

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут (факультет) Кораблебудівний

Кафедра Зварювального виробництва

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

« » 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»
(потрібне залишити)
на тему: Розробка технології складання і зварювання боковини шкільного автобуса зі сталі 09г2с

Виконав: студент групи 4127ст3
Булавін Руслан Миколайович Булавін
(підпис)

Керівник роботи: **Бутурля Є.А.**
викладач, PhD
(посада, науковий ступень вчене звання)
Бутурля
(підпис)

Миколаїв – 2025 р

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально науковий інститут (факультет) КННІ

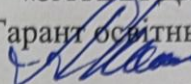
Кафедра зварювального виробництва _____

Спеціальність 131 прикладна механіка _____

Освітня програма Інжиніринг зварювання та споріднених процесів _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми



(підпис)

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Булавін Руслан Миколайович

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології складання і зварювання боковини шкільного автобуса зі сталі 09Г2с

Керівник роботи Бутурля Євген Андрійович

Затверджені наказом ректора № _____ від «___» _____ 20__ року

2. Термін подання роботи: _____

3. Вихідні дані по роботі: креслення боковини автобуса

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) _____

1. Стандартні технології виготовлення боковини автобуса; 2. Технологічне обґрунтування виготовлення; 3. Підбір та проектування виробничого оснащення;
4. Складання виробу: розробка технологічної послідовності; 5. Економічний розділ;
6. Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів Презентація, креслення боковини автобуса

6. Консультанти розділів роботи

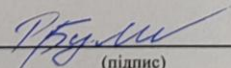
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Бутурля Є.А., викладач	03.03.2025	14.03.2025
2	Бутурля Є.А., викладач	15.03.2025	31.03.2025
3	Бутурля Є.А., викладач	01.04.2025	14.04.2025
4	Бутурля Є.А., викладач	15.04.2025	30.04.2025
5	Бутурля Є.А., викладач	01.05.2025	14.05.2025
6	Бутурля Є.А., викладач	15.05.2025	28.05.2025

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Стандартні технології виготовлення боковини автобуса	14.03.2025	
2.	Технологічне обґрунтування виготовлення	31.03.2025	
3.	Підбір та проектування виробничого оснащення	14.04.2025	
4.	Складання виробу: розробка технологічної послідовності	30.04.2025	
5.	Економічний розділ	14.05.2025	
6.	Охорона праці	28.05.2025	
7.			
8.			
9.			
10.			

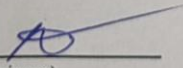
Студент


(підпис)

Булавін Р.М

(ПІБ)

Керівник роботи


(підпис)

Бутурля Є.А

(ПІБ)

Анотація.

У кваліфікаційній роботі розглянуто процес розробки технології складання та зварювання боковини шкільного автобуса. Проведено конструктивний аналіз виробу та надано характеристику основного металу, що використовується у виготовленні.

Описано поширені технологічні рішення складання та зварювання аналогічних конструкцій. Обґрунтовано вибрані способи зварювання, виконано розрахунок відповідних зварювальних режимів та оцінено втрату стійкості конструкції з подальшим аналізом отриманих результатів.

Сформовано технологічний процес складання-зварювання з урахуванням раціонального вибору зварювальних матеріалів і обладнання. Також наведено методи контролю якості зварних швів.

У розділі, присвяченому охороні праці, проаналізовано потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори, а також запропоновано заходи щодо їх усунення. Проведено розрахунок вентиляційної системи приміщення для забезпечення безпечних умов праці.

Окрім цього, здійснено економічний розрахунок собівартості зварювальних робіт у межах річної виробничої програми.

Загальний вміст пояснювальної записки складає 71 аркуш та містить 6 розділів.

Ключові слова: 09Г2С, боковина автобуса, тонколистове з'єднання

Abstract.

The qualification work considers the process of developing the technology for assembling and welding the sidewall of a school bus. A structural analysis of the product is carried out and the characteristics of the base metal used in its manufacture are provided.

Common technological solutions for assembling and welding similar structures are described. The selected welding methods are justified, the corresponding welding modes are calculated, and the loss of structural stability is estimated with further analysis of the results obtained.

The technological process of assembling and welding is formed taking into account the rational choice of welding materials and equipment. Methods for controlling the quality of welds are also provided.

In the section devoted to labor protection, potentially dangerous and harmful production factors are analyzed, and measures are proposed to eliminate them. The calculation of the ventilation system of the premises is carried out to ensure safe working conditions.

In addition, an economic calculation of the cost of welding work within the annual production program is carried out.

The total content of the explanatory note is 71 sheets and contains _6_ sections.

Keywords: 09G2S, bus sidewall, sheet metal connection

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. Стандартні технології виготовлення боковини автобуса.....	4
1.1. Опис конструкції та оцінка зварюваності матеріалу боковини.....	5
1.2. Характеристика основного металу.....	7
1.3 Типові технології складання і зварювання кузовних елементів <u>зі сталі 09Г2С</u>	9
1.4 Забезпечення точності виготовлення <u>боковини</u>	13
Висновки та постановка задач дипломного проекту.....	16
2. Розрахунок технології виготовлення.....	17
2.1 Вибір та обґрунтування способів зварювання та зварювальних матеріалів.....	18
2.1.1 Вибір та обґрунтування способів зварювання.....	18
2.1.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів.....	21
2.2 Розрахунок режимів зварювання.....	25
2.2.1 Механізоване зварювання в захисному газі.....	25
2.3 Розрахунок втрати стійкості обшивки боковини автобуса.....	27
2.4 Методи боротьби з хвилястістю листа	32
Висновки.....	35
3. Розробка засобів технічного оснащення.....	36
3.1 Вибір та обґрунтування зварювального устаткування.....	37
3.2 Опис конструкції складально-зварювальної оснастки.....	40
3.3 Вибір та обґрунтування засобів транспортування	42
Висновки.....	44
4. Розробка технології складання.....	45
4.1 Принципова послідовність виконання операцій.....	46
4.2 Розробка технологічного процесу виготовлення <u>боковини</u>	47
4.3. Контроль якості зварювання.....	48

					КР.131.4121з.01.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки.....	50
5. Економічний розділ.....	51
5.1. Розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску.....	52
Висновки.....	55
6. Охорона праці.....	56
6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів праці при зварюванні вуглецевої сталі.	57
6.2 Розрахунок системи місцевої вентиляції.	61
6.3 Заходи щодо усунення шкідливих факторів на зварювальному виробництві.	63
Висновки.....	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	67
Список використаних джерел.....	70

					КР.131.4121з.01.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП.

У сучасному виробництві зварних тонкостінних металоконструкцій, зокрема у транспортному машинобудуванні, простежується стійка тенденція до збільшення обсягів механізованого та автоматизованого зварювання, застосування нових конструкційних матеріалів і впровадження передових зварювальних процесів. Це супроводжується ускладненням вимог до експлуатаційних характеристик конструкцій, що, своєю чергою, стимулює активний розвиток науки і техніки у сфері зварювального виробництва.

Забезпечення високої надійності, довговічності та економічності зварних конструкцій можливе лише за умови комплексного аналізу та оптимізації технології їх виготовлення. Особливої актуальності це набуває під час розробки конструкцій великогабаритних зварних вузлів, таких як боковина шкільного автобуса, що має складну просторову форму та включає значну кількість зварних з'єднань.

У структурі виробництва зварних конструкцій основну частку витрат становлять складально-зварювальні операції, на які припадає до 75–80 % загальної трудомісткості виготовлення. Тому ключовим напрямом підвищення ефективності виробництва є комплексна механізація та автоматизація складально-зварювальних процесів із використанням сучасних матеріалів, обладнання, пристосувань і роботизованих систем.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка технології виготовлення боковини шкільного автобуса шляхом зварного складання конструктивних елементів відповідно до актуальних тенденцій розвитку зварювального виробництва.

					КР.131.4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

					КР.131.4127ст3.01.06.ПЗ			
Изм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>1. Стандартні технології виготовлення боковини автобуса</i>	Лит.	Аркуш	Аркушів
Студент		Булавін Р.М.						
Консультант								
Керівник		Бутурля Є.А.				НУК		
Зав. каф		Драган С.В.						

1.1. Опис конструкції та оцінка зварюваності матеріалу боковини

Боковина шкільного автобуса є одним із основних елементів каркаса кузова, що виконує як несучу, так і захисну функцію. Вона забезпечує загальну жорсткість кузова, бере участь у розподілі навантажень під час руху транспортного засобу, а також забезпечує безпеку пасажирів у разі зіткнень або перекидання.

Конструкція боковини включає вертикальні та горизонтальні елементи каркаса, віконні прорізи, дверні стійки та зовнішню обшивку. Всі ці елементи мають бути жорстко з'єднані між собою за допомогою зварювання та забезпечувати достатню міцність і жорсткість в умовах статичних і динамічних навантажень, а також впливу навколишнього середовища (температурні коливання, волога, дорожні реагенти тощо).

(рис. 1.1).

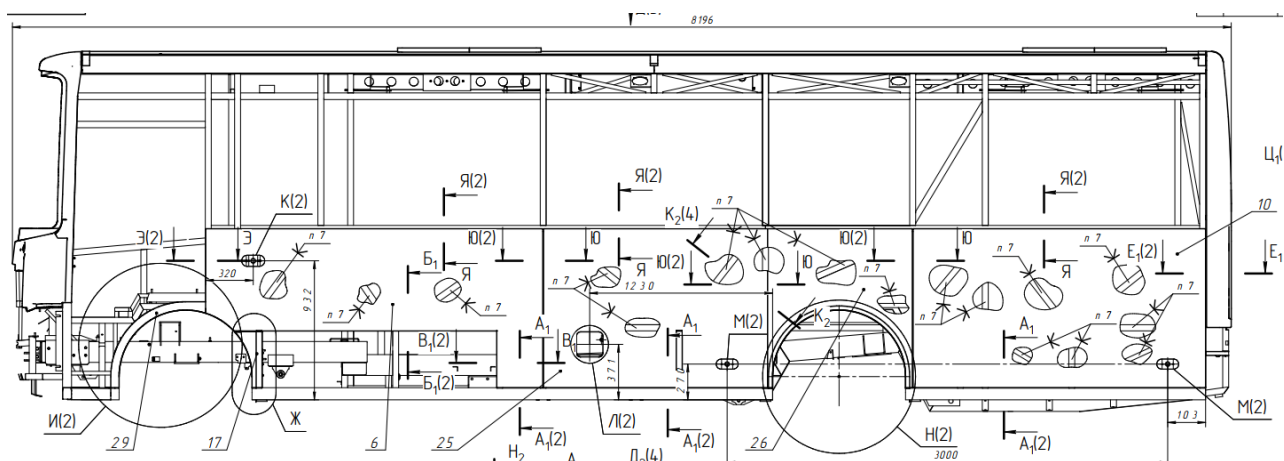


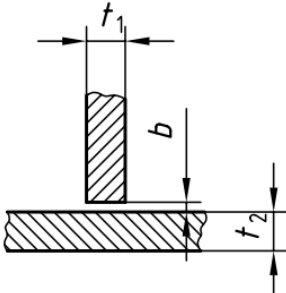
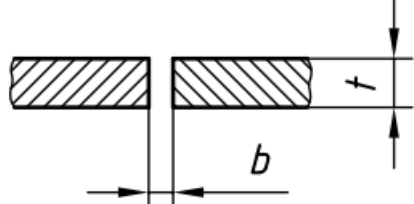
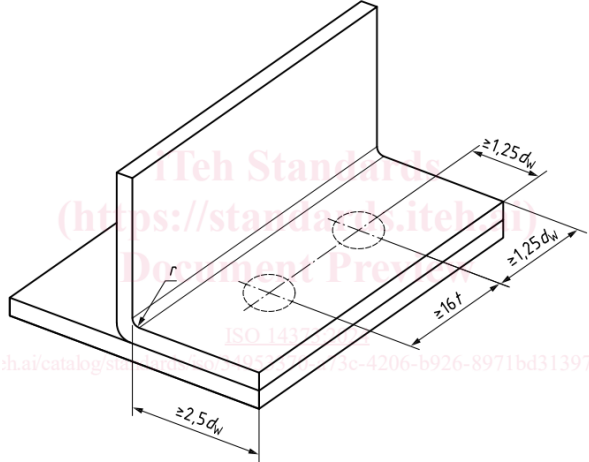
Рис 1.1 Боковина автобуса

Конструкція складається з наступних складових елементів:

1. Лист 25 – 1500*1000*2 мм
2. Лист 6 – 2300*1000*2 мм
3. Лист 26 – 950*1000*2 мм з радіусом 450 мм
4. Лист 10 – 2000*1000*2 мм

Зварні з'єднання наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

ДСТУ EN ISO 9692-1:2014	
ДСТУ EN ISO 9692-1:2014	
ДСТУ EN ISO 14373:2022	

Зважаючи на вимоги до безпеки та довговічності автобуса, конструкція боковини виконується з високоміцної низьколегованої сталі 09Г2С. Цей матеріал має високу пластичність, стійкість до тріщиноутворення та задовільну зварюваність. Сталь 09Г2С містить марганець і кремній як основні легуючі елементи, що покращують її зварюваність і міцність при збереженні низького вмісту вуглецю (до 0,25%). Сумарний вміст легуючих елементів не перевищує 4%, що забезпечує добру зварюваність без необхідності спеціальних термічних обробок у більшості випадків.

