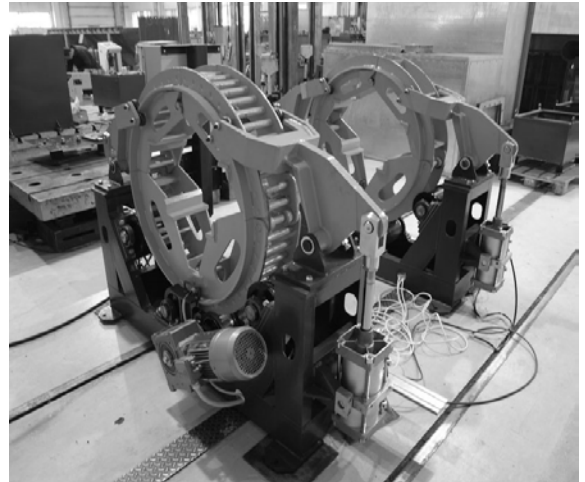


Рис. 4.3 – Кільцевий кантувач [23]

Для складання та зварювання шкворневих та поперечних балок застосовують спеціальні кондуктори (рис. 4.4 та 4.5 відповідно). Складання здійснюють за допомогою пневматичних та гвинтових притискачів та відкидних упорів.

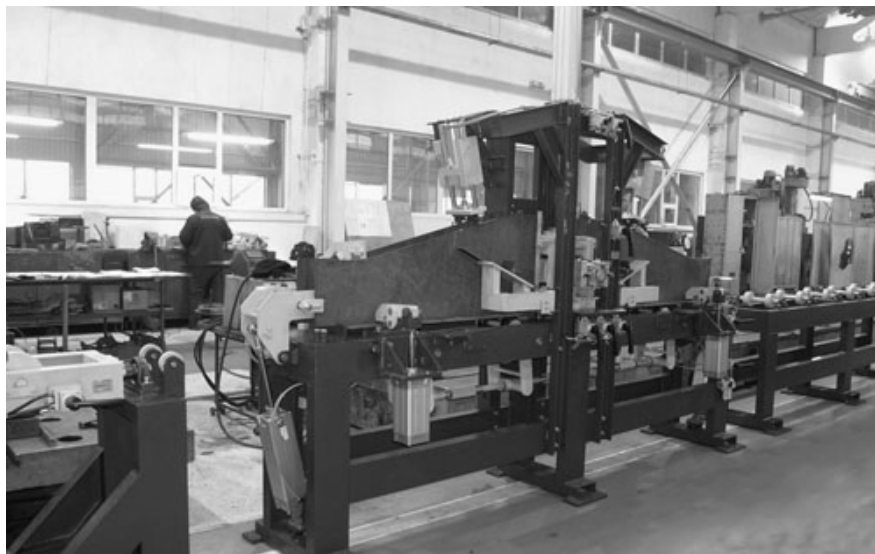


Рис. 4.4 – Кондуктор для складання шкворневої балки [23]

