

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ЗАОЧНОЇ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему «**Обґрунтування параметрів обладнання для зварювання
рам вантажних причепів**»

Виконав: студент групи Маш-71з

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Стадницький Володимир Михайлович

Керівник: к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ЗАОЧНОЇ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Рівень вищої освіти – другий магістерський
Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Машинобудування
(назва кафедри)

(підпис)

професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Стадницькому Володимирі Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Обґрунтування параметрів обладнання для зварювання рам вантажних причепів»

Керівник роботи _____
к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ЛНУП від 17 лютого 2023 року №331/к-с

2. Строк подання студентом роботи: до 19 січня 2024 року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, технічні характеристики та креслення вантажних причепів, каталоги зварювального обладнання, методики розробки технологічних процесів, типові технологічні процеси зварювання та ремонту рамних конструкцій, методики розрахунку режимів зварювання,

інструкції з охорони праці, технічні характеристики зварювальних апаратів та додаткової оснастки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Стан питання та задачі досліджень; 4.2. Технологічна частина; 4.3. Обґрунтування вибору зварювального обладнання; 4.4. Охорона праці; 4.5. Техніко-економічне обґрунтування.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Швець О.П. доц. каф. машинобудування			
4	Городецький І.М. доц. каф. УПБВ			

7. Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Стан питання та задачі досліджень	28.04.23	
2	Технологічна частина	30.06.23	
3	Обґрунтування вибору зварювального обладнання	25.08.23	
4	Охорона праці	27.10.23	
5	Техніко-економічне обґрунтування	24.11.23	
6	Оформлення пояснювальної записки	29.12.23	
7	Оформлення графічної частини	12.01.24	

Студент _____
(підпис)

_____ Стадницький В.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

_____ Швець О. П.
(прізвище та ініціали)

УДК 621.791

Стадницький В. М. «Обґрунтування параметрів обладнання для зварювання рам вантажних причепів». /Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 67 с.

Проведено аналіз конструкцій рам вантажних причепів. Проаналізовано основні дефекти, умови їх виникнення та технологічні процеси ремонту рам.

Запропоновано технологію відновлення роботоздатності тріснутої рами вантажного причепа методом зварювання тріщин та накладання ремонтних підсилюючих пластин.

Розраховано параметри процесів ручного та механізованого зварювання рам та вибрано оптимальний зразок зварювального півавтомата для виконання ремонтного зварювання.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання операцій зварювання.

Визначено собівартість технологічного процесу відновлення роботоздатності рами методом зварювання та підтверджено економічну доцільність вибору зварювального обладнання.

Табл. 8; рис. 15; бібліогр. джерел 32.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	7
1.1 Аналіз конструкцій рам транспортних засобів	7
1.2 Аналіз досліджень процесів руйнування рамних конструкцій транспортних засобів	10
1.3 Аналіз методів ремонту лонжеронів рам транспортних засобів	14
1.4 Вибір типу та розмірів ремонтних накладок	18
1.5 Мета і задачі досліджень	21
Висновки за розділом	22
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	23
2.1 Систематизація пошкоджень рамних конструкцій транспортних засобів, та способи їх виявлення	23
2.2 Маршрут ремонту рам автотранспортних засобів	24
2.3 Рекомендації до виконання технологічних операцій зварювання під час ремонту рамних конструкцій	25
Висновки до розділу	29
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	30
3.1 Обґрунтування способу зварювання	30
3.2 Розрахунок режимів ручного дугового зварювання	32
3.3 Розрахунок режимів зварювання тріщини в середовищі захисних газів	35
3.4 Вибір зварювального обладнання	37
Висновки за розділом	41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	43
4.1 Аналіз потенційних небезпек	43
4.2 Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час зварювання	44
Висновки за розділом	47

5	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	78
5.1	Нормування механізованого зварювання	48
5.2	Визначення собівартості зварювання рами	50
5.3	Економічне обґрунтування вибору зварювального апарата	53
	Висновки за розділом	54
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	55
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	56
	ДОДАТКИ	60

ВСТУП

Експлуатація транспортних засобів супроводжується впливом на них різноманітних навантажень. Під їх дією в елементах рамних конструкцій накопичуються внутрішні напруження, які в процесі експлуатації можуть призвести до пошкоджень у вигляді мікротріщин, деформацій та руйнувань. Проблема надійності рамних конструкцій актуальна для усіх видів транспорту. В нашій країні ця проблема особливо гостра, оскільки вантажівки працюють у важких рельєфних і кліматичних умовах.

У більшості конструкцій вантажних причепів базовою збірною одиницею є рама, яка займає до 40% металомісткості усього причепа і значно впливає на ресурс його роботи. Основними чинниками, які визначають роботоздатність рами є її пошкодження тріщинами. Продовжити ресурс та відновити роботоздатність можна шляхом та ремонту рамних конструкцій різноманітними способами. Особливо це стосується рам, виготовлених або відремонтованих з використанням процесів зварювання, яке викликає зміни структури та фізико-механічних властивостей матеріалу деталей.

Проблемою ремонту небезпечних зон рамних конструкцій шляхом встановлення елементів підсилення, а також відновлення таких зон із зародженими тріщинами, є відновлення пошкодження основного металу за рахунок металургійних процесів зварювання.

Технології ремонту або підсилення рамних конструкцій вантажних причепів характеризуються недостатністю конкретних рекомендацій щодо виконання робіт з врахуванням вибору оптимального складу технологічного обладнання. Аналіз раніше виконаних досліджень показав необхідність виконання досліджень, направлених на розробку методик обґрунтування обладнання для зварювання рам причепів та розробки на їх основі практичних рекомендацій щодо його використання.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз конструкцій рам транспортних засобів

Різноманіття рам транспортних засобів досить велике. Тому аналіз їх конструкцій доцільно виконувати на основі їх можливих варіантів виготовлення. Розрізняють лонжеронні, периферійні, хребтові, вилчасто-хребтові рами, рами з несучою основою, решітчасті та інтегровані в кузов транспортного засобу.

В несучих конструкціях вантажних транспортних засобів здебільшого застосовуються лонжеронні та хребтові рами. Лонжеронна складається з двох поздовжніх балок (лонжеронів) та поперечок, встановлених між ними. Залежно від типу транспортного засобу лонжерони рам можуть бути встановлені паралельно або під кутом в горизонтальній площині; вигнутими у вертикальній чи горизонтальній площині. В конструкціях вантажних автомобілів і причепів здебільшого використовується паралельна схема лонжеронної рами.



Рисунок 1.1 – Типові рами транспортних засобів:
а) вантажного автомобіля; б) сідельного напівпричепа

Лонжерон являє собою металеву балку відкритого або закритого типу. Його поперечний перетин може мати форму закритого короба, швелера, двотавра тощо. Такі типи профілів характеризуються високою жорсткістю та витривалістю на згин.



Рисунок 1.2 – Рама причепа

1 – лонжерон; 2 – поперечки; 3 – стійки; 4 – опори

На сьогоднішній день існує велика різноманітність лонжеронних рам драбинчастого типу, які знайшли широке застосування в конструкціях рами вантажних автомобілів загального призначення, рами сидельних напівпричепів та причепів.

Рами більшості автомобілів вітчизняного та радянського виробництва виготовляються клепаними. Їх формують з двох повздовжніх балок, які мають переріз швелера зі змінним перетином. Ці швелери виготовляють зі смугової низьколегованої сталі товщиною до 8 мм. Повздовжні балки рами виготовляють методом гарячого штампування. Їх найбільша висота становить 265 мм, а ширина полиць коливається в межах від 60 до 80 мм. Між собою поздовжні балки з'єднують поперечками за допомогою заклепок у декількох місцях. На повздовжніх балках рами кріплять кронштейни навіски, ресор, опор двигуна, кріплення кабіни, рульового керування, вантажної платформи та інших складових транспортного засобу.

Рами сучасних причепів та напівпричепів закордонного виробництва для більшості сучасних вантажних автомобілів виготовляють суцільно зварними. В залежності від призначення причепа та його вантажопідйомності, вони можуть мати різноманітну форму та розміри. Так, наприклад, рама напівпричепа складається з двох довгих вигнутих балок (лонжеронів), зварених у формі

двотавра зі змінною висотою (рис. 1.3) та з'єднаних між собою поперечинами (траверсами).



Рисунок 1.3 – Рама напівпричепа

У різних виробників лонжерони сидельних напівпричепів закордонного виробництва можуть мати різні розміри, форму, металомісткість та масу. Однак профіль усіх їх має форму тавра змінного перерізу висотою до 41,5 см. Виготовляють їх методом зварюванням з листового металу товщиною від 4 до 16 мм.

Кожен виробник для своїх рамних конструкцій може використовувати різні марки сталей. Так, наприклад, зварні рами напівпричепів від фірми Kögel виготовляються зі сталі марки StE 460 (аналог 09Г2С). Буква Е в марці вказує на спосіб виплавки в електропечі, а цифра – на межу текучості в МПа. Згідно стандарту ДСТУ EN 10025-4 дана сталь містить 0,2 % вуглецю, 0,1-0,6% кремнію, 1-1,7% марганцю, близько 1% нікелю і 0,3% хрому. Такий склад не дозволяє утворюватися крихким структурам під час зварювання, а включення нікелю зменшує схильність до крихкого руйнування. Завдяки наявності ванадію, молібдену, ніобію і азоту для такої сталі не є обов'язковим проведення зміцнювальної обробки. Необхідні властивості досягаються безпосередньо після прокатування під впливом прискореного охолодження.

Використання даної сталі у зварних з'єднань сприяє збереженню властивостей металу в зоні термічного впливу та зниження можливості виникнення тріщин.

1.2 Аналіз досліджень процесів руйнування рамних конструкцій транспортних засобів

Одним з напрямків вирішення питання оптимізації рам вантажних причепів є зменшення їх маси за рахунок зменшення товщини матеріалів, які використовуються в процесі їх виготовлення. В роботі [10] було обґрунтовано можливість зменшення металомісткості рами вантажного напівпричепа за рахунок зменшення товщини поздовжніх та поперечних балок рами. Дані дослідження проводились за умови статичного навантаження дослідних елементів рами.

Досвід експлуатації вантажних причепів показує, що послаблення конструкції рам за рахунок зниження товщини їх конструктивних елементів призводять до їх вигинання в процесі експлуатації (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Випадки прогину рам причепів

В сучасних умовах розвитку технологій машинобудування зменшення металомісткості рамних конструкцій зі зменшенням товщин їх конструктивних елементів можливе тільки за умови використання якісних дороговартісних матеріалів.

Більш ефективним способом післяремонтного відновлення експлуатаційних характеристик рам є зміна профілю (перерізу) їх основних несучих елементів.

Дослідженню процесів ремонту рамних конструкцій транспортних засобів присвятили свої наукові праці багато вчених [2, 9]. За їх дослідженнями, рама

транспортного засобу під час експлуатації зазнає впливу постійних знакозмінних динамічних навантажень, які створюються тягачем, дорожнім покриттям та вантажем, часто нерівномірно розташованим в кузові. Запропоновані конструктивні рішення передбачають дотримання балансу між малою масою та високою міцністю, гнучкістю і жорсткістю рами. Не слід забувати й про мінімізацію собівартості матеріалів та технологій ремонту.

Під час обґрунтування та вибору металоконструкцій для виготовлення рам необхідно враховувати нерівномірність можливих навантажень на них. Ці навантаження призводять до появи в матеріалах процесів руйнування [11]. Також не слід забувати, що на різних ділянках рами можуть виникати різні види деформації: згин, розтяг (стиск), кручення, або їх сукупна дія. В результаті елементи конструкції рами можуть мати різний ресурс.

Конструкторами вже на етапі проектування визначаються елементи конструкції з найменшим ресурсом. Для таких ділянок пропонується їх підсилення на етапі виготовлення, а за умови відновлення роботоздатності під час ремонту встановлення підсилюючих елементів або заміни зруйнованих деталей більш міцними. Для цього в умовах ремонтних майстерень застосовують різноманітні способи зварювання та наплавлення.

Процес руйнування елементів рам може відбуватися повільно, однак швидкість розвитку дефекту буде зростати прогресивно. Якщо в конструкції деталі з'являється тріщина, то її довговічність може зменшитись до 80% [9]. Вихід деталі з ладу відбувається раптово навіть за незначних малих деформаціях.