Конструкція боковини відносно проста й складається з повторюваних елементів, що робить її придатною для механізованого складання та зварювання. Це дозволяє застосовувати сучасні автоматизовані та напівавтоматизовані методи зварювання (наприклад, зварювання в середовищі захисних газів), що підвищує продуктивність і якість з'єднань.

1.2. Характеристика основного металу

Для виготовлення даної конструкції застосовується сталь категорії 09Г2С, хімічний склад якої наведений у табл. 1.1, механічні властивості у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1. Хімічний склад сталі 09Г2С, %

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V
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
N	Cu	As					
до 0.008	до 0.3	до 0.08					

Легування сталі здійснюється з метою зміни її механічних, хімічних та фізичних характеристик. Основним завданням введення легуючих елементів є досягнення високих показників міцності, підвищення опору крихкому руйнуванню, а також надання металу специфічних експлуатаційних властивостей. Однією з головних переваг легованих сталей є зменшення маси конструкції за рахунок більшої міцності матеріалу, що дозволяє економити метал та знижувати загальні витрати виробництва.

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ		Арк.
							4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Сталь марки 09Г2С класифікується як ферито-перлітна за своєю мікроструктурою. Вміст вуглецю в цій сталі є обмеженим, оскільки його надлишок може негативно впливати на стійкість зварних з'єднань до утворення тріщин у зоні кристалізації. Кремній підвищує міцність сталі, проте може знижувати її ударну в'язкість. Марганець виконує функцію нейтралізації шкідливого впливу сірки, сприяє підвищенню межі плинності, однак за надмірного вмісту (понад 1,9%) він може зменшити пластичність сталі. Нікель незначно впливає на загальну міцність, але суттєво покращує в'язкість, пластичність і опір до крихкого руйнування. Хром, у свою чергу, підвищує холодостійкість сталі.

Усі ці легуючі елементи, розчиняючись у феритній матриці та подрібнюючи структуру перліту, сприяють збільшенню механічної міцності. Саме тому низьковуглецеві низьколеговані сталі, подібні до 09Г2С, часто класифікують як сталі з підвищеною міцністю.

Сталь 09Г2С, що має підвищений вміст марганцю, відзначається високою міцністю зварних з'єднань, особливо при впливі змінних та ударних навантажень. Це робить її кращим вибором порівняно з іншими марками сталей у категорії низьколегованих та низьковуглецевих матеріалів.

Для оцінки зварюваності сталі 09Г2С застосовуємо формулу:

$$C_{\text{екв}} = C + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{V}/5 + \text{Mo}/4 + \text{Ni}/15 + \text{Cu}/13 + \text{P}/2; \quad (1.1)$$

$$C_{\text{екв}} = 0,12 + 1,3/6 + 0,2/5 + 0,1/5 + 0/4 + 0,2/15 + 0,2/13 + 0,02/2 = 0,44 \%$$

$C_{\text{екв}} \sim 0,44\%$, сталь має гарну зварюваність, це робить можливим застосування різних способів зварювання з відсутністю попереднього підігріву.

Таблиця 1.2. Механічні властивості сталі 09Г2С

Сортамент	$\sigma_{\text{в}}$	$\sigma_{\text{т}}$	δ_5	КСУ
-	МПа	МПа	%	Дж / см ²
Лист, ГОСТ 5520-79	430-490	265-345	21	59-64

Розрахунок стійкості сталі 09Г2С проти гарячих тріщин показав, що

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$HCS=(C*[S+P+Si/25+Ni/100]*1000)/(3Mn+Cr+Mo+V)$$

$HCS=(0,12*[0,035+0,02+0,65/25+0/100]*1000)/(3*1,3+0,2+0+0,1) = 2,31 < 4$, свідчить про те ,що сталь не схильна до утворення гарячих тріщин.

1.3 Типові технології складання і зварювання кузовних елементів зі сталі 09Г2С.

Загальні технологічні вимоги

1. Боковина автобуса виготовляється з окремих листових і профільних елементів, які мають бути попередньо розкроєні, виправлені та підготовлені до збирання.

2. Збірка і зварювання здійснюються на стендах або на платформі, що забезпечує стабільне положення конструкції й зручний доступ для зварника.

3. Для точності складання використовують контрольні мітки, шаблони та упори, що фіксують положення вертикальних та горизонтальних елементів згідно ОСТ5.1093-78.

4. Після складання конструкція проходить контроль геометрії, а після зварювання — контроль якості з'єднань та відповідність габаритів.

5. Всі зварні з'єднання мають відповідати вимогам нормативно-технічної документації.

6. Контроль лінійних розмірів і площинності виконується після охолодження конструкції згідно ОСТ5.9324-79.

Типовий технологічний процес виготовлення боковини автобуса можливо розділити на наступні етапи:

1. Підготовка матеріалів

На даному етапі листовий матеріал очищається від забруднень, окалини, жирових плям та іржі. Розкрій деталей виконується на ножицях або термічному обладнанні відповідно до конструкторської документації. Деталі з арочними вирізами формуються з використанням шаблонів або штампів.

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Тимчасове збирання

Попереднє збирання деталей проводиться в складальному кондукторі для забезпечення точного взаємного розташування елементів. Деталі закріплюються за допомогою тимчасових зварювальних прихваток ручним дуговим зварюванням.

3. Основне зварювання

- **Дугове зварювання** всіх основних з'єднань виконується відповідно до ГОСТ 14771–76. Зварювання проводиться у нижньому положенні.
- **Точкове зварювання** застосовується при з'єднанні арок коліс (лист 26) з іншими елементами боковини. Процес виконується на контактних точкових машинах згідно з вимогами ГОСТ 15878–79.

4. Контроль якості

Після зварювання всі з'єднання проходять контроль якості: візуально-оптичну перевірку, вимірювання параметрів швів, перевірку відсутності дефектів — пор, підрізів, непроварів. При необхідності застосовуються неруйнівні методи контролю (ультразвук).

5. Виправлення деформацій

У разі виникнення деформацій під час зварювання виконується їх випрямлення холодним (механічним) або комбінованим способом (місцеве нагрівання з механічним впливом). Випрямлення проводиться з урахуванням фізико-механічних властивостей сталі 09Г2С.

6. Завершальна обробка

Після завершення зварювальних операцій усі шви зачищаються, обробляються абразивним інструментом, виконується підготовка до фарбування або ґрунтування. Збірна конструкція боковини передається на подальші стадії складання автобусного кузова.

Боковина шкільного автобуса є складовим елементом каркаса кузова та має просторову жорстку конструкцію, яка забезпечує необхідну міцність,

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

жорсткість і геометричну стабільність при експлуатаційних навантаженнях. Вона складається з обшивки, посилюючих елементів (ребер жорсткості), арок коліс, монтажних куточків та з'єднувальних елементів.

Складання боковини автобуса виконується на стаціонарному шаблоні або стенді, що забезпечує точне взаємне розташування всіх елементів конструкції. Спочатку на кондуктор укладають основні листи обшивки, які формують основну площину боковини. Листи розміщують, орієнтуючи їх за базовими лініями, після чого фіксують за допомогою механічних упорів і притискачів.

Далі встановлюють вертикальні підсилюючі елементи (ребра жорсткості), які закріплюються до обшивки тимчасовими зварними прихватками. Після цього виконують монтаж аркових елементів для забезпечення точного обводу колісної ніші.

Після встановлення арок розміщують горизонтальні ребра жорсткості та монтажні куточки, що служать для зв'язку боковини з іншими частинами кузова. Усі елементи остаточно вивіряються на відповідність проектним розмірам, контролюється геометрія конструкції. Після цього боковину зварюють остаточно.

Зварювання здійснюється по внутрішніх кутових швах та встик. Після завершення зварювальних робіт виконується очищення швів, візуальний контроль, а при потребі — правка конструкції з метою усунення залишкових деформацій.

Під час виготовлення боковини автобуса всі основні операції з розкрою листових елементів, складання та зварювання виконуються з використанням механізованих засобів та пристосувань, що забезпечують точність позиціонування й зручність виконання зварювальних робіт. Зварювання довгих швів виконується механізованим способом, а при з'єднанні аркових елементів на колесних нішах застосовується точкове зварювання.

Одним із технічно складних етапів є зварювання кутових з'єднань між ребрами жорсткості та обшивкою. Обмежений простір між елементами та

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливості геометрії конструкції ускладнюють доступ до шва, що змушує зварника працювати в незручному положенні. Щоб уникнути додаткового кантування конструкції та поліпшити умови виконання зварювання, доцільно здійснювати такі з'єднання у вертикальному положенні одразу після установки елементів у шаблоні. Це дозволяє одночасно проварювати кутові шви з двох сторін нахиленим електродом.

Усі заготівельні операції з розкрою листового матеріалу для боковини автобуса виконуються поза межами основної складальної ділянки. На ділянку надходять повністю підготовлені деталі – обрізані та зачищені згідно з технічними вимогами. Подача заготовок до зони складання здійснюється за допомогою підйомно-транспортного обладнання, зокрема, мостового крана з магнітними або механічними захватами.

На стенді попереднього складання виконується з'єднання елементів боковини: панелей обшивки, ребер жорсткості, аркових елементів. У місцях з утрудненим доступом або в обмежених просторах – підсилювачів жорсткості або монтажі аркових елементів — можливе виконання швів у незручних положеннях, що потребує високої кваліфікації зварника.

Точкове зварювання застосовується для закріплення арок над колесними нішами та інших елементів, де доцільне виконання швидких з'єднань без суцільного шва. Після початкового складання елементи фіксуються за допомогою прихваток. У випадках, коли виникають викривлення, коригування геометрії виконується гідравлічними пристроями або спеціальними шаблонами, що забезпечують задану форму.

Відомою проблемою при складанні є похибки у розкрої елементів панелей, що можуть призводити до розбіжностей у стиках і небажаних викривлень. Це може впливати на загальний контур боковини та ускладнювати подальше встановлення конструкції на раму автобуса. Особливо критичними є такі похибки при складанні аркових частин, де необхідна точна відповідність радіусів.

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для усунення цих проблем доцільним є застосування технології попереднього складання. Замість поступової установки окремих елементів, обидві бокові панелі боковини (лівий і правий борти) збираються окремо на спеціалізованих стендах за жорсткими контрольними упорами. Таке попереднє складання дозволяє точно контролювати збирання і компенсувати помилки розкрою за рахунок локального регулювання стиків між деталями. Отримані бокові панелі є достатньо жорсткими у вертикальній площині, тож при остаточному складанні до них підтискаються інші гнучкі елементи, що значно покращує точність збирання.

Після цього зібрану боковину встановлюють у стенд для зварювання швів у зручному положенні. Застосування кантовачів дає змогу повертати конструкцію для зручного доступу до швів і виконання зварювання з обох боків. Такий підхід дозволяє підвищити якість з'єднань і забезпечити надійність усієї конструкції.

1.4 Забезпечення точності виготовлення бокоанини

Під час зварювання елементів боковини шкільного автобуса виникають деформації, які можуть призвести до відхилень фактичних розмірів від проектних, порушення геометрії каркасу та зниження точності збирання. Основними причинами таких відхилень є температурні напруження, які виникають у зоні зварного шва. Для забезпечення точності виготовлення конструкції застосовують комплекс технологічних і організаційних заходів, спрямованих на зменшення, запобігання та компенсацію зварювальних деформацій.

Основні методи запобігання деформаціям

1. Регулювання теплового стану зони зварювання:
 - використання зварювальних режимів з мінімальною погонною енергією;
 - застосування коротких зварювальних проходів;

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконання довгих швів механізованим способом "на прохід", а ручних — зворотно-ступінчастим методом.
- 2. Активне навантаження під час зварювання:
 - попереднє натягування (розтяг) деталей у напрямку, протилежному очікуваній деформації;
 - вібраційна стабілізація конструкції під час зварювання;
 - проковування швів у відповідальних вузлах для зниження внутрішніх напружень.
- 3. Компенсація деформацій:
 - введення спеціального конструктивного перекосу в напрямках, протилежних очікуваним зміщенням;
 - зварювання окремих елементів у технологічно обґрунтованій послідовності:
 - спочатку — з'єднання вертикальних елементів боковини,
 - далі — монтаж і зварювання поясів,
 - зварювання здійснюється з урахуванням симетрії і рівності теплових деформацій.
- 4. Раціональна послідовність зварювальних операцій:
 - почергове виконання зварювальних швів з обох боків конструкції;
 - симетричне розташування зварювальних ділянок;
 - одночасна робота двох зварників з обох боків конструкції для рівномірного розподілу тепла.

Методи виправлення деформацій

У разі, коли уникнути деформацій не вдалося, застосовують виправлення звареної боковини:

- Холодне вирівнювання — за допомогою механічного тиску або пристроїв для правки;
- Теплове безударне випрямлення — локальне нагрівання смуг, плям або трикутних зон без розплавлення металу. Здійснюється газовими пальниками, струмами високої частоти або дугою;

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Комбінований спосіб — поєднання нагріву з механічним зусиллям.

При тепловому способі коригування геометрії враховують температурний режим, за якого досягається максимальний ефект скорочення металу з мінімальними зворотними пластичними деформаціями. Температура підбирається експериментально, з урахуванням властивостей сталі 09Г2С та конфігурації елементів боковини.