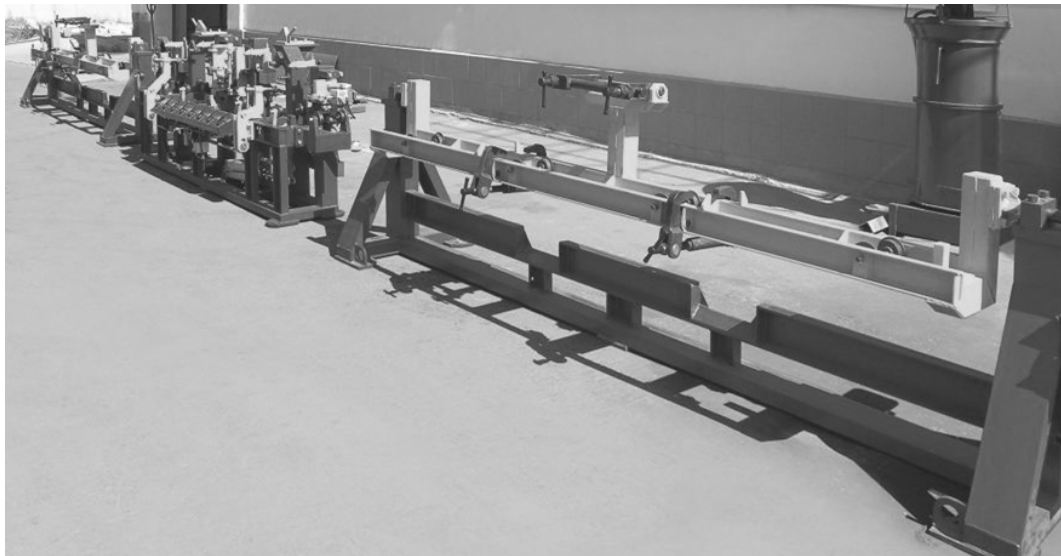
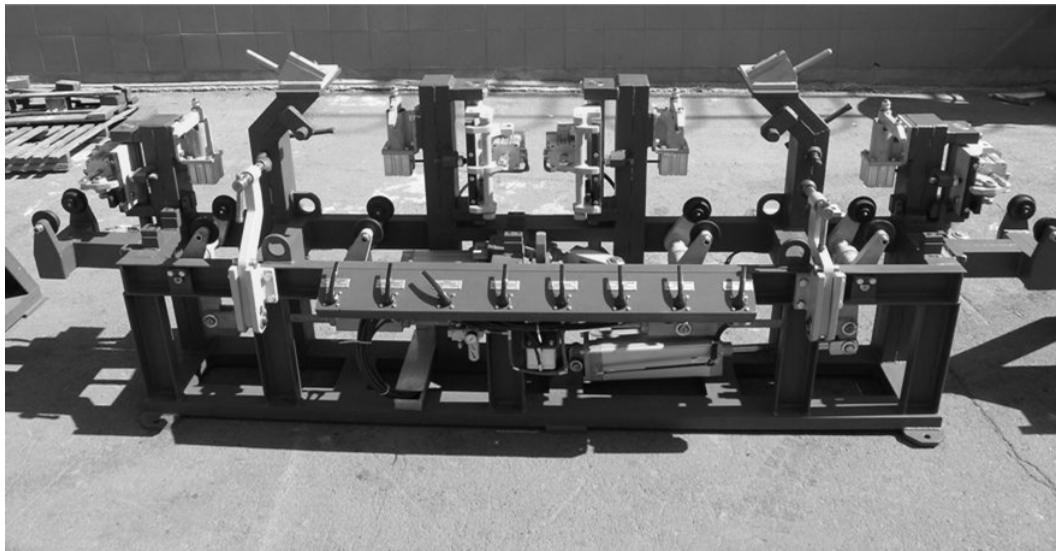


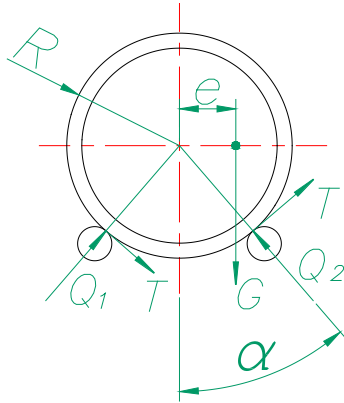
Рис. 4.5 – Кондуктор для складання поперечної балки [23]

Загальне складання рами із попередньо зварених технологічних вузлів та елементів проводиться в спеціалізованих кондукторах. Вони оснащені швидкодіючими пневматичними притисками. Для забезпечення точності складання хребтової балки із іншими поперечними балками, рама вагона складають у перевернутому положенні.

Після складання та зварювання хребтової балки із шкворневими та поперечними здійснюють повне складання рами, тобто встановлюють і приварюють обв'язку рами із бічних балок. Для цього застосовують спеціальний кондуктор. Після завершення складально-зварювальних операцій здійснюють складання та зварювання технологічних вузлів та елементів.

4.2 Розрахунок зварювального кільцевого кантувача

Відповідно розрахункової схеми рис.4.2 проводимо розрахунки кантувача для обертання у зручне положення хребтової балки [23]. Кантувач – це пристрій для переорієнтації виробу навколо похилої осі у зручне для зварювання положення.



G – маса з кільцями та виробом разом і складальними пристосуваннями ;
 e – зміщення від центру.

Рисунок 4.6.- Схема навантажень які діють на кантувач.