Як показує практика, проблема руйнування конструкційних матеріалів елементів рамних конструкцій дуже складна. Це, насамперед, стосується виконання ремонтних зварювальних робіт, які можуть призводити до зміни структури металу в зоні зварних швів, що в свою чергу впливає на значення та знак накопичених внутрішніх напружень, а також зміну міцності. Дослідженнями встановлено, що процеси руйнування, залежно від роду матеріалу, способу зміцнення, умов прикладання навантажень протікають по різному.

На інтенсивність втомного руйнування значний вплив має характеристика середовища та корозійні властивості металів та сплавів, з яких виготовлені деталі. Початкове втомне руйнування може спричинитись наявністю на поверхні чи в середині металів різних включень, які в подальшому зумовлюють утворення локальних корозійно-активних ділянок. В результаті з'являються зародки корозійних та механічних дефектів, в яких концентруються напруження. В цих місцях при подальшій експлуатації виробу відбувається зародження тріщиноподібних дефектів (мікротріщин), розмір яких не перевищує відстані між мікроструктурними бар'єрами матеріалу. Під механічним впливом навантажень відбувається розвиток та злиття мікротріщин, з яких в подальшому формуються магістральні тріщини, направлені в глиб матеріалу [4]. Набуття такими тріщинами критичних розмірів призводить до руйнування елемента конструкції.

Під впливом циклічних знакозмінних навантажень в слабкому місці металу зароджується тріщина і утворюється точка втомного руйнування. Оскільки процеси втомного руйнування починаються в поверхневому шарі металу, то деталі рам більше чутливі до руйнування у місцях утворення різноманітних концентраторів: дефектів на поверхні, підрізів зварювальних швів та інших їх дефектів, ділянок з корозією тощо.



Рисунок 1.5 – Розвиток тріщини по концентратора напружень (отворах) в рамі

Дослідженням появи та розвитку втомних тріщин в рамах транспортних засобів присвячені роботи [4, 8, 24, 32]. В них досліджено зв'язок руйнувань елементів рам від експлуатаційних навантажень. Встановлено, що втомним руйнуванням піддаються лонжерони, так і поперечини вантажних автомобілів і причепів. Для бортових автомобілів та самоскидів притаманні втомні руйнування тільки лонжеронів. В результаті скручування лонжеронів рам відбувається руйнуються їх поперечини, при чому руйнування лонжеронів є наслідком циклічними навантажень згину.

Втомні тріщини можуть утворились в нижній частині рамних каркасів в місцях з'єднання прямокутних профілів (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Тріщини в місцях з'єднання прямокутних профілів рамного каркаса автобуса ЛАЗ

Дослідженнями встановлено, що основними причинами, які впливають на розвиток тріщин є коливні процеси в конструкції. Для рам автомобілів та причепів переважаючими є коливання у вертикальному напрямку. Результати експериментальних досліджень [10] сумарного впливу згину та кручення на раму причепа дозволили автору встановити критичні перерізи рамного контуру. За його даними вони знаходяться в місцях з'єднання поперечин рами з лонжеронами.

В роботі [32] досліджувалась інтенсивність накопичення тріщин на внутрішньому та зовнішньому боках вертикальних стінках лонжерона рами. В результаті досліджень встановлено характер та напрямок руйнування досліджуваних елементів.

Значна увага приділяється вченими вирішенню питань розробки конструкцій рам з мінімальною металомісткістю завдяки раціональному використанню матеріалів з високими міцнісними характеристиками. В своїх дослідженнях автори визначали напружені стани в окремих точках металоконструкції рами [8].

За результатами досліджень усі руйнування конструктивних елементів рам можна поділити за основними видами поломок. Найбільш поширеними є поперечні тріщини поздовжніх лонжеронів, оскільки вони призводять до найбільш складних поломок рам. Було встановлено, що такі тріщини найчастіше виникають в місцях, де зосереджується одночасна дія поперечних сил та крутних моментів. Ними є місця кріплення до рами підвіски, поперечин та інших агрегатів. Іноді тріщини можуть зароджуватися біля контуру кронштейнів.



Рисунок 1.7 – Тріщини рами біля місць кріплення кронштейнів.

Волога, яка може затримуватися на кронштейнах та у зазорах між ними викликає глибоку корозію під дією якої буде виникати концентрація напружень. Такі ж концентратори напружень можуть утворюватися в місцях проведення ремонтних зварювальних робіт за умови поганої обробки зварних швів та підготовки деталей до зварювання.

1.3 Аналіз методів ремонту лонжеронів рам транспортних засобів

Аналіз літературних джерел свідчить про існування великої кількості різноманітних технологічних процесів ремонту рамних конструкцій.

Найширшого використання набули методи заварювання тріщин та встановлення підсилюючих накладок.

За умови значного руйнування та наявності довгих тріщин, які проходять за середину стінки поздовжньої балки, раму вибраковуюють. Раму можна відремонтувати в тому випадку, якщо на одній її поздовжній балці утворилось не більше двох тріщин, за умови, що вони проходять до середини профілю. В іншому випадку балка такої рами ремонту не підлягає й повинна бути замінена на нову. Для причепів, які ще не вичерпали свій ресурс такі ремонти є дорогавартісними і потребують спеціального обладнання. Тому питання ремонту рам з наявними наскрізними поперечних тріщинами є актуальним.

Відновлення геометрії та підвищення пружних характеристик рами під час її ремонту, можливе шляхом встановлення на деталях рами додаткових підсилюючих елементів (пластин, профілів тощо) (рис. 1.8, 1.9).



Рисунок 1.8 – Заводська підсилювальна накладка

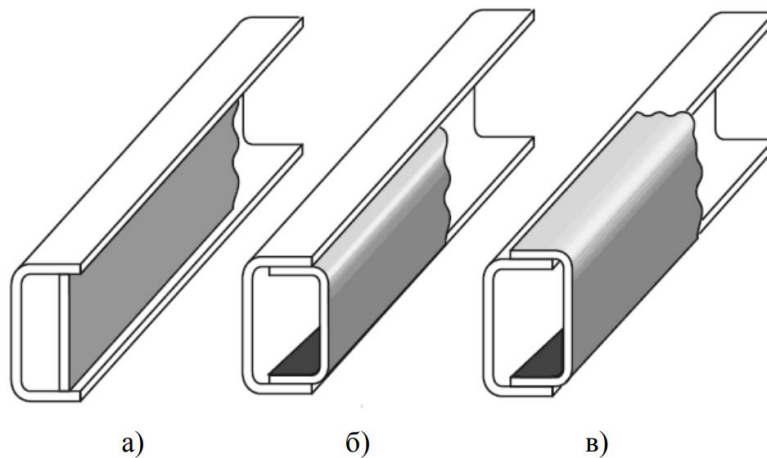


Рисунок 1.9 – Схеми підсилення лонжерона швелерного типу:

- а) закритий швелерний профіль; б) вставлення швелерних профілів один в один; в) вставлення швелерних профілів один на одного



Рисунок 1.10 – Підсилюючі елементи рами та схеми їх монтажу

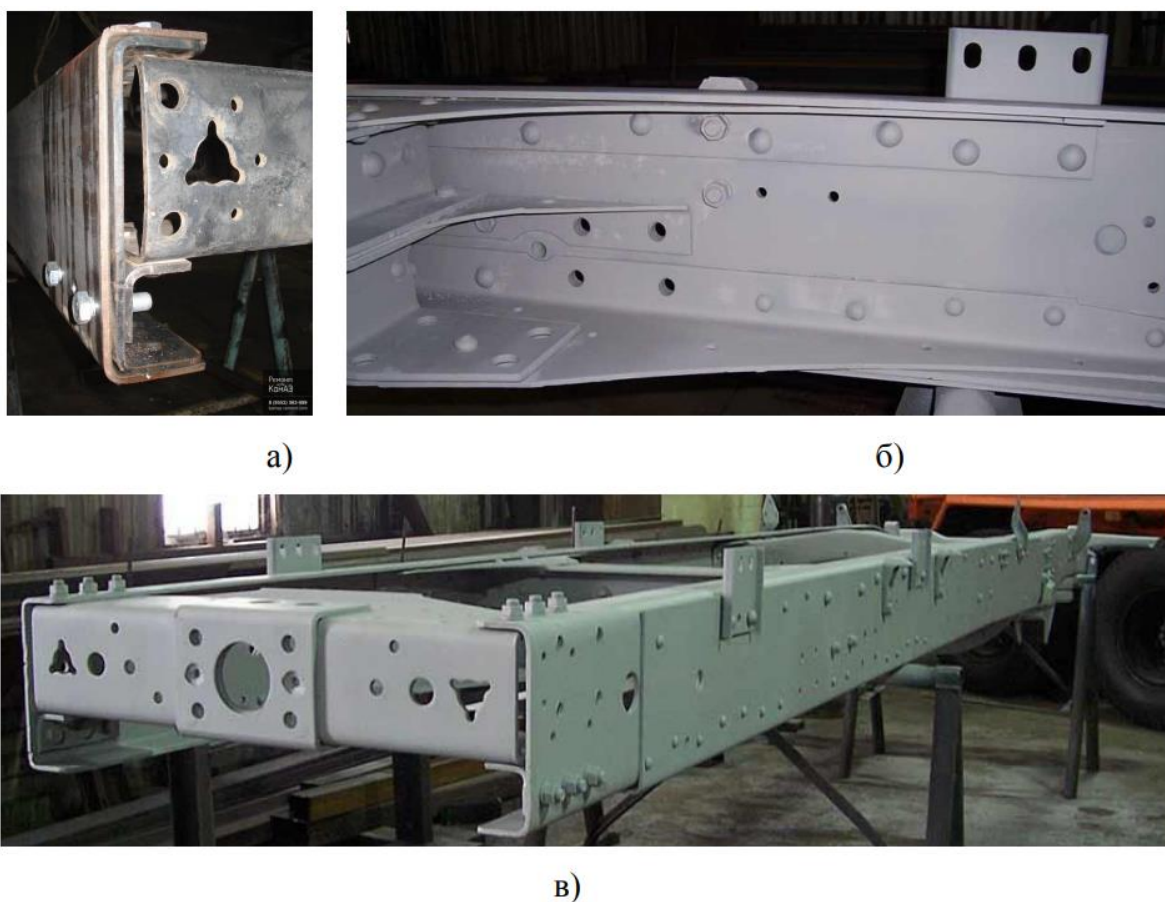


Рисунок 1.11 – Варіанти підсилення рами автомобіля КаМАЗ методом встановлення дублюючого швелера меншого розміру (а), просторових вставок (б) та частини швелера поверх основного (в)

Такий вид ремонту призводить до збільшення маси рами, і як наслідок, збільшення маси автомобіля вцілому. Такі варіанти підсилення рами реалізуються шляхом встановлення додаткового швелера меншого перерізу в середині основного швелера рами (рис. 1.11 а), частини швелера поверх основного (рис. 1.11 в) або встановленням просторових вставок (рис. 1.11 б).

Під час виготовлення рам транспортних засобів старого виробництва зварювання застосовувалось досить рідко. Так як лонжеронні рами вантажних причепів мають працювати на згин та кручення, то для з'єднання їх елементів використовували здебільшого заклепкові або болтові з'єднання. За таких навантажень зварні шви в конструкціях рам можуть ставати джерелом концентрації напружень та утворення тріщин.



Рисунок 1.12 – Приклади підсилення рам напівпричепів

Однак в умовах сучасності, в конструкції рам більшості причепів закордонного виробництва використовуються лонжерони двотаврового типу змінного перерізу, які виготовляють суцільнозварними. Відсутність на них технологічних та ремонтних отворів при виникненні в їх полицях тріщин для ремонту яких потребують застосування заварювання, а подекуди й встановлення додаткових підсилюючих частин (рис. 1.12).

На даний час чіткої технології та методів виконання операцій ремонту рам вантажних причепів не існує. Усі роботи з ремонту рам виконуються без попередніх проектних розрахунків, що не гарантує надійності ремонту та виникнення можливості повторної поломки. Тому існує необхідність розробки раціональних методик підбору та визначення режимів виконання ремонтних операцій та вибору необхідного обладнання, які б забезпечували надійний ремонт за мінімальних затрат праці, часу і матеріалів.

1.4 Вибір типу та розмірів ремонтних накладок

Пошкодження стінки лонжерона рами значно знижує міцність і надійність усієї її конструкції. Тому, далі розглянемо відомі способи ремонту таких несправностей.