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки та постановка задач дипломного проекту

Аналіз конструкції боковини шкільного автобуса, властивостей основного металу та типової технології її виготовлення дозволяє зробити наступні висновки:

1. Конструкція боковини є технологічною, її геометрія забезпечує можливість застосування механізованих способів збирання та зварювання на кондукторному оснащенні.

2. Сталь 09Г2С має добру зварюваність, що дає змогу застосовувати різні методи дугового зварювання, включаючи напівавтоматичне зварювання у середовищі захисних газів.

3. Недоліком типової технології є наявність окремих операцій з кантуванням великогабаритних елементів під час зварювання, що призводить до підвищеної трудомісткості та зниження ефективності виробництва.

Для досягнення мети дипломного проекту — розробити раціональну технологію збирання та зварювання боковини шкільного автобуса зі сталі 09Г2С – необхідно вирішити наступні задачі:

1. Визначити раціональну послідовність складально-зварювальних операцій, оптимальні способи та режими зварювання елементів боковини.

2. Виконати розрахунок втрати стійкості та оцінити можливі зварювальні деформації конструкції.

3. Обґрунтувати вибір зварювальних матеріалів, обладнання та оснащення, необхідних для виготовлення зварної конструкції.

4. Провести розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при реалізації річної програми виготовлення боковин.

5. Розглянути питання охорони праці та техніки безпеки під час виконання зварювальних операцій у виробничих умовах.

					КР.131. 4121ст3.01.06.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КР.131.4127ст3.02.05.ПЗ			
Изм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Булавін Р.М.			2. Технологічне обґрунтування виготовлення НУК			
Консультант								
Керівник		Бутурля Є.А.						
Зав. каф		Драган С.В.						

2.1 Вибір та обґрунтування способів зварювання та зварювальних матеріалів

2.1.1 Вибір та обґрунтування способів зварювання

Враховуючи те, що при виготовленні боковини застосовуються різноманітні типи зварних з'єднань невеликої довжини, розташовані в різних просторових положеннях, автоматичне зварювання часто є непридатним. У таких випадках найбільш ефективним є використання механізованого зварювання плавким електродом у середовищі захисних газів. Цей підхід дозволяє підвищити продуктивність зварювальних робіт і забезпечити кращу якість кінцевої конструкції за рахунок зменшення загальних деформацій, що виникають під час зварювання.

Ручне дугове зварювання на сьогодні залишається одним із найпростіших, доступних і водночас надійних методів з'єднання металевих конструкцій і деталей. Цей метод, дає можливість виконувати складні операції плавлення металу, застосовуючи їх не лише у промисловому виробництві, а й у побутових умовах.

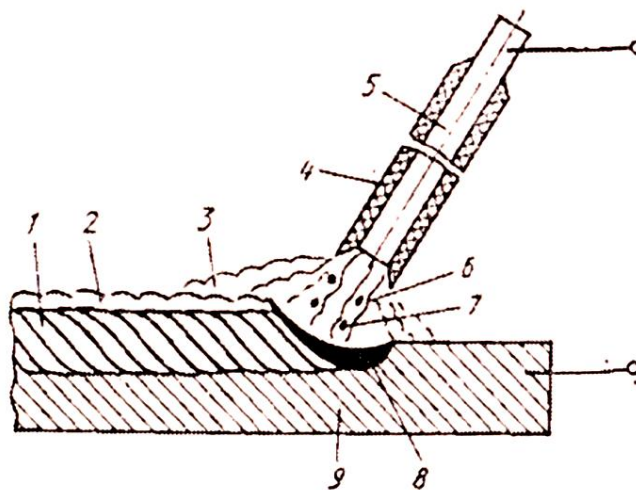


Рис.2.1 Ручне дугове зварювання покривним електродом:

1-метал шва; 2-затверділий шлак; 3-газова атмосфера дуги; 4-покриття електрода; 5- металевий стрижень; 6,7-краплі розплавленого електродного металу; 8-зварювальна ванна; 9- основний метал.

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Суть процесу:

До електроду та зварювального виробу від джерел зварювального струму підводиться постійний або змінний зварювальний струм. Дуга горить між металевим стрижнем електрода і основним металом. Під дією тепла дуги - метал електрода, покриття електрода, і основний метал розплавляються, утворюючи зварювальну ванну. Краплі рідкого металу з торця електродного стрижня переносяться в ванну через дуговий проміжок. Разом зі стрижнем плавиться покриття електроду утворюючи навколо дуги газовий захист та рідку шлакову ванну. По мірі руху дуги метал у зварювальній ванні кристалізується утворюючи зварний шов, і шлакову корку на поверхні шва.

Електродугове зварювання просте у застосуванні, не потребує спеціального дорогого обладнання та витратних матеріалів.

Працює від мережі 220в, 380в при використанні відповідного апарату.

Можливо проводити зварювання конструкцій, розташованих під різним кутом нахилу.

З'єднання зварюванням деталей у важкодоступних місцях.

При використанні відповідних електродів є можливість зварювати різні види сталі.

Апарати невеликого розміру, легко транспортуються і підключаються практично скрізь, де є електромережа.

Шкідливі для здоров'я фактори: виділення газів, висока температура, яскраве світло горіння дуги.

При відсутності спеціального захисту, можливість ураження електричним струмом.

Необхідність заміни електрода при його згорянні, що призводить до утворення кратерів, що погіршують якість з'єднання в місці закінчення і початку використання нового електрода.

При недостатній кваліфікації зварника, низька якість з'єднання.

Механізоване зварювання в захисних газах

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювання в захисних газах—зварювання плавленням, у процесі якого дуга та розплавлений метал, а в деяких випадках і шов, що застигає, знаходяться у середовищі захисного газу. Газ подають через пальник (інколи додатково через окремі пристрої) безпосередньо у зону зварювання.

Плавкий електрод у процесі зварювання розплавляється і формує шов. Для захисту застосовуються гази трьох груп: інертні (аргон, гелій); активні (вуглекислий газ, азот, водень та ін.); суміші інертних й активних газів. Вибір захисного газу визначається хімічним складом зварного металу, вимогами щодо властивостей зварного з'єднання, економічністю процесу та іншими факторами.

Суміш інертних газів з активними рекомендується застосовувати для підвищення стійкості дуги, збільшення глибини проплавлення і зміни форми шва, підвищення продуктивності.

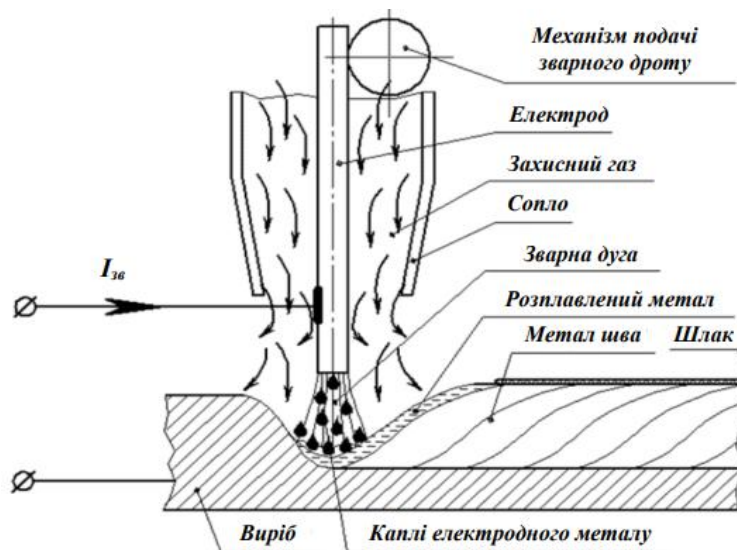


Рис.2.2 Механізоване зварювання в захисному газі

1. Висока якість зварних з'єднань металів та їх сплавів різної товщини, особливо при зварюванні в інертних газах із за малого чаду легуючих елементів
2. Можливість виконувати зварні з'єднання у всіх просторових положеннях

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Висока продуктивність і легкість механізації та автоматизації процесу

4. Низька вартість при використанні активних захисних газів

До недоліків можна віднести:

1. необхідність застосування захисних заходів проти світлової і теплової радіації дуги;

2. можливість порушення газового захисту при здуванні струменя газу рухом повітря або при забризкуванні сопла;

3. втрати металу на розбризкування, при якому бризки міцно з'єднуються з поверхнями шва і виробу;

4. наявність газової апаратури і в деяких випадках необхідність водяного охолодження пальників

5. при зварюванні в захисних газах можуть виникнути ряд дефектів, які істотно знижують якість зварного з'єднання. Це такі дефекти як груба лускатість, пори, не провари, напливи, пропалення, оксидні плівки, підвищене розбризкування, металеві включення, холодні і гарячі тріщин

2.1.2 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

1. Вибір захисного газу

Захисні гази впливають на режим перенесення металу, властивості і геометрію зварювального шва, задимленість і багато інших характеристик зварювального шва.

Правильний вибір захисного газу для процесів дугового зварювання металу, таких як механізоване зварювання MIG MAG можуть різко підвищити швидкість, якість зварювання і глибину проплавлення. Зварювальна суміш є вигідним помічником на шляху до створення довговічних, якісних і нероз'ємних з'єднань. Уваги заслуговують суміші на основі аргону з додаванням діоксиду вуглецю.

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги:

1. Зниження кількості прилипання металевих бризок в області з'єднання і, як наслідок, зменшення трудомісткості з видалення бризок до 95%;
2. Збільшення маси наплавленого металу за одиницю часу, зменшення втрат електродного матеріалу на розбризкування під час виробництва з'єднань.
3. Значне підвищення пластичності і щільності металевого скріплення деталей; Істотне підвищення міцності зварювального з'єднання;
4. Поліпшення гігієнічних умов праці на робочому місці, що отримується за рахунок істотного зниження кількості що виділяються димів і зварювальних аерозолів
5. Стабільність зварювального процесу, навіть за умови нерівномірного подачі дроту в зону з'єднання. Також стабільність роботи спостерігається при наявності слідів іржі і технологічного мастила на її поверхні
6. Механізоване зварювання у середовищі $Ag(80\%)+CO_2(20\%)$ дозволяє виконати зварювання в різних просторових положеннях.
7. Тому при зварюванні низьковуглецевих і низьколегованих сталей застосуємо захисну суміш $Ag(80\%)+CO_2(20\%)$ - найбільш універсальна газова суміш для напівавтоматичного зварювання вуглецево- конструкційних сталей, підходить практично для всіх типів матеріалів і видів швів, за багатьма параметрами більш раціонально, ніж використання чистого CO_2 . Тому що зварювання в суміші $CO + O$ має суттєві недоліки, пов'язані з погіршенням механічних властивостей внаслідок підвищеного вигорання Mn і Si , підвищеного окислення зварювальної ванни.

До недоліків можна віднести високу вартість суміші.

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Зварювальний дріт

На механічні і фізико-хімічні властивості металу шва істотно впливає його хімічний склад. Тому для одержання властивостей, що задовольняють вимогам надійності і якості конструкцій дуже важливим є правильний вибір зварювальних матеріалів.

Першою умовою при виборі зварювальних матеріалів для зварювання низьковуглецевих і низьколегованих сталей є одержання щільних без пористих швів. Основною причиною утворення пор є насичення металу шва воднем і азотом, і уповільнення реакції окислювання вуглецю в період кристалізації зварювальної ванни.

Другою умовою при виборі зварювальних матеріалів є одержання металу шва, що має високу технологічну міцність, тобто несхильність до утворення гарячих тріщин.

Третьою умовою є одержання металу шва з необхідною експлуатаційною міцністю.

Четвертою умовою є низька вартість і наявність зварювальних матеріалів

При виготовленні боковини через середню протяжність швів застосовується зварювання у середовищі захисних газів. Для того щоб одержати якісний зварний шов необхідно правильно підібрати зварювальний дріт. За хімічним складом вони повинні бути максимально близькі до основного металу, також додатково легувати шов і попереджати вигорання легуючих елементів. Для попередження утворення пор у зварних швах метал повинен містити не менш 0,2...0,4 % кремнію і марганцю.

При зварюванні відбувається вигорання легко окисних елементів, причому з електродного дроту елементи вигорають більш інтенсивно, ніж з основного металу. Вигорання компенсується правильним підбором зварювального дроту, підвищенням змістом розкислювачів, що знижує ймовірність виникнення пор у зварному шві. Цим умовам відповідає зварювальний дріт Св-08Г2С, що поставляється за ГОСТ 2246-70, хімічний склад приведено у табл. 2.1.

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Хімічний склад дроту

Марка дроту	Зміст елементів, %						
	C	Mn	Si	Ni	Cr	S	p
Св-08Г2С	0,07	2,03	0,9	0,2	0,04	0,026	0,03

Для встановлення припопелень, усунення дефектів та виконання зварних швів малої протяжності використовувати електроди УОНИ 13/45, що призначені для зварювання відповідальних конструкцій з вуглецевих і низьколегованих сталей, коли до металу швів пред'являють підвищені вимоги по пластичності і ударної в'язкості.

Характеристика електродів УОНИ 13/45, типові механічні властивості та хімічний склад металу, наплавленого цими електродами наведено у табл. 2.2-2.4.