Визначення силових факторів: [13]

Вантажний момент:

$$M_{ep} = Ge \quad (4.5)$$

$$M_{ep} = 12000 \cdot 0,50 = 6000 \text{ нм.}$$

Склавши і вирішивши рівняння рівноваги щодо центру кільця і позначивши

$\frac{e}{R} = \varepsilon = 0,5$, находимо опорні реакції Q_1 і Q_2 окружні навантаження T :

$$Q_1 = \frac{G}{2} \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - \frac{\varepsilon}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) \quad (4.6)$$

$$Q_1 = \frac{15000}{2} \left(\frac{1}{\cos \frac{45^\circ}{2}} - \frac{0,5}{\operatorname{tg} \frac{45^\circ}{2}} \right) = 24619 \text{ н}$$

$$Q_2 = \frac{G}{2} \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{\varepsilon}{tg \frac{\alpha}{2}} \right); \quad (4.7)$$

$$Q_2 = \frac{15000}{2} \left(\frac{1}{\cos \frac{45^\circ}{2}} + \frac{0,5}{tg \frac{45^\circ}{2}} \right) = 24619..н$$

$$T = 0.5Ge; \quad (4.8)$$

$$T = 0.5 \cdot 12000 \cdot 0,50 = 3000$$

Розраховуємо поздовжній вал з максимальними навантаженнями:

$$N = \sqrt{Q_2^2 + T^2} \quad (4.9)$$

$$N = \sqrt{24619^2 + 3000^2} = 24619..н$$

Зусилля обертанню роликів, приведена до їхньої діаметру:

$$W = K_p \frac{Nfd_s + 2Q_2\mu}{D_p} \quad (4.10)$$

$$W = 1,2 \cdot \frac{24619 \cdot 0,02 + 2 \cdot 24619 \cdot 0,08}{0,380} = 12532..н$$

де: d_v – діаметр вала в підшипниках;

D_p – ролик опори;

f – коефіцієнт тертя у підшипниках;

$f=0.1$ для підшипників ковзання;

$f = 0.02$ кофіцієнт підшипників кочення;

$\mu = 0.08$ – тертя роликів опорних сталевих при кочені;

$\mu = 0.3$ – тертя роликових опор покриті гумою при кочені;

$K_p = 1.2$ – тертя кільця що враховується втрати при обертані роликів.

Крутні моменти які були передані кожним із двох поздовжніх валів: [13]

$$M_{кр1} = 0.5D_p(T + W) \quad (4.11)$$

$$M_{кр1} = 0.5 \cdot 0,380 \cdot (3000 + 12532) = 2951..нм$$

Згинальний момент згину, що діє на поздовжній вал в області підшипника:

$$M_u = Nk$$

$$M_u = k\sqrt{Q_2^2 + T^2} \quad (4.12)$$

$$M_u = 0,1 \cdot \sqrt{24619^2 + 3000^2} = 2480..нм$$

де k – відстань між прикладеною сили підшипника.

Еквівалентний момент:

$$M_{\vartheta} = \sqrt{M_{кр1}^2 + M_u^2} \quad (4.13)$$

$$M_{\vartheta} = \sqrt{2951^2 + 2480^2} = 3854..нм$$

Розрахунок валу:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10M_{\vartheta}}{[\sigma]}} \quad (4.14)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 3854}{60 \cdot 10^6}} = 0,0863..мм$$

Обертальний рух на поздовжні вали передається поперечним валом через черв'ячні редуктори. Крутний момент, діючий на поперечному валові кантувача:

$$M_{кр} = \frac{G}{i\eta_{ред}\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \cdot \left(0.5 \cdot D_p \cdot \varepsilon \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + K_p \cdot \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_p} \right) \quad (4.15)$$

$$M_{кр} = \frac{12000}{1 \cdot 1 \cdot \cos\left(\frac{45}{2}\right)} \cdot \left(0.5 \cdot 0,380 \cdot 0,5 \cdot \cos\left(\frac{45}{2}\right) + 1,2 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,086 + 2 \cdot 0,08}{0,380} \right) = 25489..нм$$

де: i – передаюче спів відношення черв'ячної пари;

$\eta_{ред}$ – К. К. Д. черв'ячного приводу.

Розраховуємо врівноважувальний моментом зчеплення сил опорних роликів

з кільцями.

$$Ge_{кр} = (Q_1 + Q_2) \cdot \varphi \cdot R \quad (4.16)$$

$$Ge_{кр} = (24619 + 24619) \cdot 0,3 \cdot 1 = 14771...нм$$

де: φ — зчеплення кілець з роликами:

ролики з гумовим покриттям $\varphi = 0.3 - 0.4$.