Теоретичні підходи протидії поширенню тріщин базуються на використанні електричних, магнітних, термічних і термопружних полів, пружних імпульсів стиснення, розалуження тріщин, системи інших тріщин тощо. Більшість цих методів є складними та недоступними для застосування в умовах ремонтного виробництва більшості автопідприємств. Здебільшого, одним з науковообґрунтованих методів, який застосовується для зменшення інтенсивності поширення тріщин, є застосування методів зниження коефіцієнта інтенсивності напружень. На практиці надається перевага використанню для ремонту сталей з низькою ударною в'язкістю і застосуванню елементів зупинки тріщин. Серед найбільш практичних способів є використання елементів, здатних поглинати енергію: отвори на кінці тріщин, шар матеріалу з високою в'язкістю і тріщиностійкістю, ремонтні латки (накладки) і ребра жорсткості [8].

Під час ремонту рам транспортних засобів здебільшого застосовують способи ручного електродугового зварювання штучними покритими електродами або механізованого зварювання суцільним дротом в середовищі захисних газів. Через складну конфігурацію деталей, важкість доступу до місць зварювання та малу довжину безперервних швів застосування автоматизованих способів зварювання неможливо. Механізоване зварювання в середовищі захисних газів може мати переваги перед ручним електродуговим зварюванням. Однак для ефективного його застосування необхідно правильно вибрати режим зварювання та зварювальний дріт, який підходить для ремонту деталей рами.

Під час ремонту деталей методом електродугового зварювання міцність отриманого шва нижча, ніж у основного металу через утворення зони термічного впливу. Тому, для підсилення зварної конструкції необхідно підбирати правильну форму та розміри підсилюючих елементів. Розглянемо випадок обґрунтування геометричних розмірів ремонтної накладки (рис. 1.13 а) для тріщини довжиною l . Недостатні розміри накладки не дозволять отримати ефект гальмування поширення тріщини, а завеликі розміри призводять до збільшення довжини зварного шва, площі зони термічного впливу, яка призводить до послаблення конструкції.

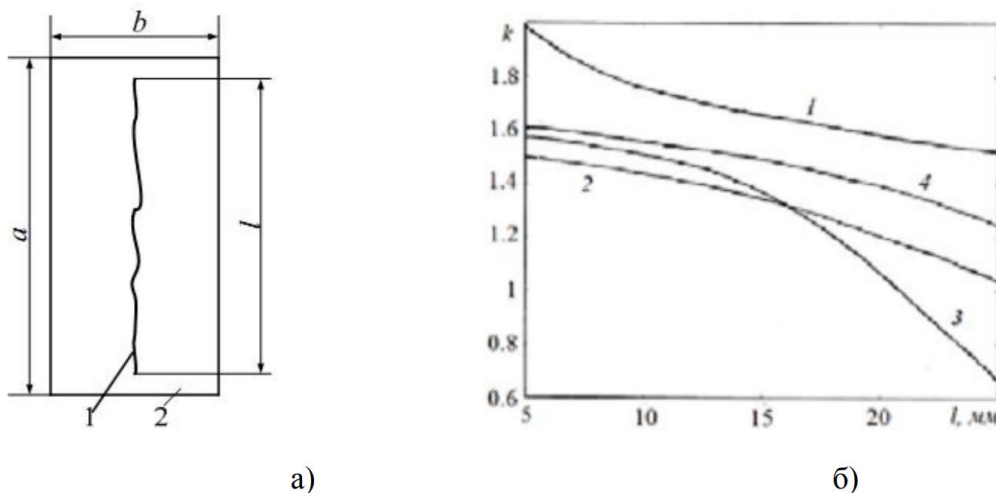


Рисунок 1.13 – Вплив розмірів прямокутної ремонтної накладки на її ефективність:

а) схема установки, б) залежність показника ефективності від довжини тріщини (1,2,3,4 – різні конструкції) 36

Для оцінки ефективності застосування ремонтної латки, використовують розрахунковий показник $k = \sigma_{mp}/\sigma_n$ – відношення напруження в зоні утворення тріщини до напружень в цій же зоні після приварювання ремонтної накладки. Чим вищим був даний показник, тим ефективнішим є застосування латки. Даний ефект ілюструє рис. 1.13,б.

У роботі [2] місця із завареними наскрізь тріщинами пропонують підсилювати шляхом приварювання кількох накладок. В залежності від перерізу елементів з тріщинами, накладки можуть бути плоскими, кутовими або коробчатими. Якщо накладка встановлюється з одного боку лонжерона, то її товщина повинна становити 0,8...1,0 товщини стінки основної деталі, а при встановленні накладок з двох сторін – не менше половини стінки. Приварені плоскі накладки повинні перекривати заварний шов або заварену тріщину на 50...100 мм. Під час приварювання двосторонніх плоских накладок протилежні шви мають бути зміщені не менше ніж на 30 мм або розташовані симетрично з поворото на 45-90 град.

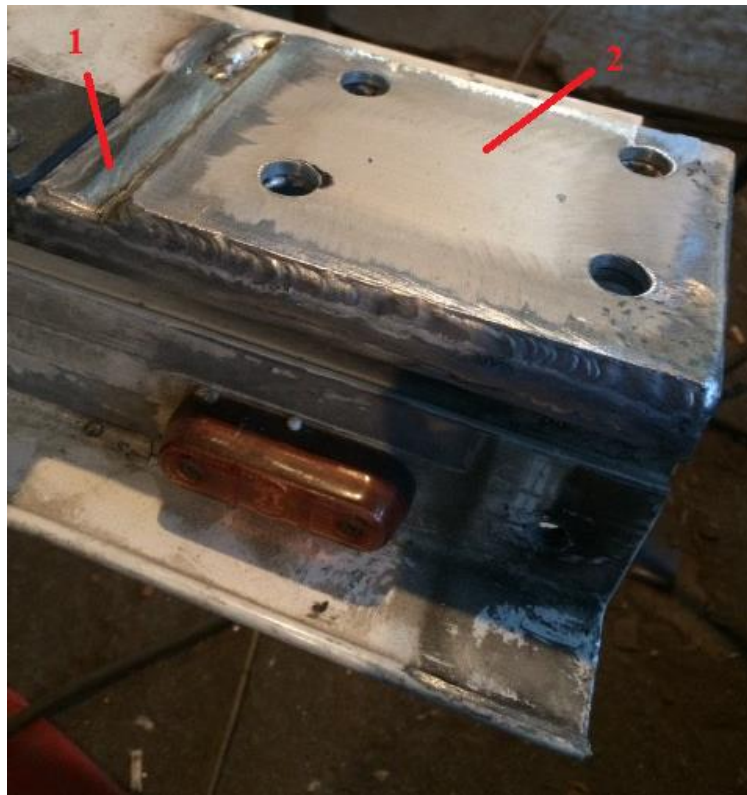


Рисунок 1.14 – Приварювання кількох накладок
1,2 – накладки

Ремонтні накладки рекомендується приварювати по всьому їх контуру. Спочатку зварюють шви, які розташовані перпендикулярно до силового навантаження, а далі інші шви. Кутові шви зварюють в останню чергу – спочатку поперечні, а потім поздовжні.

Лобові і косі зварні шви рекомендується виконувати дотримуючись відношення більшого катета до меншого в межах 1,5 ... 2. Великий катет повинен бути спрямований вздовж лінії дії зусилля, яке має сприйматися цими швами.

Ремонтні підсилюючі накладки повинні бути виготовлені зі сталей тих же марок, що й елементи рамної конструкції, або з інших сталей, які є взаємозамінними. Для посилення конструкцій рам та їх елементів рекомендується використовувати низьколеговані сталі марок 09Г2Д, 09Г2СД та 10Г2БД.

1.5 Мета і задачі досліджень

Метою роботи є збільшення вибір оптимального варіанту зварювального обладнання для ремонту рамних конструкцій вантажних причепів для обраного технологічного процесу ремонту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати конструкцію рам вантажних причепів;
- встановити локалізацію, розташування та основні розмірів ділянок рам транспортних засобів ушкоджених тріщинами;
- проаналізувати існуючі способи ремонту рам;
- розробити рекомендації до розробки процесу ремонту лонжеронів рам методами зварювання;
- підібрати процес зварювання;
- визначити технологічні параметри режиму зварювання;
- обґрунтувати вибір оптимального варіанту зварювального апарата під заданий технологічний процес зварювання;
- визначити економічні показники процесу зварювання та підтвердити ними вибір обладнання.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси зварювання рам вантажних причепів методом зварювання.

Предмет дослідження – зварювальне обладнання з оптимальними параметри роботи.

Висновки за розділом

На основі проведеного аналізу конструкцій вантажних причепів та їх рам встановлено найбільш проблемні ділянки їх рам та визначено перелік дефектів, які можуть підлягати ремонту методами електродугового зварювання.

Встановлено, що для забезпечення можливості ремонту рам необхідно забезпечувати наявність обладнання з оптимальними технічними характеристиками.

Для досягнення поставленої мети складено перелік завдань, які необхідно виконати в роботі.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Систематизація пошкоджень рамних конструкцій транспортних засобів, та способи їх виявлення

Відновлення геометрії та міцності рам транспортних засобів виконують під час поточного чи капітального ремонту, або у випадку суттєвого їх пошкодження. Такі пошкодження виявляють під час технічних оглядів автомобілів.

За статистичними даними проведення технічних оглядів автомобілів [8] визначені основні зони ушкоджень рам тріщинами:

- 1 – зона поблизу кріплення силових агрегатів;
- 2 – зона в місці встановлення упорів та підсилень гідравлічного підіймача;
- 3 – зона зварних швів з'єднання елементів рам або попередніх ремонтів;
- 4 – зони кріплення елементів підвіски;
- 5 – зони сторонніх вм'ятин і прогинів, які утворилися в результаті сторонньої механічної дії;
- 6 – зони отворів під заклепки та болти.

Утворення тріщин та їх поширення в зонах 1,2,3,4 спричинене циклічними знакозмінними навантаженнями.

Дефектування ушкоджених ділянок рам проводять стандартними методами із застосуванням оптичної, флуоресцентної, ультразвукової та іншої апаратури. Основними дефектами зварних рам є погнутість балок та їх поперечок, втомні тріщини елементів, тріщини навколо отворів заклепок, зниження міцності заклепкових з'єднань, корозія тощо. Найбільш небезпечними з точки зору можливості подальшої експлуатації є тріщини, що проходять майже по всьому перерізу лонжерона рами (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Поперечні тріщини несучих конструкцій рами вантажного автомобіля

Досить часто поява і розвиток тріщин відбувається з внутрішньої сторони балки і поширюються у поперечному напрямку з виходом на зовню видиму її сторону. Виявити такі тріщини на стадії їх утворення без використання спеціальної діагностичної апаратури дуже складно, а подекуди майже неможливо.

На відміну від поздовжніх тріщин елементів рами, які можна відремонтувати зварюванням, поперечні тріщини потребують розробки індивідуального технологічного процесу з врахуванням багатьох факторів щоб запобігти повторному утворенню тріщин. Розробка технічного процесу ремонту, підбір обладнання та визначення режимів його роботи, визначення необхідності встановлення підсилюючих елементів забезпечить якісний ремонт причепа.

2.2 Маршрут ремонту рам автотранспортних засобів

Для забезпечення якісного ремонт рам вантажних пропонується наступна послідовність виконання необхідних операцій:

1. Очищення, миття, зовнішній огляд дефекту.
2. Локалізація ділянок з можливими пошкодженнями.
3. Дефектування та виявлення виду пошкоджень.
4. Визначення розмірів та форми ремонтних накладок з урахуванням конфігурації полів напружень у матеріалі рами.

6. Вибір способу зварювання для ремонту чи підсилення пошкоджених ділянок рами.

7. Розробка технології та визначення параметрів процесу ремонтного зварювання (вибір матеріалів, встановлення режимів зварювання).

Дотримання такої послідовності дає можливість виконувати якісний ремонт з врахуванням конструктивних особливостей транспортного засобу, а вибір обладнання та обґрунтування оптимальних режимів його роботи дозволить підвищити продуктивність праці та знизити собівартість проведення ремонтних робіт.

2.3 Рекомендації до виконання технологічних операцій зварювання під час ремонту рамних конструкцій

Під час ремонту рам вантажних автомобілів та причепів основними дефектами, які підлягають виправленню є тріщини. Невеликі тріщини заварюють без додаткового посилення, серйозні – з накладками.

Перед зварюванням пошкоджену ділянку рами потрібно підготувати. Для цього забезпечують вільний доступ до пошкодженої ділянки каркасу рами. При необхідності демонтують деталі, які перешкоджають доступу до необхідних ділянок ремонту. З метою мінімізації навантаження на раму під час її ремонту, з неї варто зняти усе навісне обладнання або підставити під нього підкладки, так щоб рама була розвантаженою.