Таблиця 2.2 Характеристика електродів УОНИ 13/45

Параметр	Значення
покриття електродів	основне
коефіцієнт наплавки	9,5 г/А год
продуктивність наплавки (для діаметра 3,0 мм)	1,3 кг/год
витрати електродів на 1 кг наплавленого металу	1,6 кг

Таблиця 2.3 Типові механічні властивості металу шва наплавленого електродами УОНИ 13/45

Тимчасовий опір, МПа	Границя плинності, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см ²
460	350	26	200

Таблиця 2.4. Типовий хімічний склад металу наплавленого електродами УОНИ 13/45 [13]

Зміст елементів, %					
C	Mn	Si	Ni	S	P
0,09	0,57	0,23	0,2	0,025	0,027

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2.2 Розрахунок режимів зварювання

2.2.1 Механізоване зварювання в захисному газі

Для з'єднань С2 та ТЗ вибираємо діаметр електродного дроту $d_c = 1,0$ мм

Для механізованого зварювання площа наплавленого металу за один прохід знаходиться в межах від 30 до 70 мм².

Розрахунок з'єднання ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 С2 ($F_H=6$ мм²) (табл. 1.1), ведеться за площею наплавленого металу.

Для 1-го проходу $F_1 = 6$ мм².

Кількість проходів залежить від площі наплавленого металу за все з'єднання (F_H) і площі одного проходу (F_n, F_i):

$$N = [(F_H - F_1) / F_n] + 1$$

$$[(6) / 45] + 1 = 1,1 \text{ (1 прохід)}$$

Розрахунок зварювального струму, А, при зварюванні дротом суцільного перерізу проводиться за формулою:

$$I_{зв} = \left(\frac{\pi d_e^2}{4} \right) \cdot j$$

де при зварюванні в Ar(80%)+CO2(20%) $j = 110 \dots 130$ А/мм².

$$I_{зв} = (3,14 \cdot 1,0^2 / 4) \cdot 125 = 98,16 = 100 \text{ А}$$

Розрахунок зварювальної напруги, В, при зварюванні дротом суцільного перетину проводиться за формулою:

$$U_d = 20 + \left(50 \cdot \frac{10^{-3}}{\sqrt{d_e}} \right) \cdot I_{зв} \pm 1 \text{ В}$$

$$U_d = 20 + (50 \cdot 10^{-3} / \sqrt{1,0}) \cdot 100 = 25 \pm 1 \text{ В}$$

Швидкість подачі електродного дроту, м / год, розраховується за формулою

$$v_n = \frac{4 \cdot a_p \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \rho}$$

Де a_p - коефіцієнт розплавлення дроту, г/А*год; d_e — діаметр електродного дроту, мм

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення a_p розраховується за формулою

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{зв}}{d_{\text{с}}}$$

$$a_p = 3,0 + 0,08 \cdot (100/1,0) = 11 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

$$v_{\text{п}} = (4 \cdot 11 \cdot 100) / (3,14 \cdot 1,0^2 \cdot 7,8) = 180 \text{ м/год}$$

Швидкість зварювання, м/год, розраховується за формулою

$$v_{зв} = \frac{a_{\text{н}} \cdot I_{зв}}{100 \cdot F_{\text{н}} \cdot \rho}$$

Де $a_{\text{н}}$ — коефіцієнт наплавлення, г/А*ч;

$$a_{\text{н}} = a_p \cdot (1 - \psi)$$

Де ψ - коефіцієнт втрат металу на угар і розбризкування. При зварюванні в $\text{Ar}(88\%)+\text{CO}_2(12\%) = 0,1 \dots 0,15$; $F_{\text{н}}$ —площа поперечного перерізу одного валика, см^2 .

$$a_{\text{н}} = 11 \cdot (1 - 0,125) = 9,63 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

$$v_{зв} = (11 \cdot 100) / (100 \cdot 0,06 \cdot 7,8) = 23,5 \text{ м/год}$$

$$q_{\text{н}} = I_{зв} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta / v_{зв}$$

$$100 \cdot 25 \cdot 60 / 400 \cdot 0,75 = 281,25 \text{ Дж/мм} = 2813 \text{ Дж/см}$$

Розрахунок з'єднання ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 ТЗ ($F_{\text{н}}=6 \text{ мм}^2$) (табл.

1.1), ведеться за площею наплавленого металу.

Оскільки $F_{\text{н}}=6 \text{ мм}^2$, то зварювання виконується в один прохід.

Розрахунки аналогічні попереднім. Тому приймаємо:

$$I_{зв} = 100 \pm 5 \text{ А}$$

$$U_{\text{д}} = 26 \pm 1 \text{ В}$$

$$v_{зв} = \frac{10,79 \cdot 140}{100 \cdot 0,4 \cdot 7,8} = 4,84 \frac{\text{м}}{\text{год}} = 0,13 \text{ см/с}$$

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v_{зв} = (11 \cdot 100) / (100 \cdot 0,06 \cdot 7,8) = 23,5 \text{ м/год}$$

$$q_n = 140 \cdot 26 \cdot 0,75 / 0,13 = 21\,000 \text{ Дж/см}$$

Параметри режиму зварювання наведено у табл. 2.6

Таблиця 2.6 - Параметри режимів зварювання

Спосіб зварювання	d _e , мм	I, А	U, В	V _{пд} , М/Г од	V _{зв} , М/ГО д	q _п , Дж/см	кількість проходів
ДСТУ EN ISO 9692-1:2014	1,0	100	25	180	23,5	2813	1
ДСТУ EN ISO 9692-1:2014	1,0	100	25	180	23,5	2813	1

2.3 Розрахунок втрати стійкості обшивки боковини автобуса

При зварюванні тонколистових площинних елементів, зокрема обшивки боковини автобуса, часто спостерігаються деформації втрати стійкості у вигляді локальних хвилеподібних вигинів. Такі деформації виникають внаслідок дії технологічних напружень, зокрема зварювальних, і, як правило, перевищують допустимі межі, встановлені технічними вимогами до геометричної точності елементів кузовних конструкцій.

У результаті деформації частина обшивки, що втратила плоскість, практично виключається з роботи. Це призводить до зниження несучої здатності всієї конструкції, порушення розподілу навантажень між елементами каркасу, а також до погіршення експлуатаційних характеристик, зниження жорсткості боковини та спотворення зовнішнього вигляду автобуса.

З точки зору будівельної механіки, втрата стійкості є наслідком досягнення критичного рівня стискальних напружень у площинному елементі. При досягненні критичного значення, прямолінійні волокна матеріалу змінюють свою геометричну конфігурацію: вони розташовуються не по прямій, а по кривій (синусоїді, дузі, іноді спіралі), що супроводжується частковим подовженням волокон. Це зменшує ефективні стискальні напруження, але й призводить до деформацій, які значно змінюють форму елемента.

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Критичні напруження стиску залежать від:

- механічних властивостей матеріалу, зокрема модуля пружності E ;
- товщини пластини s ;
- довжини стислої ділянки a ;
- способу закріплення кромки;
- наявності жорсткостей;
- початкової геометрії елемента.

Загальний вигляд формули для критичних напружень при втраті стійкості наведено нижче:

$$\sigma_k = \frac{k\pi^2}{12(1-\mu^2)} E \left(\frac{s}{a} \right)^2,$$

Де σ_k – критичне напруження; E – модуль пружності матеріалу; k – коефіцієнт, який враховує характер закріплення стисненої пластини на поздовжніх та поперечних крайках; μ – коефіцієнт Пуассона; s – товщина пластини; a – довжина стислої ділянки.

Для реального випадку пластини з жорсткостями, стиснутої вздовж довгої сторони, де жорсткості розташовані з кроком a , і довжиною пластини l , можна скористатися наближеною формулою

$$\sigma_{\text{кпл}} = 3,6E \left(\frac{s}{a} \right)^2.$$

Де $\sigma_{\text{кпл}}$ – фактичне напруження

На рисунку наведено втрату стійкості панелі з ребрами жорсткості

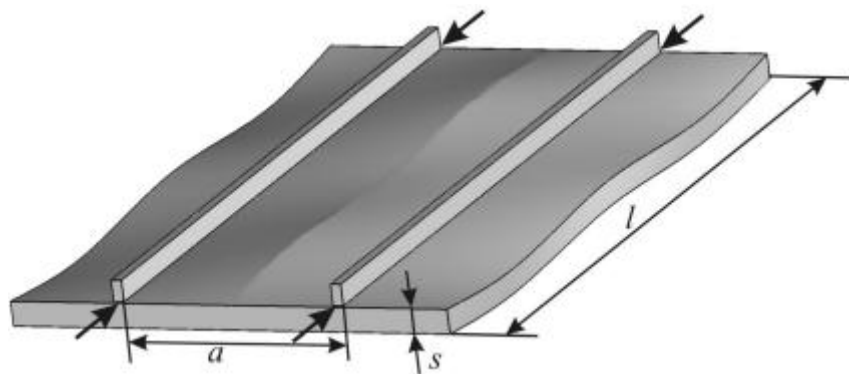


Рис. 2.3 Втрата стійкості панелі з ребрами жорсткості

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливо зазначити, що наведені вище формули передбачають ідеальну плоску геометрію пластини до навантаження. Проте на практиці часто присутня початкова викривленість — залишкові напруження та деформації після попередніх технологічних операцій, зокрема зварювання. Наявність початкового вигину значно знижує фактичне значення критичних напружень — іноді на порядок або більше.

Крім того, під час зварювання в пластинах виникають додаткові напруження стиску. Вони обумовлені:

- поздовжнім укороченням у зоні шва (усадкою металу шва при охолодженні);
- поперечним укороченням при несиметричному нагріванні та охолодженні;
- нерівномірним розподілом температурного поля по довжині з'єднання.

Ці технологічні напруження сумуються з експлуатаційними, зменшують стійкість обшивки і збільшують ризик хвилястих деформацій навіть при невисоких робочих навантаженнях.

Для кількісної оцінки напружень, спричинених зварюванням, можуть застосовуватися розрахункові формули з урахуванням:

- режимів зварювання (лінійної енергії);
- фізико-механічних характеристик матеріалу (теплопровідність, теплоємність, коефіцієнт розширення);
- геометрії пластини та способу фіксації при зварюванні.

Вихідні данні для розрахунку

Деталь	Розміри, мм	k	$E, Па$	μ	$a, м$
Лист 25	1500*1000*2 мм	4	$2 \cdot 10^{11}$	0,3	1
Лист 6	2300*1000*2 мм	4			
лист 26	950*1000*2 мм	3,9			
лист 10	2000*1000*2 мм	3,8			

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для листів 25 та 6

Розрахунок критичних напружень

$$\begin{aligned}\sigma_{cr} &= 4 \cdot \frac{(3.14)^2 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{12 \cdot (1 - 0.3^2)} \cdot \left(\frac{0.002}{1}\right)^2 \\&= 4 \cdot \frac{9.86 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{12 \cdot (1 - 0.09)} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\&= 4 \cdot \frac{1.972 \cdot 10^{12}}{10.92} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\&= 4 \cdot 1.806 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\&\sigma_{cr} \approx 2.89 \cdot 10^6 \text{ Па}\end{aligned}$$

Розрахунок фактичних напружень

$$\begin{aligned}\sigma_{cr} &= 3,6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot \left(\frac{0,002}{1}\right)^2 \\&= 3,6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\&= 7,2 \cdot 4 \cdot 10^5 = 2,88 \cdot 10^6 \text{ Па}\end{aligned}$$

Фактичні напруження менше критичних, відповідно хвилястості не буде

лист 26

$$\begin{aligned}\sigma_{cr} &= 3.9 \cdot \frac{(3.14)^2 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{12 \cdot (1 - 0.3^2)} \cdot \left(\frac{0.002}{1}\right)^2 \\&= 3.9 \cdot \frac{9.86 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{12 \cdot (1 - 0.09)} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\&= 3.9 \cdot \frac{1.972 \cdot 10^{12}}{10.92} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\&= 3.9 \cdot 1.806 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\&= 3.9 \cdot 7.224 \cdot 10^5 = 2.817 \cdot 10^6 \text{ Па}\end{aligned}$$

Розрахунок фактичних напружень

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}\sigma_{cr} &= 3,6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot \left(\frac{0,002}{1}\right)^2 \\ &= 3,6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\ &= 7,2 \cdot 4 \cdot 10^5 = 2,88 \cdot 10^6 \text{ Па}\end{aligned}$$

Фактичні напруження більше критичних, буде присутня хвилястость
Розрахунок стрілки прогину

$$\begin{aligned}f &= 0,6d \sqrt{\frac{\sigma_{cr} - \sigma_{кр}}{E}} \\ f &= 0,6 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{2,88 \cdot 10^6 - 2,817 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^{11}}} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{0,063 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^{11}}} \\ &= 0,6 \cdot \sqrt{3,15 \cdot 10^{-7}} = 0,6 \cdot 0,0005613 \approx \boxed{0,000337 \text{ м}} = \boxed{0,337 \text{ мм}}\end{aligned}$$

лист 10

$$\begin{aligned}\sigma_{cr} &= 3,8 \cdot \frac{(3,14)^2 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{12 \cdot (1 - 0,3^2)} \cdot \left(\frac{0,002}{1}\right)^2 \\ &= 3,8 \cdot \frac{9,86 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{12 \cdot 0,91} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\ &= 3,8 \cdot \frac{1,972 \cdot 10^{12}}{10,92} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\ &= 3,8 \cdot 1,806 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\ &= 3,8 \cdot 7,224 \cdot 10^5 = 2,744 \cdot 10^6 \text{ Па}\end{aligned}$$

Розрахунок фактичних напружень

$$\begin{aligned}\sigma_{cr} &= 3,6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot \left(\frac{0,002}{1}\right)^2 \\ &= 3,6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \\ &= 7,2 \cdot 4 \cdot 10^5 = 2,88 \cdot 10^6 \text{ Па}\end{aligned}$$

Фактичні напруження більше критичних, буде присутня хвилястость
Розрахунок стрілки прогину

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f = 0,6d\sqrt{\frac{\sigma_{ст} - \sigma_{кр}}{E}}$$

$$f = 0,6 \times 1 \times \sqrt{\frac{2,88 \times 10^6 - 2,74 \times 10^6}{2 \times 10^{11}}} = 0,6 \times \sqrt{\frac{0,14 \times 10^6}{2 \times 10^{11}}} = 0,6 \times \sqrt{7 \times 10^{-7}} \\ = 0,6 \times 0,00083666 \approx 0,000502 \text{ м} = 0,502 \text{ мм}$$

2.4 Методи боротьби з хвилястістю листа

Хвилястість листового металу, що виникає під час зварювання та інших термічних впливів, є поширеною проблемою при виготовленні тонкостінних конструкцій, таких як обшивка боковини автобуса. Вона знижує геометричну точність, погіршує естетичні та експлуатаційні характеристики кузова, а також може негативно впливати на міцність і жорсткість конструкції.