Якщо виразити ексцентриситет у частках радіуса кільця $\varepsilon_{кр} = \frac{e_{кр}}{R}$ і

поміняти Q_1 і Q_2 , то розглянути вираз можна привести до виду: [13]

$$\varepsilon_{кр} = \frac{\varphi}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad (4.17)$$

$$\varepsilon_{кр} = \frac{0,3}{\cos \frac{22,3}{2}} = 1,9$$

Граничне значення відносно ексцентриситету, може настати буксування, незалежить від маси обертових частин.

Запас зчеплення повинний бути не менш 3, тобто

$$K_{сц} = \frac{\varepsilon_{кр}}{\varepsilon} = \frac{e_{кр}}{e} \geq 3 \quad (4.18)$$

$$K_{сц} = \frac{1,9}{0,5} = 3,9 \geq 3$$

Розраховуємо потужність приводу кільцевго кантувача:

$$w = \frac{5 \cdot \pi}{30} = 0,5236$$

$$N = \frac{M_{кр} \cdot w}{9740 \cdot \eta_0} \quad [кВт] \quad (4.19)$$

$$N = \frac{25489 \cdot 0,52}{9740 \cdot 0,5} = 2,69 кВт$$

5 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1.1 Аналіз та усунення потенційних небезпек та шкідливості технологічного процесу

Небезпека ураження електричним струмом.

Складально-зварювальна ділянка включає в себе різне електрообладнання та електроустановки внаслідок цього виникає небезпека ураження електричним струмом. Тож у приміщенні необхідно підтримувати певний мікроклімат, вологість, спека, їдкий пи́л руйнів́но діють на ізоляцію.

Ділянка складання та зварювання відноситься до приміщень III класу, тобто до приміщень з особливо небезпечним ураженням електричним струмом. Мережа зварювального обладнання є 380 В.

Тому струмопровідні проводи надійно ізолюються і розміщені в закритих пазах підлоги. Поверхня обладнання пофарбована струмо-непровідною фарбою, струмопровідні частини обладнання огорожені. В наявності пристрої захисного блокування та лінійного захисту, написи та таблички у місцях ураження струмом.

Всі конструктивні елементи обладнання, що працюють під напругою закриті захисними кожухами.

На ділянці використовується метод захисного заземлення,

Вихідні дані до розрахунку захисту від ураження електричним струмом:

- напруга електроустановок 380 В;
- ґрунт – глина;
- розміри ділянки цеху 12x27 м;
- глибина закладення стержнів від поверхні землі $H = 3\text{ м}$.

5.1.2 Небезпека термічного опіку

До небезпечних шкідливих факторів можна віднести: дотик до гарячих частин виробу; виплеск бризок розплавленого металу.

Щоб уникнути опіків необхідно забезпечити працюючих засобами індивідуального захисту:

захисними окулярами;

спецодягом (рукавиці, шапочка, куртка зі штанами або фартух та спецвзуття).

5.1.3 Аналіз та заходи щодо запобігання надзвичайним ситуаціям

Попередження аварій технологічного обладнання. Під час роботи на устаткуванні необхідно стежити за правильною роботою обладнання.

Забезпечення вибухонебезпечної безпеки. За пожежною безпекою ділянка відноситься до категорії «Г».

Джерела запалювання: • бризки розплавленого металу; • замикання електропроводки.

Займисті речовини не застосовуються.

Як засоби пожежогасіння використовуються вогнегасники типу ОУ2А, ОУ5 тощо. або порошкові вогнегасники зі складом ПСБ-3.

Також на ділянці є брукт, багор, цебро, комплект для різання електричних проводів, азбестове полотно, лопата, лопата совкова, рукав пожежний, захисний екран 1,4х2 м, стійка для екранів, бак з піском .

З метою уникнення спалаху слід виключити попадання бризок розплавленого металу на горючі матеріали. Усі електричні ланцюги живляться через запобіжні щити.

5.2 Охорона праці

5.2.1 Загальна характеристика проектного об'єкта з погляду безпечних умов праці

Машинобудування одна із травмо небезпечних виробництв, отже, поліпшення умов охорони праці має величезне соціальне та екологічне значення.

Завдання охорони праці - звести до мінімуму ймовірність ураження чи захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту за максимальної продуктивності праці.

У свою чергу, продуктивність праці підвищується за рахунок збереження здоров'я та працездатності людини, економії живої праці шляхом підвищення рівня використання робочого часу, продовження періоду активної трудової діяльності людини, економії суспільної праці шляхом підвищення якості продукції, поліпшення використання основних виробничих фондів, зменшення кількості аварій.