Якщо краї тріщини розійшлися на значну відстань, то їх необхідно звести за допомогою домкрата або іншого стяжного пристрою. Якість підгонки країв тріщин визначають, вимірюючи контрольні точки по діагоналі. Розбіжність допускається не більше 1 мм, а максимальна ширина тріщини – не більше 0,5 см. Якщо цього не вдається зробити за допомогою домкратів чи інших допоміжних пристроїв, то перед зварюванням раму потрібно правити на стапелі.

Складання зварних з'єднань рекомендується виконувати з використанням тимчасових складально-стяжних пристосувань (приклади показані на рисунках

2.2 і 2.3). Клинові напівжорсткі кріплення рекомендується застосовувати під час складання листових елементів внапуск (рисунок 3). Рамні балки великої товщини дозволяється підганяти за допомогою приварювання кутиків - фіксаторів і стягувати болтами.

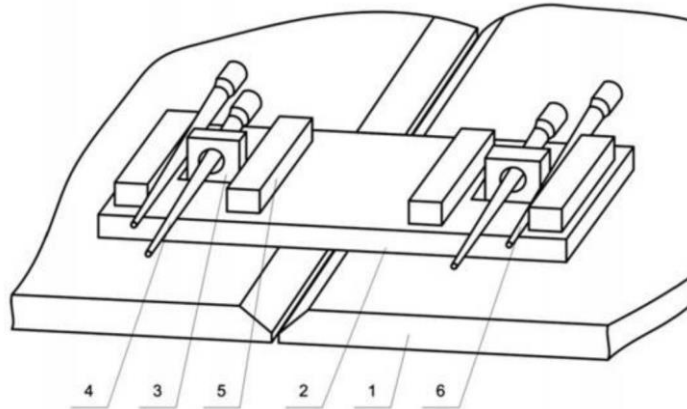


Рисунок 2.2 - Стик, складений за допомогою стяжного пристрою
1 - зварюваний лист; 2 - складальна планка; 3 - шайба; 4 - клин; 5 – брусок-упор; 6 - клин для стягування зварних кромки

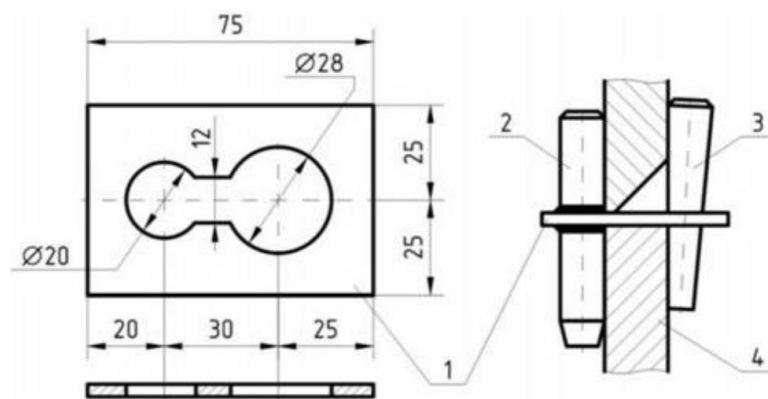


Рисунок 2.3 - Пристосування для складання горизонтальних стиків
1 - стягуюча прокладка, 2 - упор, 3 - клин, 4 - зварюваний елемент

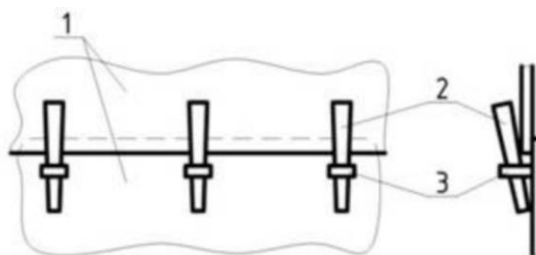


Рисунок 2.4 - З'єднання внапуск, складене за допомогою клинів
1 - зварювані листи; 2 - клини; 3 – приварена прямокутні шайби

Для попередження подальшого поширення тріщини та зняття напружень свердлять отвір (приблизно 1-1,5 см від кінця) тріщини свердлом 5-6 мм на глибину приблизно 0,3 см.

Розробляють кромки тріщини приблизно під прямим кутом на $\frac{2}{3}$ товщини деталі за допомогою кутової шліфувальної машини або пневматичного фрезера.

При зварюванні елементів рам великої товщини для створення міцного з'єднання готують фаски, тобто роблять скіс торцевої кромки деталей.

При зварюванні лонжеронів рам може не бути вільного доступу до їх внутрішньої поверхні. Простір, який утворюється в результаті зняття фаски, відкриває зварювальнику доступ до всієї товщині стінки лонжерона, що дозволяє виконувати однорідний шов, який забезпечує високу міцність з'єднання.

Вид фаски вибирають в залежності від товщини стінки лонжерона рами.

Зняття фаски на деталях товщиною до 3 мм не виконують, оскільки способи дугового зварювання дозволяють проварити деталь на всю глибину за один прохід.

При товщині деталі від 3 мм до 20 мм слід сформувати V-подібну фаску, які дозволяють виконувати кореневий шов, і потім заповнити його за кілька додаткових проходів.

Найбільш часто для V-подібних кромки формують кути 60° і 75° ($2 \times 30^\circ$ і $2 \times 37,5^\circ$).

Якщо товщина стінок зварювальних деталей більше 20 мм, застосовують обробку, яка дозволяють скоротити тривалість зварювання і витрати матеріалів.

Подвійна V-подібна фаска утворюється за рахунок зміни кута обробки кромки. Початковий кут у 30° або $37,5^\circ$ поєднується з другим кутом від 5° до 15° .

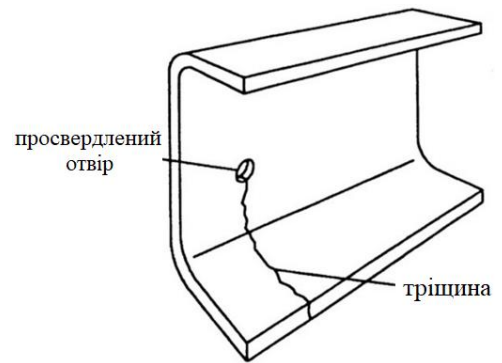


Рисунок 2.5 – Попередження поширення тріщини

Однокутова J-подібна фаска формується кутом від 5° до 20° , радіусом заокруглення кромки r і її зазором e . Закруглення кромки спрощує виконання кореневого шва.

При дуже товстих стінках виконують складну обробку з криволінійним скосом кромки. Перший кут, зазвичай становить 20° , а другий – 5° .

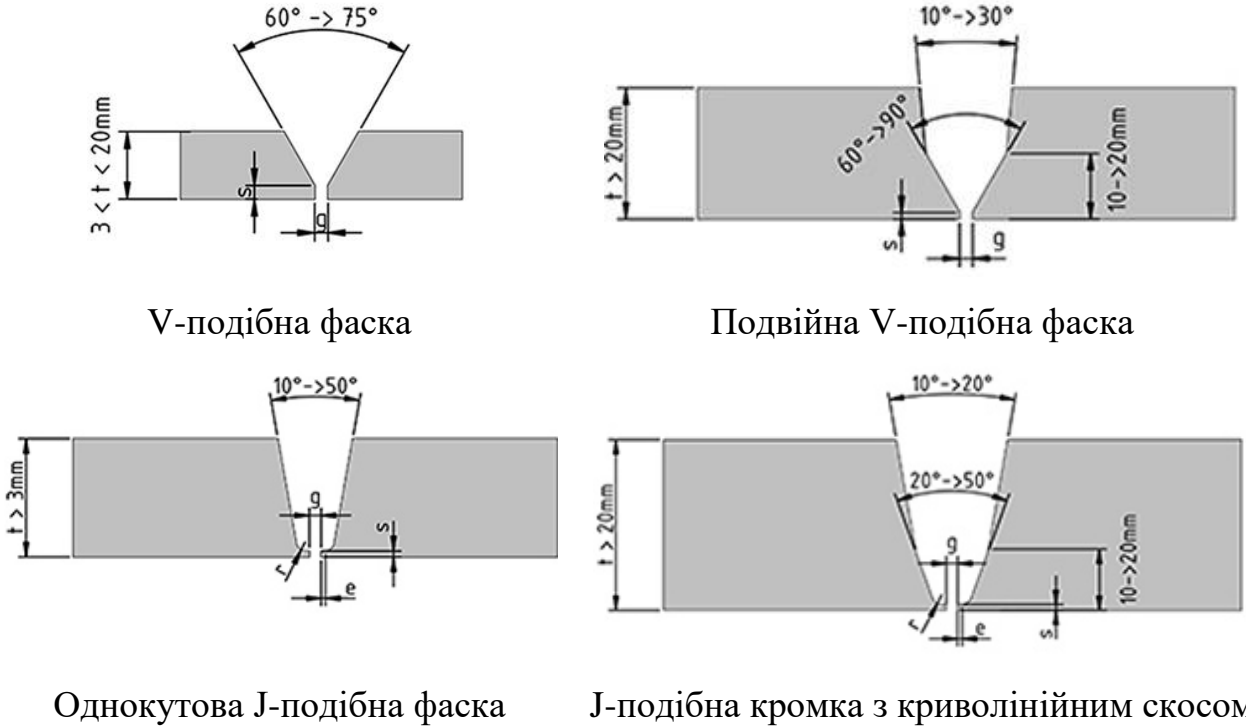


Рисунок 2.6 – Параметри зварних кромок

Якщо для заміни пошкоджених елементів рами необхідно вирізати її частину, то під час розрізання не допускається виконання розрізів впоперек лонжерону.

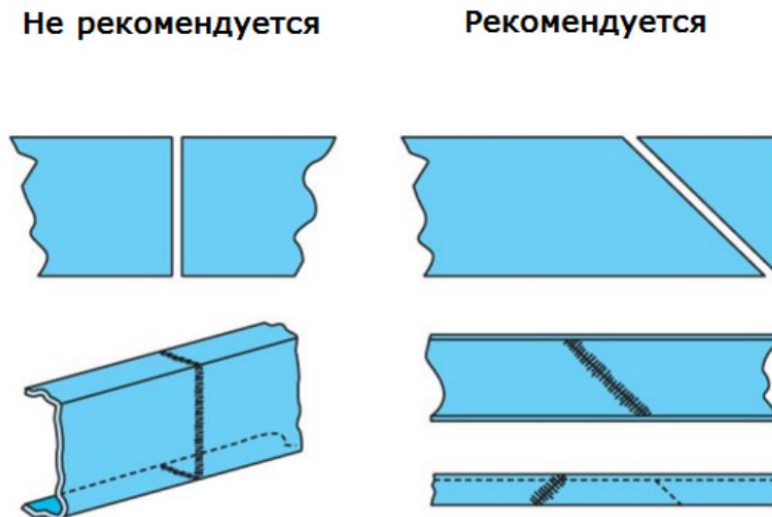


Рисунок 2.7 – Способи розрізання елементів рами

Зрізи на рамі необхідно робити можна під кутом 30...45 градусів у вигляді літери Z. Такі різи дозволять збільшити площу зварювання, що допоможе краще розділити навантаження.

Під час зварювання елементів рам необхідною умовою є проварювання кореня шва. Протягом усього процесу необхідно не допускати перегріву металу. Для охолодження зварювання необхідно виконувати короткими швами з частими зупинками. Зварювальні шви повинні бути не більше 50 мм.

Під час першого проходу проварюють корінь шва. В якості електроду використовується дріт Св0,8, Св09 діаметром 1,2 мм. Струм зварювання – 100 А. Корінь шва має бути проварений по всій довжині.

На другому і третьому проходах дріт використовується той самий. Валики повинні бути мінімальної товщини і мають перекривати один одного. Струм збільшування - до 110 А.

При накладанні останніх проходів та формування поверхні зварного шва значення зварювального струму збільшують до 120 А.

Після ремонту зварні шви рами вантажних автомобілів необхідно обробити. Зачищають шов до рівня основного металу. Відремонтовані ділянки фарбують, попередньо знежиривши та прогрунтувавши їх.

Покращена міцність матеріалу рам сучасних вантажівок досягається шляхом теплового гартування. Для цього, перед зварюванням елементи рам необхідно нагріти на 10 см у кожний бік ремонту відносно тріщини до температури 100 градусів. Це знизить чутливість рами до розтріскування шва.