Для запобігання або усунення хвилястості застосовуються як конструктивні, так і технологічні заходи. Нижче наведено основні методи боротьби з хвилястістю:

Конструктивні заходи

1. Використання ребер жорсткості

- Застосування поперечних і поздовжніх підсилювальних елементів (ребер жорсткості) дозволяє суттєво підвищити стійкість листа до втрати плоскої форми.

- Ребра повинні розміщуватись із розрахунковим кроком, визначеним з умов забезпечення стійкості та жорсткості конструкції.

2. Зменшення розмірів вільних прольотів

- Розбиття великої площі листа на менші ділянки шляхом встановлення проміжних опор, вставок або елементів каркаса дозволяє зменшити протяжність вільно деформованої частини, знизити ризик хвилястості.

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Збільшення товщини листа

- Для елементів, що піддаються значним температурним і механічним впливам, доцільне застосування листа більшої товщини, що забезпечує вищу жорсткість і стійкість до деформацій.

Технологічні заходи

1. Оптимізація зварювальних режимів

- Використання режимів з низькою лінійною енергією (низький струм, висока швидкість зварювання) дозволяє зменшити тепловий вплив на матеріал і знизити ймовірність утворення хвиль.

- Рекомендується застосовувати імпульсне або точкове зварювання для зменшення теплової деформації.

2. Правильна послідовність зварювання

- Спочатку слід виконувати зварювання в зонах з найбільшим тепловим навантаженням, або зварювання проводити поетапно (від центру до країв, або симетрично).

- Необхідно уникати одностороннього прогріву та різких температурних градієнтів.

3. Використання прихваток

- Прихватки знижують ступінь вільної деформації шва та забезпечують фіксацію положення листа до остаточного зварювання. Вони повинні бути розміщені з певним кроком (наприклад, 200–300 мм) по довжині зварного з'єднання.

4. Застосування технологічних пристроїв

- Використання притискних пристроїв (шаблонів, притисків, роликів, магнітних або пневматичних фіксаторів) дозволяє утримувати лист в необхідному положенні під час зварювання.

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коригувальні заходи

1. Правка хвилястості

- Після зварювання допускається проведення правки листів із хвилястістю в межах допустимих значень. Правка може бути механічною (ударною, пресовою) або термічною (з використанням точкового локального нагрівання з наступним охолодженням).

2. Використання прокатних роликів

- Для згладжування невеликих хвиль застосовуються прокатні ролики з регульованим зусиллям, які деформують поверхню в зворотному напрямку до викривлення.

Профілактика через підготовку матеріалу

1. Знеструнчення листа перед зварюванням

- У разі наявності залишкових внутрішніх напружень у листовому прокаті рекомендується провести термічну або механічну релаксацію перед зварюванням.

2. Вибір якісного листового металу

- Застосування металу з однорідною структурою, правильною товщиною та без залишкових внутрішніх напружень допомагає зменшити схильність до викривлення.

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки:

1 Для виготовлення боковини застосовується механізоване зварювання в $Ar+CO_2(80\%+20\%)$. Обґрунтовано і розраховано режими механізованого та ручного зварювання. Механізоване зварювання - $I=100A$; $V=23.5$ м/год;

2 Розраховані втрата стійкості для деталей боковини автобуса, які показали, що для листів 26 та 6 хвилястості не прогнозується. В той час як для листів 26 та 10 прогнозується хвилястість 0,3 та 0,5 мм відповідно, що змушує використовувати технологічні заходи для їх виправлення.

					КР.131. 4121ст3.02.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КР.131.4127ст3.03.05.ПЗ			
Изм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	3. Підбір та проектування виробничого оснащення	Лит.	Аркуш	Аркушів
Студент		Булавін Р.М.						
Консультант								
Керівник		Бутурля Є.А.				НУК		
Зав. каф		Драган С.В.						

3.1 Вибір та обґрунтування зварювального устаткування.

Для виконання складання і зварювання боковини шкільного автобуса використаємо універсальний зварювальний випрямляч КИУ-501 та апарат для механізованого зварювання ПДГ-516М призначений для автоматичного і механізованого зварювання в середовищі захисних газів і під флюсом, а також для ручного дугового зварювання штучними електродами всіх типів

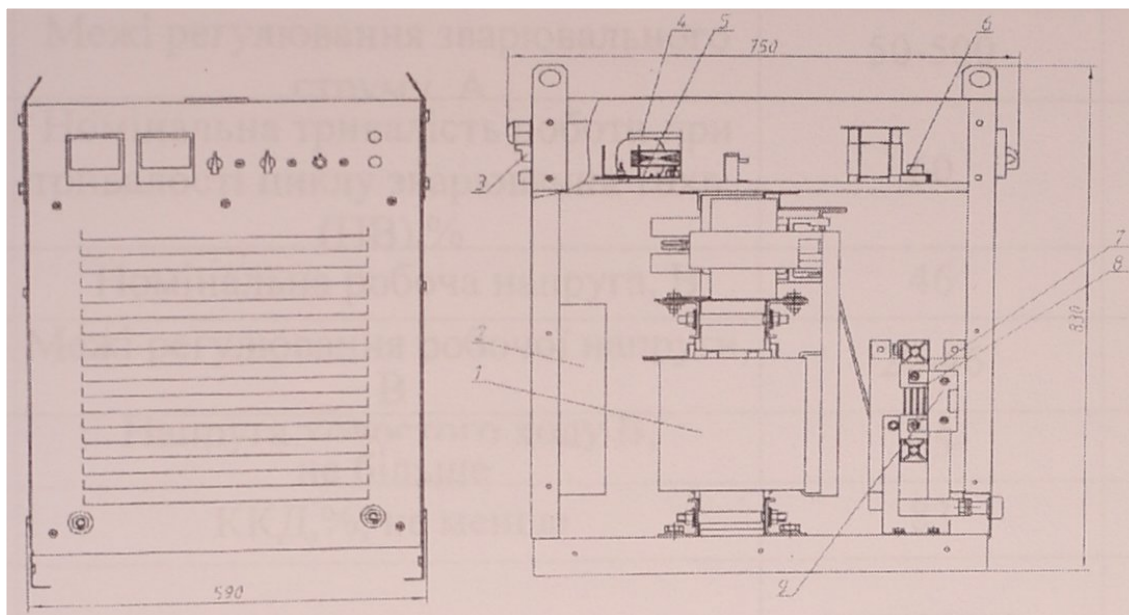


Рис 3.1 Випрямляч зварювальний КИУ-501

- 1 .Силовий блок
- 2 . Вентилятор
- 3 .Автоматичний вимикач.
- 4 трансформатор керування
- 5 .Блок підмагнічування
- 6 .Плата керування
- 7 .Блок випрямний
- 8 .Шунт
- 9 .Блок зворотнього зв'язку за током

Технічні характеристики апарату механізованого зварювання ПДГ-516М
Апарат з широким діапазоном регулювання зварювальних параметрів,

					КР.131. 4121ст3.03.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

призначений для дугового зварювання електродом, що плавиться на постійному струмі в середовищі захисних газів суцільним або порошковим дротом низьколегованих і легованих сталей, а також корозійностійких (нержавіючих) сталей в середовищі аргону в усіх просторових положеннях. Комплектується зварювальними випрямлячами КИГ-401, КИУ-501, КИГ-601

Таблиця 3.1 Технічні характеристики КИУ-50

№п/п	Найменування параметру	Норма для випрямувача з характеристиками	
		спадна	жорстка
1	Номінальна споживана потужність, кВА, не більше	40	40
2	Номінальний зварювальний струм, А	500	500
3	Межі регулювання зварювального струму, А	50-500	60-500
4	Номінальна тривалість роботи при тривалості циклу зварювання 10 хв., (ПВ).%	60	60
5	Номінальна робоча напруга, В	46	50
6	Межі регулювання робочої напруги, В	22-46	18-50
7	Напруга холостого ходу В, не більше	85	85
8	ККД,%, не менше	83	83
9	Охолодження	повітряне примусове	повітряне примусове
10	Габаритні розміри мм, не більше • довжина • ширина • висота	730±10 590±10 830±10	
11	Маса кг, не більше виконання УЗ виконання 04	230 270	

У напівавтоматі застосований чотирироликовий механізм подачі дроту з зубчастим зачепленням з потужністю електродвигуна редуктора подачі дроту 120 Вт, що забезпечує надійну рівномірну подачу як суцільного, так і порошкового зварювального дроту.

- Плавне регулювання швидкості подачі електродного дроту з механізму, що подає;;
- Безпечні струмові роз'єми
- Швидкознімний газовий роз'єм;
- Автоматичне управління газовим трактом, зварювальним джерелом і механізмом, що подає за допомогою кнопки на пальнику;
- Продувка газу до і після зварювання;
- Наявність режиму заправки дроту і режиму перевірки подачі газу;
- Універсальний гальмівний пристрій, який відповідає європейському стандарту
- Зубчасте зачеплення ролику що подає й притискного ролику
- Забезпечує установку касети (діаметром 300мм) з дротом вагою 15 кг і (діаметром 200 мм) з дротом вагою 5 кг
- Стабільна швидкість подачі зварювального дроту при довжині шлейфу пальника 3 ... 5 м і вигинах шлейфу;
- Застосування 4-х роликового механізму подачі, забезпечує підвищену тягове зусилля і можливість роботи з пальниками довжиною до 5м
- Жорстка і ударостійка конструкція корпусу механізму, що подає;
- Подача зварювального дроту може здійснюватися безпосередньо з касети або з бухти, покладеної на розмотуючий пристрій
- Захист електродвигуна механізму подачі дроту від перевантажень

					КР.131. 4121ст3.03.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.2 Технічні характеристики апарату механізованого зварювання ПДГ- 516М

Параметр		Норма
Номінальний зварювальний струм при ПВ — 60% і циклі зварювання 10 хвилин, А		400, 500, 600
Межі регулювання зварювального струму, А		50 - 400 60 - 500 60 - 630
Межі регулювання напруги на дузі, В		16-37 18-50 17-46
Діаметр електродного дроту, мм:	- суцільний	1,2 - 2,0
	-порошковий	2-3,216-37
Межі плавного регулювання швидкості подачі електродного дроту, м / год		100- 1200
Маса, кг.:	Подаючого пристрою	17
	Електродного дроту	15
Габаритні розміри подаючого пристрою, мм		470x365x430

3.2 Опис конструкції складально-зварювальної оснастки

Проектування і виготовлення спеціальних пристосувань для складання і зварювання кожного виробу в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва економічно недоцільно, проте виготовлення зварних вузлів без технологічної оснастки призводить до підвищення їх вартості і зниження точності складання. У цьому випадку доцільно застосування універсальних збірно-розбірних пристосувань, застосовуваних у зварювальному виробництві (СРПС).Рис 3,2.