На основі підвищення технічного рівня виробництва скорочується застосування ручної та важкої праці, підвищується рівень оснащення підприємств засобами виробничої санітарії, техніки безпеки та пожежної безпеки.

Головним завданням є створення безпечного обладнання, технологій та засобів транспортування, професійні захворювання та травматизм скорочується.

Здоров'я людей часто компенсується надбавками до заробітної плати.

Об'єктом розробки є розробка технологія збирання та зварювання горизонтального резервуара.

У проектованому варіанті пропонується ввести механізоване та автоматичне зварювання в суміші газів (аргон + вуглекислий), а також автоматичне під шаром флюсу, складально-зварювальні пристрої що в значною мірою покращить умови праці та зменшить травматизм.

5.2.2 Об'ємно-планувальне рішення будівлі проекрованої ділянки

Мінімальна площа на кожного робітника – не менше $4,5 \text{ м}^2$, а обсяг 15 м^3 .

Відстань між обладнанням $1,5 - 2 \text{ м}$, в залежності від його розташування.

Висота до стелі $H = 9 \text{ м}$;

Площа ділянки $S = 324 \text{ м}^2$.

Об'єм ділянки $V = 3240 \text{ м}^3$.

Довжина ділянки $= 27 \text{ м}$;

Ширина ділянки $A = 12 \text{ м-коду}$.

Ці дані відповідають санітарним нормам СП 2.2.1.1312-03

Проектована ділянка може перебувати на території заводу, і буде належати до IV класу шкідливості.

Ширина санітарної зони – 50 м .

Будівля, в якій знаходиться ділянка, зверху захищена покриттям, на якому розміщена теплоізоляція для підтримки в будівлі необхідної температури, а поверх її гідроізоляційний шар. Знизу навколо навантажених стін робиться вимощення з ухилом $0,03$, що служить для відведення дощових та талих вод від фундаменту та цоколя. У стінах будівлі передбачені регульовані припливні та витяжні отвори Для індивідуального захисту від шкідливої пари та пилу у робочого персоналу є респіратори.

5.2.3 Виробнича санітарія

Мікроклімат виробничих приміщень.

На ділянках виконуються роботи, що відносяться до фізичних робіт середньої тяжкості (категорії Па) — роботи середньої тяжкості охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії становить від 150 до 200 ккал/год (172 — 232 Дж/с), це роботи, пов'язані з ходьбою та перенесенням невеликих (до 10 кг) ваг.

Для підтримки необхідної температури передбачено водяну систему опалення. Так само в період холодної пори року використовуються надлишки тепла разом із опаленням. Для встановлення оптимального мікроклімату в будівлі ділянки передбачено вентиляцію.

Нормальне освітлення створює хороші умови для роботи. На ділянці використовується як штучне, і природне освітлення. Значення коефіцієнта природного освітлення встановлюється відповідно до СНиП 23-05-95.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунків

Назва приміщення	Характер зорової роботи та її розряд	Розмір розрізнення, мм	Нормоване значення КЕО,		Нормована освітленість при штучному освітленні, лк		тип світильника, марка, потужність, світловий потік
			комб. осв.	бок. осв.	комб. осв.	В т.ч. загал.	
1	2		4	5	6	7	8
Ділянка для зварювання	Середня точність IV	Від 0,5 до 1,0	750	200	750	200	TOPFLOOD HIT 1000 dw E40, 80000 лм

Враховуючи, що робота, що виконується на ділянці, відноситься до робіт середньої точності (розряд зорової роботи IV), приймаємо коефіцієнт природного освітлення $КЕО = 4$.

Розмір об'єкта, що розрізняється, від 0,5 до 1 мм. Приймаємо освітленість $E_n = 300$ лк. Відповідно до СНиП 23-05-95 під час виконання робіт I-IV розряду слід застосовувати комбіновану систему освітлення.

Раціонально спроектоване освітлення приміщень дозволяє підвищити якість роботи та безпеку праці. Розрахунок загального штучного освітлення наведено в табл. 5.1.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі магістра проведено удосконалення технології виготовлення вузлів рами напіввагона моделі 12-753.

Було проведено аналіз матеріалу для виготовлення рами напіввагона, а саме сталь 09Г2С. За розрахунками було рекомендовано проводити попереднє підігрівання зварювальних кромок.