Висновки до розділу

В даному розділі наведено рекомендації щодо виконання основних технологічних операцій, передбачених технологією ремонту рамних конструкцій методами електродугового зварювання. Дотримання запропонованих рекомендацій дозволить забезпечити високу якість ремонту та продуктивність зварювання.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1 Обґрунтування способу зварювання

Під час виготовлення або ремонту зварної рамної конструкції причепа вантажного автомобіля застосовують зварні шви довжиною до 300 мм. Відповідно, для їх виконання можна застосувати способи ручного дугового зварювання (РДЗ) та механізованого зварювання (МЗ).

При ручному електродуговому зварюванні технологічний процес відбувається за допомогою електродів типу Е46 з рутиловим покриттям. До них відносяться електроди марок АНО-3, АНО-4, ОЗС-4, МР-3 та інші.

Для відповідальних конструкцій рам автомобільної техніки слід застосовувати електроди з основним покриттям типу Е42А (УОНИ13/45, СМ-11 тощо).

Суттєвим недоліком даного способу зварювання є його мала продуктивність. Його доцільно застосовувати під час зварювання коротких швів в одиночному виробництві та при ремонтних роботах.

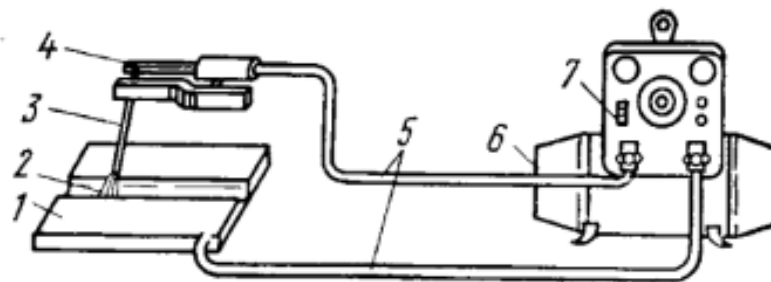


Рисунок 3.1– Вигляд поста для ручного дугового зварювання

1 - виріб; 2 - зварювальна дуга; 3 - електрод; 4 - електродотримач; 5 - зварювальні кабелі; 6 - джерело живлення; 7 - панель регулювання параметрів режиму зварювання

Найбільш ефективним способом для виготовлення зварних рамних конструкцій є спосіб зварювання в захисних газах (рис. 3.2). Як захисні гази в ньому застосовують вуглекислий газ (CO_2) та його суміші з аргоном (Ar).

Найбільш поширеними сумішами для зварювання конструкцій з чорних металів є мікси у з відсотковим співвідношенням 75% Ar + 25% CO₂ або 80% Ar + 20% CO₂. Даний спосіб дозволяє здійснювати зварювання металоконструкцій у всіх просторових положеннях.

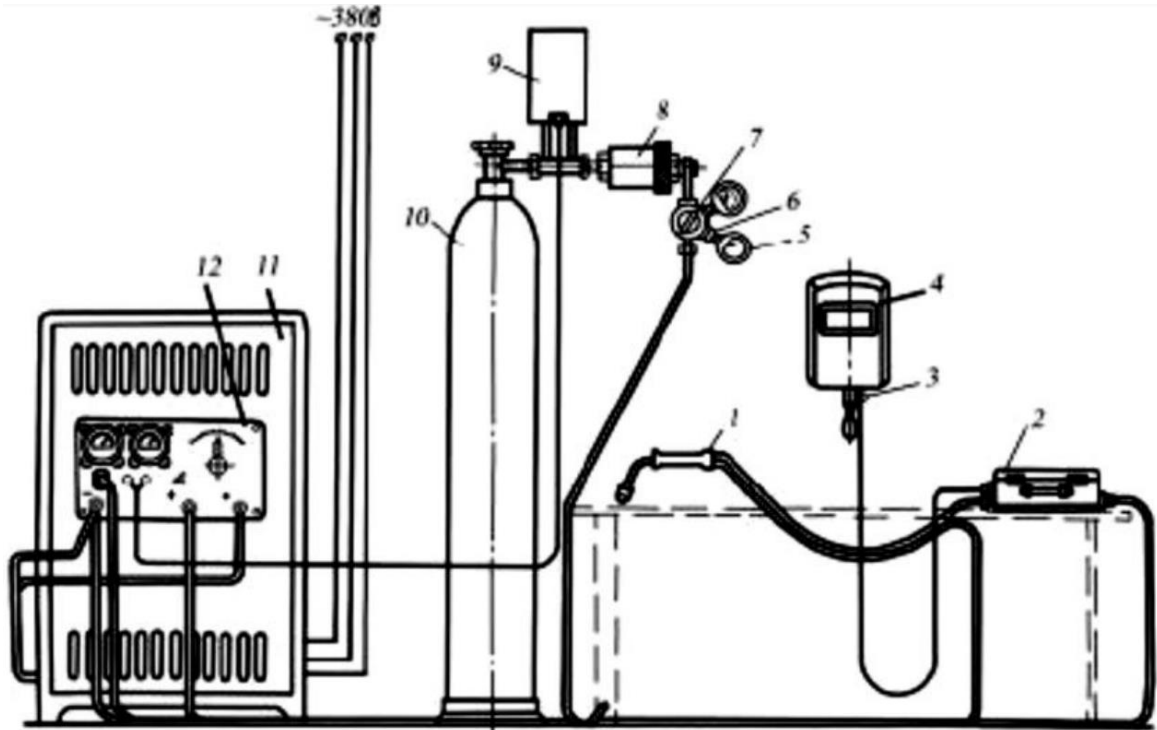


Рисунок 3.2 – Вигляд поста для зварювання в захисних газах

1 – тримач; 2 – подавальний механізм; 3 – кнопка вмикання; 4 – захисний щиток; 5 – манометр, 6 – перехідний штуцер для установки манометра; 7 – редуктор кисневий з манометром високого тиску; 8 – осушувач газу; 9 – підігрівач газу; 10 – балон з вуглекислим газом; 11 – зварювальний випрямляч; 12 – пульт керування

Для механізованого зварювання якісних конструкційних сталей в середовищі захисних газів пропонується застосування кремнієво-марганцевого електродного дроту марок Св-08Г2С та Св-08ГС (табл. 3.1). Дріт даних марок забезпечує можливість виведення окислюючих включень із металу шва, а також зменшують схильність металу шва до утворення гарячих тріщин. Зварні шви, виконані даним дротом, володіють достатньо хорошими механічними властивостями.

З врахуванням відповідальності конструкції рами причепу і вимог до зварних з'єднань, для захисту зварного шва в запропонованій технології буде використовуватися газова суміш 75% Ar + 25% CO₂.

Враховуючи те, що зварювання рами виконують кутовими швами з катетом 4 та 5 мм, то проведемо розрахунок режимів зварювання згідно літератури [7, 12].

3.2 Розрахунок режимів ручного дугового зварювання

Визначення необхідних параметрів процесу ручного електродугового зварювання виконаємо для операції приварювання зміцнюючої накладки товщиною 8 мм розміром 200x300 мм.

Характеристика зварної конструкції приведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристика з'єднання

Тип з'єднання	Марка сталі	Довжина зварного шва (мм)	Товщина зварюваних елементів (мм)
Напускове	09Г2Д	1000	8

Сталь марки 09Г2Д – це конструкційна низьколегована якісна сталь з підвищеною міцністю, яка застосовується для виготовлення зварних конструкцій, що відповідають вимогам стандартів ДСТУ 8541 і ГОСТ 19281.

Для марки сталі 09Г2Д вибираємо за ГОСТ 19282–73 сортовий широкосмуговий прокат В33 з наступними характеристиками.

Таблиця 3.2 - Хімічний склад сталі 09Г2Д за ДСТУ 8541

Вміст елементів, %							
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
≤0,12	0,17 - 0,37	1,40 - 1,80	≤0,3	≤0,040	≤0,035	≤0,30	0,15 - 0,30

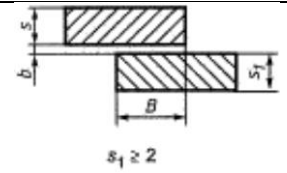
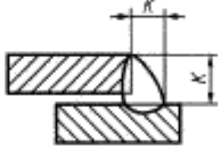
Таблиця 3.3 - Механічні властивості широкосмугового прокату зі сталі 09Г2Д
відповідно до ДСТУ 8541

Клас міцності	Товщина прокату, мм	Межа текучості, Н/мм ²	Тимчасовий опір, Н/мм ²	Відносне видовження, %
265	≤160	265	430	21
295	≤20	305	440	21
295	20-100	295	430	21

Даний прокат використовують у виробництві стійок ферм, хребтових балок, обшивок вагонів, двутаврів і металоконструкцій у машино- та вагонобудуванні. Зварюється даної сталі здійснюється без обмежень [22].

Зварне з'єднання є напусковим з без розробки кромки деталей. Схема виконання зварного шва з вказання його основних конструктивних розмірів наведена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Параметри зварного шва згідно ГОСТ 5260-80

Умовне познач.	Конструктивні елементи		S	B	b	
	кромки	шва			ном.	відхил.
H1			Від 10 до 29	10-100	0	+2

Діаметр електрода підбираємо в залежності від товщини зварюваних деталей. Для цього скористаємось рекомендаціями, наведеними в таблиці 3.5:

Таблиця 3.5 - Визначення діаметра електрода

Товщина матеріалу, мм	<2	3-5	6-8	9-12	13-15	16-20	>20
Діаметр електрода, мм	2	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-10

Для зварювання деталей вибираємо зварювальний електрод фірми MONOLITH марки УОНИ-13/55 діаметром $d_e = 4$ мм.

За вибраним діаметром електрода підберемо необхідну силу зварювального струму, попередньо розрахувавши її за формулою:

$$I_{зв} = (30 \dots 40) \cdot d_e = (30 \dots 40) \cdot 4 = 120 \dots 160 \text{ А} \quad (3.1)$$

Приймаємо $I_{зв} = 150$ А.

Довжину зварювальної дуги визначаємо за формулою:

$$L_{дуги} = 0,5 \cdot (d_e + 2) = 0,5 \cdot (4 + 2) = 3 \text{ мм.} \quad (3.2)$$

Напруга зварювання на дузі становитиме:

$$U_{зв} = U_{ак} + L_{дуги} \cdot U_{д}, \text{ В} \quad (3.3)$$

де $U_{ак} = 10\text{--}12$ В; $U_{д} = 2\text{--}3$ В при $1,25 \leq I_{кор} / I_{роб} \leq 2$.

$$U_{зв} = 10 + 3 \cdot 3 = 19 \text{ В}$$

Масу наплавленого металу визначаємо за формулою:

$$Q_n = V_n \cdot \rho, \text{ кг} \quad (3.4)$$

де V_n – об'єм наплавленого металу;

ρ – щільність металу ($\rho = 7,85$ г/см³).

Для визначення маси наплавленого металу спочатку розрахуємо площу перетину зварного шва:

$$F = 0,5 \cdot k^2 + g, \text{ см}^2 \quad (3.5)$$

де g – посилення зварного шва, мм ($g = 1,5 \dots 2$ мм);

k – катет зварного шва, мм.

Прийнявши для ручного зварювання $g = 2$ мм і $k = 8$ мм отримаємо:

$$F = 0,5 \cdot 8^2 + 2 = 34 \text{ мм}^2 = 0,34 \text{ см}^2$$

Тоді визначимо об'єм наплавленого металу:

$$V_n = F \cdot l_{шва} = 0,34 \cdot 100 = 34 \text{ см}^3,$$

Тоді

$$Q_n = 34 \cdot 7,85 = 266,9 \text{ г} = 0,27 \text{ кг}$$

Витрата електродів для ручного дугового зварювання:

$$Q_e = K_e \cdot Q_n = 1,4 \cdot 0,27 = 0,378 \text{ кг.} \quad (3.6)$$

де K_e – коефіцієнт використання електродів.

Час горіння дуги (тривалість зварювання деталі) визначаємо за формулою:

$$t_0 = \frac{Q_H}{I_{зв} \cdot \delta_H}, \text{ год} \quad (3.7)$$

де δ_H – коефіцієнт наплавки, г/А год ($\delta_H = 8,5$ г/А год).

$$t_0 = \frac{0,27}{150 \cdot 8,5} = 0,21 \text{ год.}$$

Визначаємо швидкість зварювання:

$$v = l_{шва} / t_0 = 1,0 / 0,21 = 4,76 \text{ м/год.}$$

3.3 Розрахунок режимів зварювання тріщини в середовищі захисних газів

Зварне з'єднання для зварювання тріщини лонжерона рами вантажного причепа виконується швом С17 за ГОСТ 14771-76.