					КР.131. 4121ст3.03.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

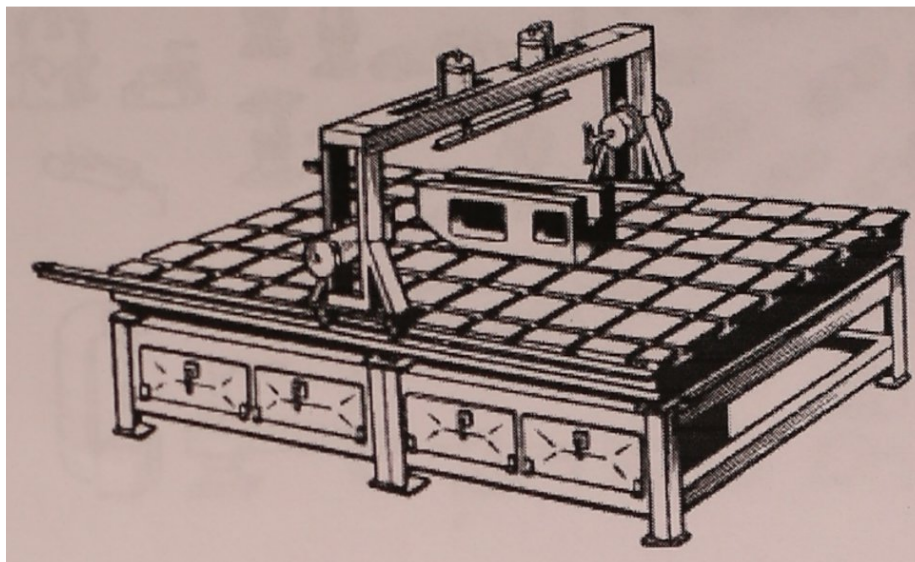


Рис. 3.2. Універсально збірно-розбірне пристосування

Комплект СРПС складеться з універсальних плит (рис. 3.3, *а*) з Т-образними поздовжніми і поперечними пазами і типових конструктивних елементів (рис. 3.3 б...е). Загальна плита збирається з окремих плит з розмірами 750х1500 мм. Загальний розмір такої плити визначається габаритними розмірами зібраних вузлів.

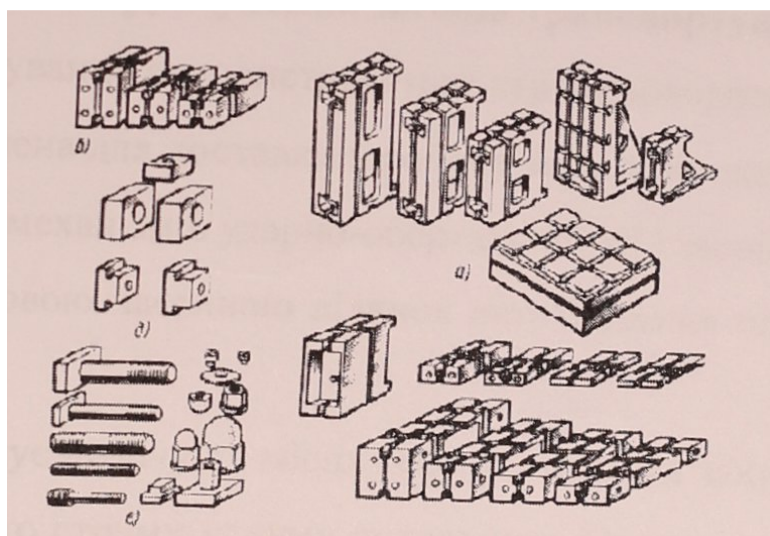


Рис. 3.3 Типові конструктивні елементи СРПС

Розроблений Науково-дослідним і проектно-технологічним інститутом машинобудування (м.. Краматорськ) комплект СРПС включає базові деталі – плити на косинці є основами, на яких розміщуються елементи універсальних

					КР.131. 4121ст3.03.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

пристроїв: корпусні деталі (рис. 3.3, б), підкладки та опори, які складають каркас пристосувань;

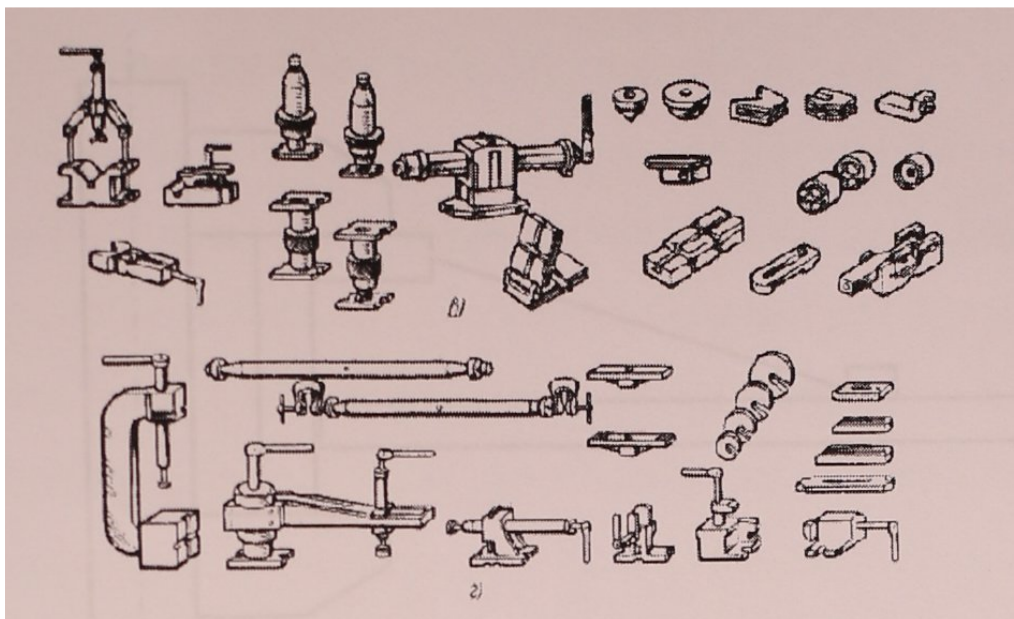


Рис.3.4 Типові конструктивні елементи СРпС

Фіксуючі елементи (Рис.3,4, в) - упори, призми, опори, фіксатори, домкрати; притискні елементи (Рис. 3,4. г) - притиски, струбцини, розпірки, стяжки, планки для закріплення деталей; установчі деталі (рис.3,3, д) - шпонки для фіксації елементів універсальних пристроїв; кріпильні деталі (рис. 3,4, е) - болти, шпильки, гайки, шайби

3.3 Вибір та обґрунтування засобів транспортування

Для транспортування використовується стріла поворотна і мостовий кран.

Стріла призначена для доставки в робочу зону зварювального напівавтомата з механізмом подачі, механізмів ударно-обертальної дії і засобів малої механізації.

Стріла є складовою частиною ділянок виготовлення площинних і об'ємних секцій.

Стріла забезпечує подачу до місця роботи зварника захисного газу, стислого повітря, зварювального струму, струму управління.

					КР.131. 4121ст3.03.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Мостовий кран пересувається рейками, прикріпленими до нерухомих опор. На сьогоднішній день мостові крани є невід’ємною часткою будь-якого крупного виробництва і використовуються для виконання різного роду навантажувально-розвантажувальних робіт усередині виробничих і складських приміщень.

Існують також моделі кранів мостових, які використовуються на відкритій території, — на відкритих майданчиках заводів, складських терміналів тощо.

Мостовий кран буває однобалковий (т. зв. «кран-балка») і двобалковий. Двобалковий мостовий кран передбачає найважчі режими роботи. Однобалковий має вищу швидкість переміщення при меншій вантажопідймальності.

Мостовий кран також ділиться на підвісний (кран-балка підвісна) й опорний (кран-балка опорна). За видом привода розрізняють мостовий електричний кран (з електричним приводом) і мостовий ручний кран — з механічним приводом, тобто підіймання вантажу і переміщення крана проводиться за допомогою фізичних зусиль людини.

Мостові крани на стаціонарних опорах (естакадах) використовуються тільки на базових складах для розвантаження і навантаження. Інколи їх також застосовують для монтажу важких верстатів або іншого устаткування.

Ширше використовуються мостові крани на пересувних опорах, так звані козлові крани. Рейки розташовують обабіч об’єкта, а міст, уздовж якого переміщається візок, — над об’єктом. Такі крани необхідні при спорудженні залізниць, станцій метрополітену і деяких інших споруд. Вони володіють високою стійкістю і солідною вантажопідйомністю. Проте ефективність вживання обмежується через невелику висоту підйому гака і необхідність другого стріловидного крана для подачі вантажів.

					КР.131. 4121ст3.03.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Висновки:

1. Для виконання складання і зварювання боковини шкільного автобуса використаємо універсальний зварювальний випрямляч КИУ-501 та апарат для механізованого зварювання ПДГ-516М
2. Для виконання складання використаємо універсальне складальне пристосування СРпС

					КР.131. 4121ст3.03.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

					КР.131.4127ст3.04.05.ПЗ			
Изм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	4. Складання виробу: розробка технологічної послідовності	Лит.	Аркуш	Аркушів
Студент		Булавін Р.М.						
Консультант								
Керівник		Бутурля Є.А.				НУК		
Зав. каф		Драган С.В.						

4.1 Принципова послідовність виконання операцій.

Мета складання полягає в забезпеченні правильного взаємного розташування і закріплення складових зварної конструкції перед зварюванням. Для виконання складальних операцій використовують складальне або складально-зварювальне устаткування і пристрої. В першому випадку використання пристроїв закінчується після установки прихоплень. У випадку використання складально-зварювального устаткування конструкція звільняється від пристроїв лише після зварювання. Складально-зварювальне устаткування може слугувати для фіксування заготовок, зменшення деформацій у наслідок жорсткого закріплення, для виконання попереднього зворотного очікуваним деформаціям вигину і т.п].

Прихоплення під час складання можуть використовуватись для закріплення заготовок між собою та тимчасового закріплення складального або складально-зварювального устаткування та пристроїв.

Кількість прихоплень, що закріплюють елементи складної форми може сягати до 10 на 1 п.м на звичайних консрукціях 1...2 на п.м[7].

Виготовлення боковини автобуса починається з розміщення основного листа на складальному стенді. Лист орієнтують та фіксують за допомогою прихоплень.

Наступним кроком виконується розмічування місць для встановлення ребер жорсткості. Ребра встановлюють на основний лист згідно з розміткою, орієнтують і фіксують прихопленнями.

Після цього проводиться механізоване зварювання ребер жорсткості до основного листа в середовищі захисної газової суміші Ar (80%) + CO₂ (20%), використовуючи тип зварних швів С2.

Далі встановлюють наступні елементи конструкції фіксують прихопленнями до основного листа.

Механізоване зварювання цих з'єднань виконується у тому ж газовому середовищі зі зварними швами типу Т3.

					КР.131. 4121ст3.04.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після зварювання виконують зачистку швів, їх візуальний контроль та контроль якості згідно з вимогами технічної документації. Завершальним етапом є здача готової боковини у відділ технічного контролю (ВТК).

4.2 Розробка технологічного процесу виготовлення боковини

1. Підготовка деталей корпусу боковини

- Отримати з листового металопрокату заготовки згідно з кресленням (лист 25, лист 6, лист 26 з радіусом 450 мм, лист 10);
- Провести різання та формування радіусних ділянок (для листа 26);
- Виконати свердління або вирубку отворів під з'єднання (де передбачено).

2. Складання основної площини боковини

- Укласти листи 6 та 10 на стапель згідно з розгорткою загального контуру;
- Вирівняти стики, забезпечити точне прилягання;
- Виконати прихоплення стиків зварними точками;
- Провести дугове зварювання стикових з'єднань;
- Провести візуально-оптичний контроль зварних швів.

3. Монтаж арок коліс (лист 26)

- Провести розмітку посадочних місць для арок на основній площині;
- Установити аркові деталі з урахуванням симетрії та відповідності проекту;
- Зафіксувати деталі точковим зварюванням;
- Виконати додаткові прихоплення або зварні шви (де передбачено);
- Провести перевірку положення арок та візуальний контроль швів.

4. Монтаж передньої та задньої частини боковини (лист 25 та інші додаткові елементи)

- Установити листи згідно з кресленням;
- Зафіксувати за допомогою прихоплення;

					КР.131. 4121ст3.04.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Виконати зварювання швів;
- Провести зачищення швів у місцях з'єднання.

5. Контроль якості

- Провести візуально-оптичний контроль усіх зварних з'єднань;
- За необхідності – застосувати ультразвуковий контроль швів (УЗК);
- Оформити акт готовності;
- Здати готову конструкцію у ВТК.

4.3. Контроль якості зварювання.

Виробничий контроль розділяється на вхідний, поопераційний, приймальний.

Вхідний контроль включає в себе контроль вихідних матеріалів, заготовок і пристроїв, контроль обладнання, енергоносіїв..

Якість зварювання можна забезпечити при умові, якщо якість вихідних матеріалів (основного металу, зварювальних матеріалів, обладнання і т.д) задовольняє вимогам, які пред'явлені.

Основний метал у вигляді литих заготовок перевіряють на наявність пор, усадочних раковин і тріщин. Прокат перевіряють на наявність відстаней та нерівномірність розподілу домішок сірки, особливо по перерізу листів або профілю.

Електроди перевіряють на рівномірність товщини покриття на наявність в ньому тріщин та інших механічних ушкоджень, а також вологість. Електроди повинні зберігатися у приміщенні з вологістю 10—20%. Якщо електроди відсиріли то перед зварюванням їх необхідно прокалювати в печі при $T = 100—250^{\circ}\text{C}$. Перед використанням виконують пробне зварювання з метою установлення характеру плавлення електродного стрижня і покриття, легкість відділення шлакової корки і якість формування зварного з'єднання.

Флюси перевіряють на величину та рівномірність грануляції часток та на наявність бруду та сторонніх включень.

					КР.131. 4121ст3.04.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Захисні гази перевіряють на наявність шкідливих домішок та вологи.

Контроль обладнання. Обладнання повинне забезпечувати необхідні параметри, режими та якісне формування зварних з'єднань, тому треба проводити регулярне технічне обслуговування та ремонт.

Поопераційний контроль включає поточний обмір швів, зовнішній огляд, контроль послідовності технологічного процесу. Контроль технологічного процесу включає контроль за підготовкою заготовок, складання вузлів, справністю обладнання, станом зварювальних матеріалів, дотримання режимів зварювання.