На основі аналізу вирішено використати для зварювання конструкції хребтової балки автоматичне електродугове зварювання під флюсом, а також автоматичне електродугове зварювання в захисній газовій суміші вуглекисного газу та кисню. Для даних способів підібрано зварювальні матеріали. З метою дослідження оптимального складу газової суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ проведено її дослідження впливу на формування зварного шва та вигорання вуглецю.

З метою підвищення точності виготовлення вузлів хребтової балки вирішено проводити процес зварювання на кільцевому кантувачі, що дозволяє підвищити точність складання та позиціонування для застосування автоматичного зварювання під флюсом на одному робочому місці. Також при цьому зменшується ручна праця та вивільняються площі.

У роботі проведено аналіз імовірних шкідливостей техпроцесу та запропоновано заходи, щодо їх зменшення, дано загальну характеристику зпроектованого об'єкта з погляду безпечних умов праці.

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://www.kvsz.com/index.php/ua/>
3. Гитлевич А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства / Гитлевич А.Д., Этингоф Л.А. - М.: Машиностроение, 1972. – 280 с.
4. Марочник сталей и сплавов / Под ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
5. Коперсак, В.М. Теорія процесів зварювання [Текст]: Текст лекцій (в двох частинах) / В.М. Коперсак – 4-е вид., випр. і доп. –К.: НТУУ «КПІ».-228 с.
6. Борзилов І.Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів: Підручник. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – Т.1. – 245 с.
7. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Під ред. академіка Б. Є. Патона. - М.: Машинобудування, 1974. - 767с.
8. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. - М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
9. Думов С.И. Технологияэлектрической сварки плавлением: учеб. / С.И. Думов. – Л.: Машиностроения, 1987. – 640 с.
10. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник / О.М. Костін – Миколаїв: НУК, 2004. –225 с.
11. ГОСТ 8713-79 Зварювання під флюсом. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
12. ГОСТ 14771-76 Дугове зварювання в захисних газах. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
13. Общемашиностроительное укрупнение. Норматив времени на дуговую сварку в среде защитных газов – М.: Экономика, 1989. – 180 с.
14. 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 – 2000, 2013. – 224 с.
15. <https://kzes.com/en/>

16. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. – К.: Основа, 2021. – 400 с.
17. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций. В.А. Троцкий, В.П. Редько и др. Под ред. В.А. Троцкого. – К.: Техника, 1986. -519 с.
18. <https://www.olympus-ims.com/ru/epoch650/>
19. <https://svartech.com.ua/>
20. <https://www.starki.com.ua/lentochnopylnyj-standok-special-700di-a-macc/>
21. <https://tvagonm.com.ua/catalog/>
22. ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження.Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги,методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання».
23. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.
27. Яцюк В. О. Особливості застосування капілярного методу неруйнівного контролю зварних з'єднань тонкостінних конструкцій / В. О. Яцюк, А. Ю. Фараонов, Валерій Володимирович Лазарюк // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 118–119. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).
28. Федун Ю. В. Способи зменшення напружень у зварних з'єднаннях / Бордун В. Л., Литвин С. А., Федун Ю. В. // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2024) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. – С.36.
29. Shanaida V., Skliarov R., Lazaryuk V. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations // Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, 22–24 Nov. 2023. – CEUR Workshop Proceeding, 2023. V. 3628. Available online:<https://ceur-ws.org/Vol-3628/paper12.pdf>

30. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. – К.: Основа, 2010. – 240 с.
31. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Під ред. Я.Г. Бедрія. – Львів., 1997. – 275с.
32. Жидецький В. Ц., Джиги рей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Підручник.- Видавництво 5-те, доповнене. – Л.: Афіша, 2000. -350 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1 - СПЕЦИФІКАЦІЇ