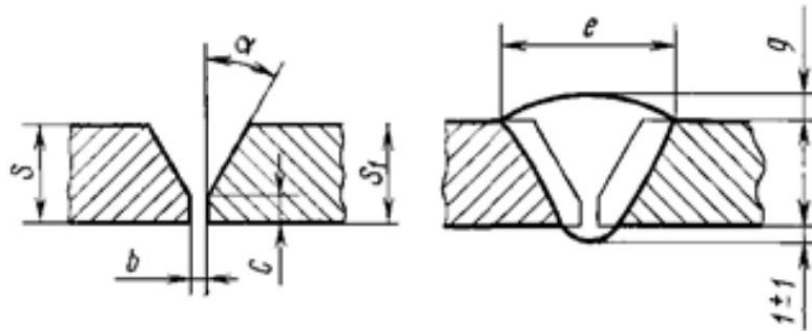


Рисунок 3.3 – Ескіз зварного з'єднання С17 згідно ГОСТ 14771-76

Вихідні дані до розрахунків:

S – товщина металу, 14 мм

b – зазор, 2^{+1}_{-2} мм

c – притуплення краю, 1 ± 1 мм

$\text{tg}\alpha$ – кут скосу кромки, $25 \pm 2^\circ$

e – ширина шва, 19 ± 2 мм

q – висота шва, $0,5^{+2}_{-0,5}$ мм

Розраховуємо площу наплавленого металу F_H за формулою:

$$F_H = S \cdot b + (S - c) \cdot 2 \cdot \text{tg}\alpha + 0,75 \cdot (e \cdot q + e_1 \cdot q_1), \text{ мм}^2 \quad (3.8)$$

Враховуючи вихідні дані отримаємо:

$$F_H = 14 \cdot 2 + (14 - 1) \cdot 2 \cdot \text{tg}25 + 0,75 \cdot (19 \cdot 0,5) = 47,25 \text{ мм}^2$$

Розрахуємо глибину провару:

$$h_p = 0,7S - 0,5b, \text{ мм} \quad (3.9)$$

$$h_p = 0,7 \cdot 14 - 0,5 \cdot 2 = 8,8 \text{ мм}$$

Розрахуємо діаметр електродного дроту, за формулою:

$$d_{ед} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05 \cdot h_p, \text{ мм} \quad (3.10)$$

$$d_{ед} = \sqrt[4]{8,8} \pm 0,05 \cdot 8,8 = 1,28 \dots 2,16 \text{ мм}$$

Отриманий діаметр електродного дроту округляємо до найближчого стандартного значення. Прийmemo $d_{ед} = 1,6 \text{ мм}$.

Виліт електродного дроту визначається за формулою:

$$l = 10 \cdot d_{ед} \pm 2 \cdot d_{ед}, \text{ мм} \quad (3.11)$$

$$l = 10 \cdot 1,6 \pm 2 \cdot 1,6 = 12,8 \dots 19,2 \text{ мм}$$

Приймаємо $l = 15 \text{ мм}$.

Розрахуємо зварювальний струм $I_{зв}$ за формулою:

$$I_{зв} = \frac{h_p}{K_h} \cdot 100, \text{ А} \quad (3.12)$$

де K_h - коефіцієнт пропорційності ($K_h = 1,75$).

$$I_{зв} = \frac{8,8}{1,75} \cdot 100 = 502,8 \text{ А}$$

Розрахуємо густину струму:

$$j = \frac{4 \cdot I_{зв}}{3,14 \cdot d_{ед}^2}, \text{ А/мм}^2 \quad (3.13)$$

$$j = \frac{4 \cdot 500}{3,14 \cdot 1,6^2} = 248,8 \text{ А/мм}^2$$

Розрахуємо коефіцієнт розплавлення α_p , г/А·год за формулою:

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 \cdot I_{зв} \cdot d_{ед}^{-1,505}, \text{ г / А} \cdot \text{ год} \quad (3.14)$$

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 \cdot 500 \cdot 1,6^{-1,505} = 24,1 \text{ г / А} \cdot \text{ год}$$

Розрахуємо коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (100 - \varphi_{пр}) / 100, \text{ г / А} \cdot \text{ год} \quad (3.15)$$

де φ – коефіцієнт втрат металу на угар та розбризкування.

При зварюванні в середовищі захисних газів $\varphi = 0,1 \dots 0,15$.

$$\alpha_n = 24,1 (100 - 0,1) / 100 = 24,08 \text{ г / А} \cdot \text{ год}$$

Розрахуємо швидкість зварювання:

$$V_{зв} = \alpha_n \cdot I_{зв} / 3600 \cdot \rho \cdot F_n, \text{ м/год} \quad (3.16)$$

де ρ – густина основного металу, $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

$$V_{зв} = 24,08 \cdot 500 / 3600 \cdot 7,85 \cdot 0,4725 = 0,902 \text{ см/с} = 9,02 \text{ м/год}$$

Розрахуємо напругу на зварювальній дузі:

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot I_{зв}, \text{ В} \quad (3.17)$$

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 500 = 39 \text{ В}$$

Швидкість подачі електродного дроту при зварюванні на зворотній полярності та вильоті ($l_{ед} = 15 \text{ мм}$ становитиме):

$$V_{ед}^+ = 0,53 \cdot \frac{I_{зв}}{d_{ед}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{I_{зв}^2}{d_{зв}^3}, \text{ м/год} \quad (3.18)$$

$$V_{ед}^+ = 0,53 \cdot \frac{500}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{500^2}{1,6^3} = 145,6 \text{ м/год}$$

Розрахуємо витрату захисного газу:

$$q_{зг} = 0,2 \cdot I_{св}^{0,75} \text{ л/хв} \quad (3.19)$$

$$q_{зг} = 0,2 \cdot 500^{0,75} = 21,1 \text{ л / хв}$$

3.4 Вибір зварювального обладнання

Вибір зварювального обладнання передбачав обґрунтування вибору за різними показниками ефективності його використання. Для цього застосуємо стандартну методику обґрунтування вибору методом диференційної оцінки рівня його якості пропонованих видів (марок) обладнання. Її суть полягає у порівнянні множини одиничних якісних показників зварювальних апаратів із відповідною множиною значень базових показників якості. За базові показники приймають показники якості кращих, часто закордонних аналогів.

Для порівняння вибираємо зварювальні півавтомати марок:

1. PATON ProMIG-500-15-4-400V W
2. Deca D-MIG 760TD
3. Tesla Weld MIG/MAG/MMA 500 EVOLUTION
4. Jasic MIG-500
5. ESAB Warrior 500i CC/CV
6. Fronius TPS 600i

Технічні характеристики наведених вище марок наведені в Дод. А.

В нашій роботі за базовий приймаємо зварювальний апарат фірми Fronius TPS 600i.

Розрахунок відносних показників якості здійснюють за формулами:

$$Q_{1i} = \frac{P_i}{P_{i6}}, \quad (3.20)$$

або

$$Q_{2i} = \frac{P_{i6}}{P_i}, \quad (3.21)$$

де Q_{1i}, Q_{2i} - відносні значення i -тих показників якості верстата;

P_i, P_{i6} - абсолютне значення i -го показника якості досліджуваного верстата і якості базового зразка відповідно.

Залежно від того чи прийняті з характеристик відносні значення показників більші чи менші за одиницю, будемо мати технічний рівень якості досліджуваних технічних об'єктів (зварювальних півавтоматів) вищим чи нижчим від базового рівня.

Для того щоб провести диференційну оцінку зварювальних півавтоматів з вибраним базовим рівнем якості з проспектів, каталогів, прайс-листів та довідників вибираємо найважливіші показники їх якості. Ці показники зводимо в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Показники якості зварювальних півавтоматів

№	Параметри та показники	Значення для агрегатів					
		PATON ProMIG-500	Deca D-MIG 760TD	Tesla Weld 500 EVOLUTION	Jasic MIG-500	ESAB Warrior 500i	Fronius TPS 600i
1	Максимальний струм зварювання, А	630	600	500	500	500	600
2	Максимальна напруга зварювання, В	45	42	36	48	40	44
3	Максимальний діаметр зварювального дроту, мм	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
4	Зварювальний струм при ТВ = 100%	500	450	400	387	400	500
5	Споживана потужність, кВт	23,6	15	19	24,7	22	22,8
6	Ціна, тис. грн	98,6	200	204	132,6	147,9	210

Порівняльна характеристика зварювальних півавтоматів, проведена на основі диференційного методу, згідно формул (3.20) і (3.21), представлено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Диференційна оцінка рівня якості зварювальних півавтоматів

№	Параметри та показники	Значення для агрегатів					
		PATON ProMIG-500	Deca D-MIG 760TD	Tesla Weld 500 EVOLUTION	Jasic MIG-500	ESAB Warrior 500i	Fronius TPS 600i
1	Максимальний струм зварювання, А	1,05	1,00	0,83	0,83	0,83	1,00
2	Максимальна напруга зварювання, В	1,02	0,95	0,82	1,09	0,91	1,00
3	Максимальний діаметр зварювального дроту, мм	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Зварювальний струм при ТВ = 100%	1,00	0,90	0,80	0,77	0,80	1,00
5	Споживана потужність, кВт	1,04	0,66	0,83	1,08	0,96	1,00
6	Ціна, тис. грн	0,47	0,95	0,97	0,63	0,70	1,00

Аналізуючи табл. 3.7 робимо висновок про те, які з обраних марок зварювальних апаратів поступаються чи переважають за параметрами технічної характеристики базовому зразку.

Технічний рівень досліджуваних апаратів за результатами табл. 3.7 наочно відображаємо у вигляді циклограми (рис. 3.4).

На променях циклограми, як на цифровій шкалі, відкладаються значення відносних показників якості усіх досліджуваних півавтоматів та базового аналога, для якого значення відносного показника якості за всіма параметрами рівне 1. Точки, які відповідають відносним показникам, з'єднують між собою і отримують багатокутники. Той з багатокутників, площа якого найбільш

наближена площі багатокутника базового варіанта й буде оптимальним за диференційним методом оцінки рівня якості. Такий метод ще називають методом відстані до цілі.

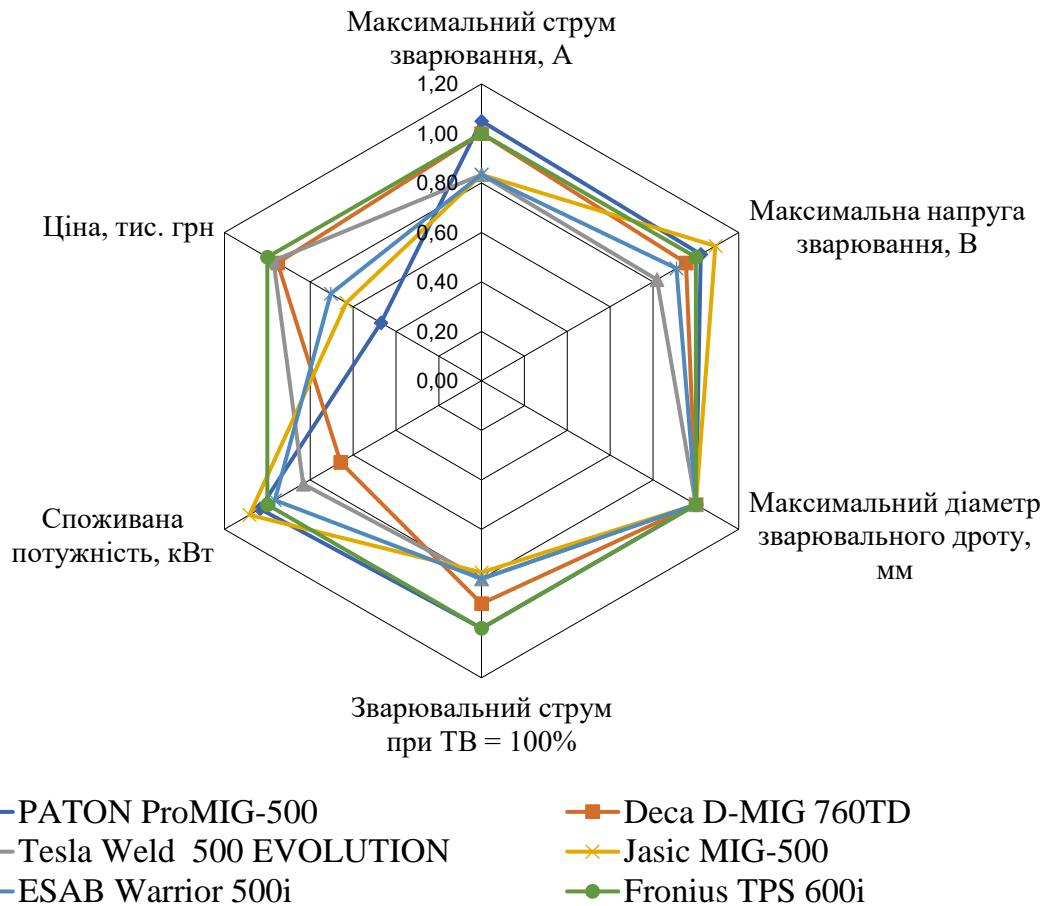


Рисунок 3.4 - Циклограма технічного рівня якості зварювальних півавтоматів

Узагальнений критерій відстані до цілі μ визначають з відношення площі i -го варіанту багатокутника до площі ідеалізованого варіанту:

$$\mu_i = \frac{\Pi_i}{\Pi_0}, \mu > 1, \quad (3.22)$$

де Π_i і Π_0 – відповідно, площі багатокутників i -го та ідеалізованого варіантів.