Приймальний контроль включає контроль якості зварних швів.

Контроль якості зварних швів всіх конструкцій повинні здійснюватись наступними методами: зовнішнім оглядом й вимірами, кольоровою дефектоскопією, проникним випромінюванням, випробування металу шву на щільність та міцність.

Контролю зовнішнім оглядом й вимірами належать усі без виключення зварні шва по всій їх довжині, з метою виявлення та виправлення дефектів.

Контролю кольоровою дефектоскопією підлягають зварні шви або окремі ділянки для виявлення та виправлення дефектів, що виходять на поверхню: тріщини, свищи, поверхові раковини та інші глибинні дефекти.

Контролю проникним випромінюванням підлягають зварні шви, виконані на повну товщину кромок з повним їх проплавленням.

Контролю випробуванням на міцність (рідиною під тиском) та щільність (тиском повітря на мильну піну) металу шва підлягають готові зварні з'єднання непроникних зварних конструкцій.

Для зовнішнього огляду та обміру у масовому виробництві використовують спеціалізований інструмент: шаблони для перевірки складання під зварювання, шаблони для перевірки відповідності розміру шва вимогам, універсальні шаблони (ГОСТ 3242-79). Оцінка якості по двобальній системі «Придатний», «Непридатний»

					КР.131. 4121ст3.04.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки:

1. Було розроблено технологію складання та зварювання боковини автобуса. Виготовлення боковини передбачається виконувати на складальній плиті методом почасткового складання. При зварюванні конструкції використовується два способи зварювання: механізоване зварювання в середовищі захисних газів.

2.. Контроль якості зварних швів виконується зовнішнім оглядом, та УЗК що забезпечує гарантовану якість зварної конструкції.

					КР.131. 4121ст3.04.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КР.131.4127ст3.05.05.ПЗ			
Изм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Булавін Р.М.			5. Економічний розділ			
Консультан								
Керівник		Бутурля Є.А.						
Зав. каф		Драган С.В.						
						Лит.	Аркуш	Аркушів
						НУК		

5.1. Розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску

У даному розділі дипломного проекту виконується розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні боковини автобуса (500 шт.).

Вихідні данні розрахунку:

- 1 .Річний об'єм продукції, 500 шт.
- 2 Ціна дроту, грн. за кг 128
- 3 Витрати CO₂ на 1 м.п., л 1,85
- 4 Витрати дроту на 1 м.п., кг 0,45
- 5 Ціна 1 л. суміш Ar + CO₂, грн. 125,0
- 6 Витрати електроенергії на 1 м.п. с.д. кВт/год 3,7
- 7 Ціна 1 МВт/год, грн. 8,55
- 8 Трудомісткість на м.п. н/а н.-г. [20] 1,09
- 9 Розряд робіт 4
- 10 Часова тарифна ставка, грн. 700
- 11 Рівень додаткових витрат, % 16
- 12 Норма амортизації, % 15
- 13 Норма витрат на поточний ремонт обладнання, % 5
- 14 Вартість зварювального обладнання, грн. 45000

Розрахунок витрат на електроенергію наведений в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 Витрати на електроенергію

Найменування	Е.О. виміри	Розхід на річну програму	Річна програма в п.м.	Розхід на 1 п.м.	Ціна 1 МВт/год, грн.	Витрати на електроенергію, грн.
Електроенергія	кВт/год	129500	9500	3,7	8,55	594 153

Розрахунок витрат на основну заробітну плату приведений в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 Витрати на ОЗП

Найменування	одиниця виміри н-год	Річна програма п.м.	Трудовісткість на річну програму, год	Часова тарифна ставка, грн.	Сума витрат ОЗП, грн.
Зварювання	1,09	9500	38150	700	3 300 000

Розрахунок витрат на зварювальні матеріали приведені в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 Витрати на зварювальні матеріали

Розрахунок витрат на додаткову заробітну плату (ДЗП) наведений в таблиці 5.4

Таблиця 5.4 Витрати на ДЗП

Сума витрат ОЗП, грн.	Рівень витрат на ДЗП, %	Сума витрат на ДЗП, грн.
3 300 000	16%	528 000

Розрахунок відрахувань від ЗП приведений в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 Відрахування від З.П.

Сума витрат на ОЗП і ДЗП, грн.	Рівень відрахувань від ЗП, %	Сума відрахувань від ЗП, грн.
3 828 000	22%	842 160,0

Розрахунок витрат на амортизацію зварювального обладнання наведено у таблиці 5.6

Найменування матеріалу	Одиниці виміру	Розхід на 1 п.м.	Річна програма, п.м.	Ціна одиниці, грн.	Розхід на річну програму, кг; л	Витрати на матеріал, грн.
Дріт	кг	0,45	9500	128	4 275	547 200
Ar+CO ₂	л	1,85	9500	125,0	17 575	2 196 875
Всього						2 744 075

Розрахунок відрахувань від ЗП приведений в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 Відрахування від З.П.

Таблиця 5.6 Витрати на амортизацію зварювального обладнання

					КР.131. 4121ст3.05.06.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Найменування обладнання	Початкова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Сума витрат на амортизацію, грн.
Зварювальний напівавтомат з джерелом живлення	45000	15	6750

Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання наведено у таблиці 5.7

Таблиця 5.7 Витрати на поточний ремонт обладнання

Найменування обладнання	Вартість обладнання, грн.	Норма витрат на поточний ремонт, %	Сума витрат на поточний ремонт обладнання, грн.
Зварювальний напівавтомат з джерелом живлення	45000	5	2250

Розрахункові показники технологічної собівартості зварювальних робіт при виготовленні боковини приведено у таблиці 5,8.

Таблиця 5,8 Розрахункові показники собівартості зварювальних робіт при виготовленні боковин (500 шт), грн.

	Показники	Величина
1	Витрати на матеріали	2 744 075
2	Витрати на електроенергію	594 153
3	Витрати на ЗП з відрахуваннями	3 828 000
4	Витрати на поточний ремонт обладнання	2250
5	Амортизаційні відрахування	6750
6	Сума	7 175 228.0

Технологічна собівартість складання і зварювання однієї боковини складає 14 350,46 грн.

					КР.131. 4121ст3.05.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Висновки:

1, Виконано розрахунок собівартості виконання складально-зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску боковин в кількості 500 шт, яка становить 7 175 228.0 грн. Технологічна собівартість складання і зварювання однієї боковини складає 14 350,46 грн.

					КР.131. 4121ст3.05.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

					КР.131.4127ст3.06.05.ПЗ						
Изм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Студент		Булавін Р.М.			6. Охорона праці				Лит.	Аркуш	Аркушів
Консультант											
Керівник		Бутурля Є.А.							НУК		
Зав. каф		Драган С.В.									

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, соціально-гігієнічних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини.

Задача охорони праці — звести до мінімальної ймовірності ураження або хвороби працюючих з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній виробничій праці.

Основним законодавчим актом по охороні праці є Закон України «Про охорону праці» прийнятий Верховною Радою від 14.10.2002 року.

Держава повинна турбуватися про поліпшення умов і охорону праці, її організації, про скорочення важкої фізичної праці за рахунок удосконалення та впровадження механізації і автоматизації в промисловості.

Охорона здоров'я працюючих, забезпечення безпеки умов праці, лікування професійних захворювань і виробничого травматизму складає одну із головних турбот держави.

За кожною людиною закріплено право на охорону здоров'я. Це право забезпечувати розвитком техніки безпеки і виробничою санітарією, безкоштовною медичною допомогою, заходами по оздоровленню, попередження і зниження професійних захворювань.

В наш час впроваджується багато нових складальних пристроїв і механізмів. У зв'язку з цим зростає роль охорони праці, яка повинна не тільки забезпечувати безпеку праці людини, але й покращувати її умови.

6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів праці при зварюванні вуглецевої сталі.

Сучасна металообробка — це багатостороння галузь промисловості, яка включає суднове корпусобудування, машинобудування, а також ряд суміжних видів промисловості. Металообробка характеризується складними умовами праці, присутністю небезпечних і шкідливих факторів, які призводять до виробничих травм, загальним і професійним захворюванням.

					КР.131. 4121ст3.06.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У зв'язку з цим в металообробці велику увагу приділяється питанням охорони праці і навколишнього середовища.

Однією з умов здорової, високопродуктивної праці є забезпечення чистоти повітря і нормальних метеорологічних умов в робочій зоні. До числа основних фізичних небезпечних і шкідливих факторів відносять:

- висока напруга в електричних каналах, замикання яких може пройти через тіло робітника;
- гострі крайки, завусенці і шорсткість поверхонь¹ деталей і виробів;
- рухомі машини і механізми, пересувні вироби і заготовки;
- підвищена або понижена температура повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- підвищений рівень шуму і вібрацій на робочому місці;
- підвищена або понижена вологість повітря;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань.

У дипломній роботі розглядаються застосування ручного дугового зварювання та зварювання в захисних газах.

При зварюванні в захисних газах існує можливість небезпечного впливу на зварника у зв'язку з наступними чинниками:

- ураження електричним струмом при доторканні людини до струмопровідних частин електричного кола;
- ураження променями електричної дуги очей і відкритої поверхні шкіри;
- опіки розплавленим металом-бризками;
- отруєння токсичними газами і пилом, які виділяються при зварюванні і при забрудненні приміщень пилом і випаровуванням шкідливих речовин;

					КР.131. 4121ст3.06.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- ураженні від вибуху через неправильне користування балонами стиснутого газу або при виконанні зварювання поблизу вибухонебезпечних речовин;
- отруєння захисними газами;
- опіки і роздратування від загорання розчинників, фарбників і т.д.
- ураження тепловим випромінюванням дуги;
- ураження очей при затискуванні швів;
- травми різного роду механічного характеру при підготовці важких виробів до зварювання.

Проаналізуємо основні із вище перерахованих, небезпечних і шкідливих факторів, які виникають при зварюванні в середовищі захисних газів.

При справному стані обладнання і при правильному виконанні зварювальних робіт, можливість ураження струмом близька до нуля. Але ураження електричним струмом можливе внаслідок несправності зварювального обладнання або мережі заземлення, несправності проводки і неправильне ведення робіт по зварюванню. Ураження електричним струмом відбувається при торканні струмопровідних частин проводки і зварювальної апаратури. Напруга холостого ходу джерел живлення досягає 80 В. Опір людського тіла може змінюватись від 1000 до 20000 Ом, то вказана напруга є небезпечною для життя. Ураження струмом вище 0,05 А може викликати важкі наслідки і навіть смерть. Небезпека ураження зварника особливо велика під час роботи всередині ємності, лежачі на металічних частинах зварного виробу або при виконанні зварювання в сиру погоду, в вологих приміщеннях.

В процесі зварювання краплі розплавленого металу можуть потрапити в складки одягу, кармани, взуття, пропалити одяг і спричинити опіки, так як бризки розплавленого металу при зварюванні мають температуру до 1800°C.

Біологічна дія ультрафіолетових променів: викликають опіки шкіри робочого, уражають очі, пропалюють тканину. Ультрафіолетові промені добре поглинаються повітрям, викликаючи фотохімічний ефект з виникненням

					КР.131. 4121ст3.06.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

озону. Озон викликає: отік легень, порушення частоти пульсу, зміну складу крові.

Крім ультрафіолетових променів, горіння зварювальної дуги супроводжується випромінюванням видимих, дуже ярих світлових променів і інфрачервоних променів.

Інфрачервоні промені володіють в основному тепловою дією. Яскравість видимих променів значно перевищує норму, допустиму для людського ока, і якщо дивиться на дугу не захищеним оком, вона має осліплюючу дію. Ультрафіолетові промені навіть при короткочасній дії(декілька секунд) викликають захворювання очей (опік роговиці ока-електрофтальмія). Вона супроводжується різким болем, різом в очах, слізоточивістю, спазмами вік.

Через 2-3 дні захворювання проходить. Часте повторення електрофтальмії може привести до хронічного кон'юнктивіту. Інфрачервоні промені при довгому впливі викликають помутніння кристалів ока (катаракту), що призводить до тимчасової або повної втрати зору. Теплова дія інфрачервоних променів викликає опіки шкіри.

Зварювання в середовищі захисних газів супроводжується виділенням пилу і газів. Зварювальний пил або аерозоль являє собою суміш найдрібніших частинок оксидів і мінералів. Крім аерозолі, повітря при зварюванні в робочих приміщеннях забруднюються різноманітними газами шкідливими для здоров'я людини. На робочому місці допускається такі граничні концентрації шкідливих речовин в повітрі, мг/см³: Алюміній і його оксиди — 2,0; берилій та його з'єднання - 0,001; вольфрам — 6,0; нікель і його оксиди — 0,5; свинець та його з'єднання — 0,01; оксид індію — 5,0; озон — 0,1; оксиди азоту — 5,0; мідь — 0,5; оксиди міді — 0,1; оксид марганцю — 0,3.

Перевірка концентрації пилу і газів (при зварюванні в середовищі захисних газів) показує, що щиток і маска навіть при зварюванні в нижньому положенні дозволяє знищувати вміст пилу і газу в зоні дихання зварника в декілька разів.