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 23-721.01.00.000 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	KPM 23-721.01.00.001	Механізм підймання	2	
		2	KPM 23-721.01.00.002	Каретка ліва	1	
		3	KPM 23-721.01.00.003	Каретка права	1	
		4	KPM 23-721.01.00.004	Стійка	1	
		5	KPM 23-721.01.00.005	Стійка	1	
		6	KPM 23-721.01.00.006	Настил підлоги	1	
		7	KPM 23-721.01.00.007	Трубопровід	2	
		8	KPM 23-721.01.00.008	Трубопровід	1	
		9	KPM 23-721.01.00.009	Упор	2	
		10	KPM 23-721.01.00.010	Фундамент	1	
		11	KPM 23-721.01.00.011	Схема встановлення		
				стійок кантувача на		
				фундамент	1	
		12	KPM 23-721.01.00.012	Настил підлоги	1	
		13	KPM 23-721.01.00.013	Фундамент	1	
		14	KPM 23-721.01.00.014	Схема встановлення		
				стійок кантувача на		
				фундамент	1	
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата	KPM 23-721.01.00.000 Зварювальний кантувач	
Розроб.	Федун					
Перевір.	Лазарюк					
Рецензент	Шанайда					
Н. контр.	Ткаченко					
Зав. каф.	Окіпний					
					Літ.	Лист
						1
					Листів	3
					ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МПм-61	

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				<u>Деталі</u>		
		16	KPM 23-721.01.00.016	Планка	3	
		17	KPM 23-721.01.00.017	Скоба	2	
		18	KPM 23-721.01.00.018	Скоба	2	
		19	KPM 23-721.01.00.019	Кронштейн	1	
		20	KPM 23-721.01.00.020	Кронштейн	1	
		21	KPM 23-721.01.00.021	Прокладка	2	
		22	KPM 23-721.01.00.022	Планка	4	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		31		Болт М8х20.58		
				ГОСТ 7808-70	2	
		32		Болт М8х45.58		
				ГОСТ 7808-70	5	
		34		Гвинт 2М5х45.58		
				ГОСТ 17473-72	4	
		36		Гайка М20.5		
				ГОСТ 5927-70	16	
		40		Шайба 8.01		
				ГОСТ 11371-78	4	
		41		Шайба 20.01		
				ГОСТ 11371-70	16	
		43		Кран пневматичний ручний		
				d-10	3	
						Акр
						2
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	KPM 23-721.01.00.000	

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 23-721.03.00.000 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	KPM 23-721.03.01.000	Стояк лівий	2	
		2	KPM 23-721.03.02.000	Муфта	1	
		3	KPM 23-721.03.03.000	Тумба привідна	1	
		4	KPM 23-721.03.04.000	Фундамент	1	
		5	KPM 23-721.03.05.000	Циліндр пневматичний	2	
		6	KPM 23-721.03.06.000	Стояк правий	2	
		7	KPM 23-721.03.07.000	Наконечник	2	
		8	KPM 23-721.03.08.000	Плита	1	
		9	KPM 23-721.03.09.000	Тумба	1	
		10	KPM 23-721.03.10.000	Стояк	4	
		11	KPM 23-721.03.11.000	Циліндр пневматичний	8	
		12	KPM 23-721.03.12.000	Стояк фіксатора	2	
		13	KPM 23-721.03.13.000	Редуктор	1	
		14	KPM 23-721.03.14.000	Пневматична схема	1	
				KPM 23-721.03.00.000		
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата	Кантувач для зварювання рами вагона	
Розроб.	Федун					
Перевір.	Лазарюк					
Рецензент	Шанайда					
Н. контр.	Ткаченко					
Зав. каф.	Окіпний				ТНТУ, ФМТ каф. МТ, гр. МПм-61	

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			КРБ 23-721.04.00.000 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КРБ 23-721.04.01.000	Притискач бокового		
				швелера	4	
		2	КРБ 23-721.04.02.000	Притискач і фіксатор		
				хребтової балки	2	
		3	КРБ 23-721.04.03.000	Притискач і фіксатор		
				листа лобового	4	
		4	КРБ 23-721.04.04.000	Опора і фіксатор		
				шкворневої балки	4	
		5	КРБ 23-721.04.05.000	Притискач листа лобового		
				до кронштейна	4	
		6	КРБ 23-721.04.06.000	Притискач шкворневої		
				балки	4	
		7	КРБ 23-721.04.07.000	Фіксатор	4	
		8	КРБ 23-721.04.08.000	Фіксатор вертикального		
				листа	2	
		9	КРБ 23-721.04.09.000	Фіксатор і притискач		
				нижнього листа	1	
		10	КРБ 23-721.04.10.000	Опора	2	
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата	КРБ 23-721.04.00.000 Стенд для складання рами вагона з бункерами	
Розроб.	Федун					
Перевір.	Лазарюк					
Рецензент	Шанайда					
Н. контр.	Ткаченко					
Зав. каф.	Окіпний				Літ. Лист Листів ТНТУ, ФМТ каф. МТ, гр. МПм-61	
					1	2

[illegible]