В нашому випадку критеріїв оцінки рівня якості зварювальних півавтоматів є шість. Фігура, яка відобразить сумарний вплив усіх критеріїв, буде шестикутник. Площу такого багатокутника визначатимемо як суму площ

шести трикутників зі сторонами, які відповідають значенням відносних критеріїв. Вираз для розрахунку площі такого багатокутника має вигляд:

$$P_i = \sin 60^\circ(Q_1 \cdot Q_2 + Q_2 \cdot Q_3 + Q_3 \cdot Q_4 + Q_4 \cdot Q_5 + Q_5 \cdot Q_6 + Q_6 \cdot Q_1) \quad (3.23)$$

де Q_1-Q_6 - відносні значення i -тих показників якості верстата.

Результати розрахунку площ багатокутників, які характеризують показники якості окремих зварювальних півавтоматів наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Результати визначення відстані до цілі

№	Параметри та показники	Значення для півавтоматів					
		PATON ProMIG-500	Deca D-MIG 760TD	Tesla Weld 500 EVOLUTION	Jasic MIG-500	ESAB Warrior 500i	Fronius TPS 600i
1	Площа багатокутника	4,43	4,31	3,97	4,18	3,90	5,20
2	Узагальнений критерій відстані до цілі μ	0,85	0,83	0,76	0,80	0,75	1,00

За результатами таблиці 3.8 можна зробити висновок, що для виконання операцій зварювання тріщин рам та приварювання зміцнюючих пластин під час їх ремонту з поміж наведеного переліку обладнання найбільш оптимальним є зварювальний апарат PATON ProMIG-500-15-4-400V W, для якого узагальнений критерій відстані до цілі $\mu = 0,85$.

Основним фактором, який вплинув на вибір даного апарата є його вартість. Якщо не враховувати даний показник, то за технічними та технологічними показниками оптимальним за даними табл. 3.7 буде зварювальний апарат Tesla Weld MIG/MAG/MMA 500 EVOLUTION.

Висновки за розділом

В даному розділі проаналізовано параметри двох способів електродугового зварювання, які можуть застосовуватися для ремонту рам вантажних причепів.

Суттєвим недоліком способу РДЗ є його мала продуктивність. Його доцільно застосовувати під час зварювання коротких швів в одиночному виробництві та при ремонтних роботах.

Спосіб виготовлення та ремонту зварних рамних конструкцій в середовищі захисних газів є більш ефективним. Він дозволяє забезпечити більшу швидкість зварювання (9,02 м/год) у порівнянні з РДЗ та уникнути необхідності очистки швів від шлаку.

Оптимальним зварювальним апаратом, який доцільно застосовувати в технологічному процесі ремонту рам методом їх зварювання за показником відстані до цілі вибраний зварювальний апарат PATON ProMIG-500-15-4-400V W. Його технологічні характеристики є найближчими до базового (еталонного) варіанта, а вартість найнижчою.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз потенційних небезпек

При роботі на напівавтоматі в суміші захисних газів з метою попередження нещасних випадків необхідно дотримуватися ряду заходів, передбачених законами про охорону праці та чинними правилами та інструкціями.

Ураження електричним струмом, опіки, отруєння газами - найбільш характерні випадки травматизму при зварюванні в суміші захисних газів.

Ураження електричним струмом - найбільш частий вид травматизму при зварюванні. Причинами поразки струмом є дотик до голих струмоведучих частин електроустаткування, відсутність або недоброякісність захисних засобів і заземлюючих пристроїв.

В напівавтоматах, включаючи джерела живлення, повинна бути виключена можливість випадкового дотику до частин, що знаходяться під напругою вище допустимого для зварювального ланцюга, і виключена можливість появи небезпечної напруги на частинах, нормально знаходяться без напруги (корпусу джерел живлення, шаф, верстатів). Для цього необхідно ізолювати дроти, в першу чергу підводять струм до зварювального обладнання від силової мережі 220 або 380 В. Затискачі для приєднання проводів від силової мережі повинні бути ізольовані від корпусу і прикриті кришкою або козирком [21].

У випадку пробією ізоляції обмоток, з'єднаних з силовою мережею, під високою напругою можуть виявитися корпуси зварювального обладнання, тому вони повинні бути заземлені.

При пошкодженні ізоляції між обмотками зварювального трансформатора його вторинна обмотка буде з'єднана з силовою мережею через первинну обмотку. Щоб уникнути можливого при цьому ураження електричним струмом, затискачі вторинної обмотки джерела живлення, від якого йде провід до зварюваного виробу, повинні бути заземлені. Необхідно також заземлювати зварюваний виріб.

Здійснювати перемикання, приєднання або від'єднання в електротехнічних ланцюгах установок можна тільки після вмикання загального рубильника або пускача. При ремонті й усуненні несправностей зварювальне обладнання повинно бути від'єднати від мережі живлення. Пересувні джерела зварювального струму під час їх пересування необхідно від'єднати від мережі. Забороняється користування зварювальними дротами з пошкодженою ізоляцією. З'єднання зварювальних дротів повинно проводитися паянням, зварюванням або з'єднувальними муфтами з ізолюючою обмоткою.

При роботі в особливо небезпечних приміщеннях, а також у відсіках суден, резервуарів джерела живлення повинні бути оснащені пристроєм автоматичного від'єднання напруги холостого ходу або пристроєм, понижуюча напруга в зварювального ланцюга до 12 В. Робота в закритих ємностях повинна проводитися не менше ніж двома особами, причому одна особа повинна мати кваліфікаційну групу з техніки електробезпеки не нижче III і знаходитися зовні.

Опіки тіла при напіваавтоматичному зварюванні можуть бути викликані бризками розплавленого металу. Місця зварювальних робіт повинні бути очищені від горючих матеріалів у радіусі не менше 5 м. В процесі зварювання виділяється велика кількість газів, пилу і парів металу, що може призвести до захворювання дихальних шляхів зварника. Для уникнення цього необхідно постачати автомати газовідсмоктувачі, розташованими поблизу дуги. При зварюванні в закритих приміщеннях необхідно застосовувати витяжну вентиляцію [21].

4.2 Моделювання процесу формування і виникнення травмонебезпечної ситуації під час зварювання

Одним із основних способів моделювання небезпечних ситуацій є метод графічно окресленого логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф. Цей метод базується на побудові схем, відмов і помилок працівників (операторів) різних систем. Потрібно вести математичну обробку даних, з метою

одержання ймовірності виникнення травматичних випадкових подій. Розрахунки спрямовані на зниження нещасних випадків на виробництві.

Вивчаючи модель процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків. Якщо провести дослідження то обов'язково можна знайти подію (явище), що є причиною травмонебезпечних та аварійних ситуацій.

Розглянемо випадок виробничого травматизму під час електродугового зварювання. У даному випадку може відбутися травма працівника, внаслідок ураження електричним струмом, отруєння шкідливими газами чи отримання опіку. Головну подію розміщують у верхній частині аркуша паперу і зверху донизу розміщують інші події. У побудованій моделі базові події мають форму круга. Нерозкриті базові події зображують у вигляді ромба, прямокутник подія, що виникає як результат дії фактора.

Математичну обробку побудованої моделі починають з крайньої лівої гілки, події якої пронумеровані знизу у вгору починаючи з базових подій і закінчуючи головною. Значення подій вказуємо безпосередньо на символи зображення події. Ймовірності виробничих подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія "охорона праці". Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкт. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 20 або 30%, то ймовірність відповідно становить 0,2 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність "не здійснення контролю" становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують складені формули відповідно до положень.

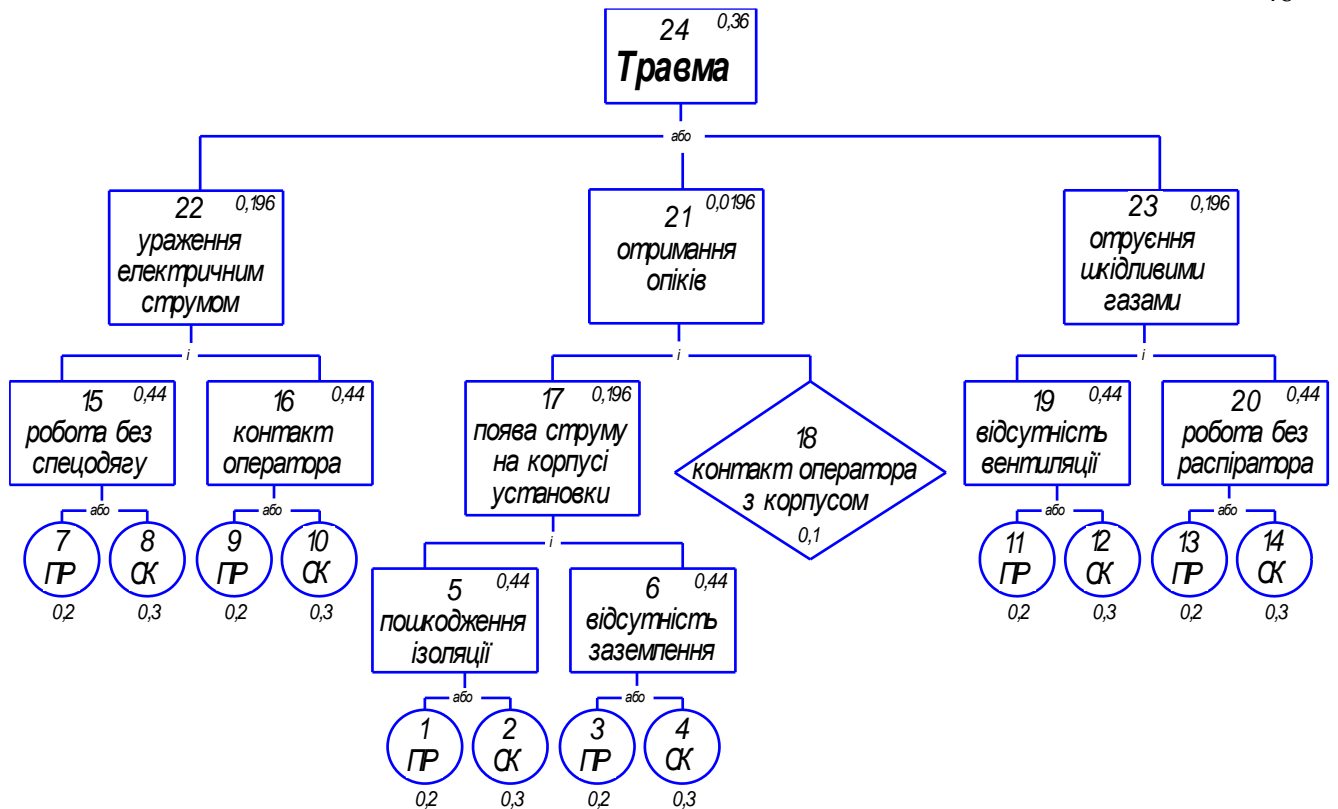


Рисунок 4.1 - Модель процесу формування та виникнення травми

На даній схемі графічно відображено математичну обробку даних на виробництві про нещасні випадки.