					КР.131. 4121ст3.06.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Захисний газ, щільність якого більша щільності повітря, може накопичуватись в нижніх частинках приміщень. При збільшенні концентрації газу, у повітрі зменшується кількість кисню. Що може призвести до кисневого голоду людей, працюючих у приміщенні.

Небезпека, яка виникає при зварюванні в середовищі захисних газів — це вибух балонів. Вибух балонів можливий при неправильних транспортуваннях, зберіганні і використанні балонів із стисненими газами при зварювальних роботах. Балони повинні знаходитись не менше 1 метра від радіаторів опалення, а від джерел тепла з відкритим вогнем на відстані не менше 5 метрів. Залишковий тиск газу в балонах повинен бути не менше 0,049 МПа.

Під час зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів перед маскою знайдено 90-111 мг/см³ пилу, а під маскою - 12-28 мг/см³.

При ручному зварюванні плавким електродом теплова радіація дорівнює: на рівні правої руки — 1,2-2,8 кал/см²хв; і біля обличчя 1,5-2,18 кал/см²;

6.2 Розрахунок системи місцевої вентиляції.

Для виконання зварних таврових проб у середовищі захисних газів на робочому місці необхідне застосування місцевої вентиляції

Перетин повітря приймача має форму кола $d_0 = 0,3 \text{ м}^2$. Гідравлічний діаметр повітря проводу визначається за формулою:

$$d = \frac{F}{\pi d_0}, \text{ м}$$

Де

$$F = \frac{\pi d^2}{4}, \text{ м}^2$$

$$d = \frac{3.14 * 0.3^2}{4} * \frac{1}{3.14 * 0.3} = 0.075, \text{ м}$$

Швидкість руху повітря у повітро-приймачі дорівнює:

$$v = \frac{v_T * l^2}{k * d^2}$$

де: V_T — швидкість виділення шкідливих речовин у деякій точці або перетині, м/с (для зварювання сталі в середовищі CO_2 $V_T = 0.5 \text{ м/год}$);

					КР.131. 4121ст3.06.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

l — відстань від місця виділення шкідливих речовин до вхідного перетину повітряприймача (l = 0,06м)

k — коефіцієнт, що залежить від форми вхідного перетину повітряприймача, обирається за таблицею k = 0.06.

$$v = \frac{0,5 * 0,06^2}{0,06 * 0,075^2} = 5,3 \text{ м/с}$$

Кількість повітря необхідне для видалення шкідливих речовин одним пилегазоприймачем визначається за формулою:

$$Q = V_b * S_c * 3600, \text{ м/год}$$

де:

S_c — площа вхідного перетину пилегазоприймача;

V_b - швидкість руху повітря у воздухоприймачі;

$$Q = 5.3 * \frac{3.14 * 0.075^2}{4} = 95 \text{ м/год}$$

або:

$$Q = 0,026 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Пилегазоприймачем користується один зварювальний то кількість повітря, що видаляє система, буде дорівнювати Q, тобто Q_{об} = 95 м³/ч.

Опір одного шлангу обчислюється за формулою:

$$R = \left(\frac{\rho_b * \lambda * L}{2d} + \frac{\rho_{b*\xi}}{2} + \frac{\rho_2}{2} \right) \div S, \text{ кг/м}^3$$

Де:

S - площа поперечного перерізу шланга, м;

ρ - коефіцієнт гідравлічних втрат, ρ = 0.03;

ξ - коефіцієнт місцевих втрат, ξ = 1.2;

λ, - щільність повітря, λ = 1.226кг/м³;

$$R = \left(\frac{1,226 * 0,03 * 0,06}{2 * 0,075} + \frac{1,2 * 1,226}{2} + \frac{1,226}{2} \right) \div 0,00443 = 307,7 \text{ кг/м}^3$$

Опір вентиляційної мережі з одного підключеного до вентилятора шлангу R_c=R, тобто R_c = 307.7 кг/м .

					КР.131. 4121ст3.06.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Кількість повітря, що проходить через один шланг дорівнює:

$$Q_{\text{ш}} = Q, \text{ тобто } Q_{\text{ш}} = 95 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Швидкість руху повітря в гумовотканинних шлангах дорівнює:

$$N_{\text{ш}} = \frac{Q_{\text{ш}}}{S_{\text{ш}}}, \text{ м/с}$$
$$N_{\text{ш}} = \frac{0,026}{0,0044} = 6,1 \text{ м/с}$$

Втрати на тертя обчислюються за формулою:

$$H_{\text{м}} = \frac{\xi * V^2 * \rho_b}{2}, \text{ Па}$$
$$H_{\text{м}} = \frac{1,2 * 5,3^2 * 1,226}{2} = 206 \text{ Па або } 20,6 \text{ кгс/м}^3$$

Виходячи з вищенаведених розрахунків обираю вентилятор ВНИИСТО сірий ЭВР № 2, N = 1 кВт*А, АТ-32-2.

6.3 Заходи щодо усунення шкідливих факторів на зварювальному виробництві.

Отруєння при зварюванні в захисних газах виникають внаслідок витиснення ним кисню, вміст кисню у повітрі робочого приміщення зварника стане менше 19% (по об'єму). Таке отруєння може стати при роботі в замкнених, погано провітрюваних приміщеннях. При цьому необхідно враховувати, що захисний газ може проникати в робоче приміщення не тільки із пальника, але і з комунікацій з газом, захисних пристроїв. Тому, у приміщенні для зварювання повинна бути передбачена місцева вентиляція. Також можна використати маски з подачею повітря.

Активний газ CO₂, виконуючи захисні функції металу шва, у той же час є окиснювачем і сприяє виникненню зварювальних аерозолів за рахунок, як випаровування, так і окиснення основного і електродного металів. Тому зварювання в CO₂ характеризується високим рівнем виділення зварювальних аерозолів, а також газових компонентів CO, NO, NO₂. Через це на ділянці

					КР.131. 4121ст3.06.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

зварювання в середовищі захисних газів необхідна витяжна місцева вентиляція. Для місцевої вентиляції при зварюванні в середовищі захисних газів вимагаються технологічні вимоги по відношенню до обмеження рухливості повітря в зоні дуги. Тому, при розрахунку вентиляційних систем потрібно виходити з того, що швидкість повітря в зоні зварювання повинна бути не більше 0,3 м/с.

Збільшення витрат відсмоктуючого повітря призводить до погіршення захисту і якості зварного шва. Обмін повітря на один пост повинен складати 500-1000 м³/ч. В холодний період, повітря, яке подається в зону дихання зварника, повинне мати температуру 20-22°C.

Для попередження ураження робітників електричним струмом, усе устаткування, що знаходиться під напругою повинно бути заземлено або занулено та позначено попереджувальними знаками «Обережно висока напруга ».

При роботі з деталями при складанні-зварюванні виробів не допускається працювати без захисного одягу, взуття та рукавиць. У разі роботи по зачищенню зварних швів робітник повинен працювати у респіраторі і захисній масці, що протидіє попаданню частинок у очі та дихальну систему робітника.

Електрозварювальники та газорізальники повинні працювати у захисних масках або окулярах з світофільтром необхідного рівня, який попереджає ураження очей робітника випромінюванням.

При наявності в робочій зоні шуму, що перевищує допустимі норми, усі працюючі повинні працювати у шумозахисних навушниках або берушах.

Для попередження травмування працівників падаючими або переміщувальними краном деталями, усі працівники на виробництві повинні знаходитись у захисних касках та спеціальній протиударній взутті.

					КР.131. 4121ст3.06.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Висновки

1. Розрахована система місцевої вентиляції для захисту зварювальника в процесі роботи від впливу шкідливих речовин, що виділяються при зварюванні в суміші захисних газів, підібраний необхідний вентилятор по розрахованих величинах — ВНИИСТО сірий ЭВР № 2, № 1кВ*А, АТ-32-2.

2. У випадках, коли важко забезпечити необхідну вентиляцію, а вміст шкідливих газів і зварювальних аерозолів перевищує допустимі норми, необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД). Коли концентрація в зоні дихання невелика застосовують протипилові респіратори ШБ 1 (лепесток 200; 40; 5). Для захисту від аерозолів використовують ЗІЗОД: ФА- 1; ФА-2; ФА-3; для захисту від шкідливих газів і парів: ФГ-1; ФГ-2; ФГ-3; ФУ-1. Фільтруючі протигазні респіратори РПГ-31А використовуються для захисту від парів органічних речовин і розбавлювачів. Коли зварник працює в умовах дуже високої концентрації газів і аерозолів, необхідно користуватися шланговими протигазами: ПШ-1; ПШ-2 та АСМ і РМП-62 з примусовою подачею повітря.

					КР.131. 4121ст3.06.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

					КР.131.4127ст3.06.05.ПЗ						
Изм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ				Лит.	Аркуш	Аркушів
Студент		Булавін Р.М.									
Консультант											
Керівник		Бутурля Є.А.							НУК		
Зав. каф		Драган С.В.									

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1 Для виготовлення боковини застосовується механізоване зварювання в суміші газів. $\text{Ar}(80\%)+\text{CO}_2(20\%)$ Обґрунтовано і розраховано режими механізованого зварювання в суміші газів

2 Розрахунок втрати стійкості показав стрілку прогину для двох листів на рівні 0,3 та 0,5 мм, що в межах допустимих норм.

3 Було розроблено технологію складання-зварювання боковини. Виготовлення передбачається виконувати на складальній плиті методом почасткового складання При зварюванні конструкції використовується два способи зварювання: механізоване зварювання в середовищі захисних газів та.

4 Механізоване зварювання в захисному газі виконується зварювальним дротом Св-08Г2С за допомогою апарата для механізованого зварювання ПДГ-516М.

5 При виготовлення конструкції використовуються види технічного контролю. Контроль якості зварних швів виконується зовнішнім оглядом, та УЗД що забезпечує гарантовану якість зварної конструкції.

6 Розрахована система місцевої вентиляції для захисту зварювальника в

процесі роботи від впливу шкідливих речовин, що виділяються при зварюванні в суміші захисних газів, підібраний необхідний вентилятор по розрахованих величинах - ВНИИСТО сірий ЭВР № 2, $N = 1\text{кВ}\cdot\text{А}$, АТ-32-2.

7 У випадках, коли важко забезпечити необхідну вентиляцію, а вміст шкідливих газів і зварювальних аерозолів перевищує допустимі норми, необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД). Коли концентрація в зоні дихання невелика застосовують протипилові респіратори ШБ 1 (лепесток 200; 40; 5). Для захисту від аерозолів використовують ЗІЗОД: ФА- 1; ФА-2; ФА-3; для захисту від шкідливих газів і парів: ФГ-1; ФГ-2; ФГ-3; ФУ-1. Фільтруючі протигазні респіратори РПГ-31А використовуються для захисту від парів органічних речовин і розбавлювачів. Коли зварник працює в умовах дуже високої концентрації газів і аерозолів,

					КР.131. 4121ст3.00.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно користуватися шланговими протигазами: ПШ-1; ПШ-2 та АСМ і РМП-62 з примусовою подачею повітря.

8 Виконано розрахунок собівартості виконання зварювальних робіт при виготовленні річної програми випуску боковин в кількості 500 шт.

9 Загальна собівартість зварювання річної програми випуску виробів в кількості 500 шт. складає 7 175 228 грн. (14 350,46 грн 1 боковина.)

					КР.131. 4121ст3.00.06.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

- 1 Квасницький В.В Теория зварювальних процесів. Дослідження фізико- хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання. Навчальний посібник -Миколаїв: НКІ 1991г, -89 с.
- 2 Технология металлов и материаловедение. Кнорозов Б.В., Усова Л.Ф.,Третьяков А.В. и др. М.: Металлургия, 1987.
- 3 ГОСТ 27772-88. Прокат стальных строительных конструкций. Общие технические условия.
- 4 Николаев Г.А. и др.. Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. Учеб, пособие для машиностроит. Вузов. М., Высш, школа, 1971.
- 5 Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Е.И. Беленя, В.А. Балдин, Г.С. Ведеников и др.; Под общ. ред. Е.И. Беленя. - 6-е изд. перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1986. — 560.
- 6 Куркин С.А. Технология, механизация и автоматизация производств сварных конструкций: Атлас: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / С.А. Куркин, В.М. Ховов, А.М. Рыбачук. — М.: Машиностроение, 1989. — 328 с.
- 7 Куркин С.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учеб, для вузов / С.А. Куркин, Николаев Г.А. — М.: Высш, шк.,1991. — 398.
- 8 Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977.
- 9 Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за напрямом підготовки 6.050504 "Зварювання" / С.В. Драган, Г.В. Єрмолаєв, Ж.Г. Голобородько, М.В. Матвієнко, С.А. Лой, В.Я. Сагань. — Миколаїв : НУК, 2015. - 69 с.

					КР.131.4121з.00.06	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 Лебедев Ю.М., Лебедева В.Ф., Лой С.А. Розрахунки теплових процесів при зварюванні: Методичні вказівки до виконання курсової роботи. — Миколаїв: НУК, 2008. - 64 с.

11 Бугаєнко Б.В., Сагань В.Я. Технологічні процеси зварювального виробництва: Методичні вказівки до виконання курсового проекту. — Миколаїв: НУК, 2010.-53 с.

12 Костін О.М. Зварювальні матеріали: Навч. посібник. - Миколаїв: НУК, 2004.-225 с.

					КР.131.4121з.00.06	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		