Ймовірність події P_5 визначаємо наступним чином

$$P_5 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2 + 0,3 - 0,2 \cdot 0,3 = 0,44 \quad (4.1)$$

Ймовірність подій P_6 , P_{15} , P_{16} , P_{19} і P_{20} буде рівною події P_5 , оскільки базові події для них є однаковими.

Ймовірність події P_{17}

$$P_{17} = P_5 \cdot P_6 = 0,44 \cdot 0,44 = 0,194 \quad (4.2)$$

Ймовірність події P_{21}

$$P_{21} = P_{17} \cdot P_{18} = 0,194 \cdot 0,1 = 0,0194 \quad (4.3)$$

Ймовірності подій P_{22} і P_{23} будуть рівною події P_{17} , оскільки події P_5 , P_6 , P_{15} , P_{16} рівні між собою.

Ймовірність події P_{24}

$$P_{24} = P_{21} + P_{22} + P_{23} - P_{21} \cdot P_{22} - P_{21} \cdot P_{23} - P_{22} \cdot P_{23} \quad (4.4)$$

$$P_{24} = 0,0194 + 0,194 + 0,194 - 0,0194 \cdot 0,194 - \\ - 0,0194 \cdot 0,194 - 0,194 \cdot 0,194 = 0,36$$

Таким чином, на робочому місті під час зварювання рам вантажних причепів для зварювання в середовищі захисних газів за наявності і можливості виникнення існуючих небезпек та небезпечних діяч на 100 робочих місць ймовірність виникнення травмонебезпечної ситуації становить 0,36 (36 %).

Висновки за розділом

В розділі проаналізовано основні потенційні небезпеки, які можуть виникати під час виконання зварювальних робіт в процесі ремонту рам вантажних причепів. Можливість виникнення небезпечних умов роботи становить 36 %.

Такий високий показник пояснюється великою кількістю небезпечних факторів та високими вимогами щодо кваліфікації працівників, якості виконання технологічного процесу та умов безпеки праці.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

5.1 Нормування механізованого зварювання

Нормування процесу зварювання виконуємо для випадку заварювання поперечної тріщини лонжерону рами з наступним приварюванням підсилюючої накладки.

Основний час при даному виді зварювання під час виконання однопрохідних швів із заданою швидкістю визначають за формулою:

$$t_0 = \frac{60 \cdot l}{V_{зв}} \quad (5.1)$$

де l – довжина шва, м;

$V_{зв}$ - швидкість зварювання, м/хв.

Якщо процес ремонту передбачає виконання кількох швів, то основний час виконання 1 м зварного шва визначають за формулою:

$$t_0 = 60 \cdot \frac{l_1}{V_{зв1}} + \frac{l_2}{V_{зв2}} + \dots + \frac{l_n}{V_{звn}}, \quad (5.2)$$

де $V_{зв1}, V_{зв2}, \dots, V_{звn}$ - швидкість зварювання відповідних швів.

Під час заварювання тріщини прийемо її довжину 200 мм. Тоді основний час її заварювання за один прохід згідно (5.1) становитиме:

$$t_{0.з} = \frac{60 \cdot 0,2}{9,02} = 1,33 \text{ хв}$$

Час приварювання пластини буде рівний:

$$t_{0.п} = \frac{60 \cdot 1}{9,02} = 6,65 \text{ хв}$$

Враховуючи основний час, який затрачається на заварювання тріщини та приварювання підсилюючої пластини, згідно формули (5.2), матимемо:

$$t_0 = t_{0.з} + t_{0.п} = 1,33 + 6,65 = 7,98 \text{ хв}$$

Загальний час на виконання ремонтного зварювання $T_{шт-к}$ формують декілька компонентів і визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = t_0 + t_{пз} + t_d + t_{обс} + t_{п}, \quad (5.3)$$

де $T_{шт-к}$ - штучно-калькуляційний час зварювання, год;

t_0 - основний час, год;

$t_{пз}$ - підготовчо-заключний час, год;

t_d - допоміжний час, год;

$t_{обс}$ - час на обслуговування обладнання, год;

$t_{п}$ - час регламентованих перерв на особисті потреби, год.

Підготовчо-заключний час $t_{пз}$ включає в себе затрати часу на отримання виробничого завдання, отримання обладнання та матеріалів, підготовку обладнання до роботи. Під час проектування технологічних процесів приймають $t_{пз} = 0,1 \cdot t_{осн}$ (10 % від основного):

$$t_{пз} = \frac{7,98 \cdot 10}{100} = 0,8 \text{ год} = 48 \text{ хв}$$

Допоміжний час t_d , це час на заправку зварювального півавтомата електродним дротом t_e , підготовку та очищення зварних кромок $t_{кр}$, очищення швів $t_{обр}$, установку і закріплення допоміжних деталей $t_{уст}$:

$$t_d = t_e + t_{кр} + t_{обр} + t_{уст}. \quad (5.4)$$

Час на заправку зварювального апарата електродним дротом приймають рівним $t_e = 5$ хв.

Час, який затрачається на підготовку кромок $t_{кр}$ розраховують за формулою:

$$t_{кр} = L_{ш} \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (h_k - 1)), \quad (5.5)$$

де h_k – глибина розробки, (приймаємо $h_k = 10$ мм);

$$t_{кр} = 0,2 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (10 - 1)) = 2,28 \text{ хв.}$$

Час на встановлення і кріплення накладки $t_{уст}$ залежить від її маси. Його вибирають з таблиць норм часу в залежності від маси виробу. Приймаємо $t_{уст} = 1,8$ хв.

Час на обробку зварювального шва приймають в залежності від його довжини та катета шва. Для розрахунків приймаємо $t_{обр} = 12$ хв.

Таким чином значення t_d буде рівне:

$$t_d = 5 + 2,28 + 12 + 1,8 = 21,08 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування обладнання $t_{обс}$ затрачається на налаштування режиму зварювання і наладку допоміжного обладнання. Його приймають в межах:

$$t_{\text{обс}} = (0,06 \dots 0,08) \cdot t_{\text{осн}} \quad (5.6)$$

$$t_{\text{обс}} = 0,7 \cdot 7,98 = 5,59 \text{ хв.}$$

Час регламентованих перерв на особисті потреби зварювальника можна прийняти:

$$t_{\text{п}} = 0,4 \cdot t_{\text{осн}} \quad (5.7)$$

$$t_{\text{п}} = 0,4 \cdot 7,98 = 3,19 \text{ хв.}$$

Отже, штучно-калькуляційний час на виконання операції ремонтного зварювання рами становитиме:

$$T_{\text{шт-к}} = 7,98 + 48 + 21,08 + 5,59 + 3,19 = 85,84 \text{ хв.}$$

5.2 Визначення собівартості зварювання рами

Технологічна собівартість $C_{\text{т}}$ зварювання рами причепа складається з суми витрат, обумовлених затратами ресурсів, необхідних для виконання технологічних операцій:

$$C_{\text{т}} = M_{\text{з}} + Z_{\text{е}} + Z_{\text{пр}}, \quad (5.8)$$

До матеріальних витрат відносяться затрати на метал підсилюючих накладок, зварювальні матеріали (дріт та газ), затрати електроенергії.

Матеріальні витрати $M_{\text{з}}$ можна визначити за формулою:

$$M_{\text{з}} = C_{\text{о.м}} + C_{\text{ен}} + C_{\text{ін}}, \quad (5.9)$$

де $C_{\text{о.м}}$ - вартість основних матеріалів, затрачених на одну тріщину, грн;

$C_{\text{ен}}$ - вартість електроенергії, грн.;

$C_{\text{ін}}$ - вартість інших компонентів, з розрахунку на один ремонт, грн.

Вартість основних матеріалів $C_{\text{о.м}}$ розраховують за формулою:

$$C_{\text{о.м}} = (C_{\text{к.м}} + C_{\text{о.м}} + C_{\text{зв.пр}}) \cdot K_{\text{тр}}, \quad (5.10)$$

де $K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт транспортно-заготівельних затрат ($K_{\text{тр}} = 1,05 \dots 1,08$).

Вартість конструкційних матеріалів $C_{\text{к.м}}$, а саме полоси зі сталі 09Г2Д

$$C_{\text{к.м}} = m_{\text{н}} \cdot \text{Ц}_{\text{к.м}}, \quad (5.11)$$

де $m_{\text{к}}$ - маса накладки, т;

$\text{Ц}_{\text{к.м}}$ - ціна однієї тони сталі 09Г2Д товщиною 8 мм, грн.

$$C_{\text{к.м}} = 0,00471 \cdot 23107 = 108,83 \text{ грн.}$$

Витрати на електродний дріт розраховуємо за формулою:

$$C_{з.д} = M_{нм} \cdot \psi \cdot C_{з.д} \cdot K_{тр}, \text{ грн.} \quad (5.12)$$

де $M_{нм}$ - маса наплавленого металу, кг;

ψ - коефіцієнт розбризкування ($\psi = 1,01$).

$C_{з.д}$ - вартість 1 кг зварювального дроту ($C_{з.д} = 6532$ грн за 1 катушку 25 кг);

Прийнявши для розрахунків $L_{шв} = 1,2$ м і $F_{нм} = 47,25$ мм² отримаємо:

$$V_{нм} = L_{шв} \cdot F_{нм} = 120 \cdot 0,4725 = 56,7 \text{ см}^3.$$

$$M_{нм} = V_{нм} \cdot \rho = 56,7 \cdot 7,85 = 445,1 \text{ г}$$

Приймаємо $M_{нм} = 0,45$ кг

Отже, вартість зварювального дроту становитиме:

$$C_{е.д} = 0,45 \cdot 1,01 \cdot 261,52 \cdot 1,05 = 124,8 \text{ грн.}$$

Тоді

$$C_{о.м} = (108,83 + 124,8) \cdot 1,08 = 252,32 \text{ грн}$$

Затрати на електроенергію $C_{ен}$ визначаємо за формулою:

$$C_{ен} = \frac{\alpha_E \cdot W \cdot C_E}{V_{зв}}, \text{ грн} \quad (5.13)$$

де α_E - питомі витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу, кВт · год/кг (для механізованого та автоматичного зварювання $\alpha_E = 3 \dots 4$ кВт · год/кг);

W - витрати електроенергії, кВт · год;

C_E - ціна за 1 кВт/год; ($C_E = 2,64$ кВт/год.)

$$C_{ен} = \frac{3 \cdot 23,6 \cdot 2,64}{9,02}, = 20,72 \text{ грн}$$

Отже, матеріальні витрати на ремонт однієї тріщини становитимуть:

$$M_з = 252,32 + 20,72 = 273,04 \text{ грн.}$$

Кількість зварювальників приймаємо відповідно до кількості обладнання.

Приймаємо сумарну кількість основних робітників $Ч_{ор} = 1$.

Розрахунок заробітної плати та відрахування на соціальні потреби потребує визначення основної та додаткової заробітної плати, а також податкових виплат, які входять до собівартості.

Витрати на оплату праці $З_{пр}$ розраховують за формулою:

$$З_{пр} = ЗП_о + ЗП_д, \quad (5.14)$$

де $ЗП_о$ - основна зарплата, грн;

$Z_{\text{Пд}}$ - додаткова зарплата, грн..

Основна та додаткова заробітна плата за ремонт однієї рами визначається за формулою:

$$Z_{\text{пр}} = (P_{\text{в}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{сс}} + D_{\text{шпр}}) \cdot \text{Ч}_{\text{ор}}, \quad (5.15)$$

де $P_{\text{в}}$ - сумарна розцінка за одиницю роботи, грн;

$K_{\text{пр}}$ - коефіцієнт преміювання, ($K_{\text{пр}} = 1,5$);

$D_{\text{шпр}}$ - додаткова доплата за шкідливість, грн;

$K_{\text{сс}}$ - коефіцієнт соціального внеску, ($K_{\text{сс}} = 1,3$);

$K_{\text{д}}$ - коефіцієнт додаткової заробітної плати, ($K_{\text{д}} = 1,2$).

Тарифна ставка $T_{\text{ст}}$ зварника - 93 грн/год.

Сумарна розцінка за ремонт рами визначається за формулою:

$$P_{\text{в}} = \frac{T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60} \quad (5.16)$$

де $T_{\text{ст}}$ - тарифна ставка, грн/год;

$T_{\text{шт-к}}$ - штучно-калькуляційний час виконання робіт, хв.

$$P_{\text{в}} = \frac{93 \cdot 85,84}{60} = 119 \text{ грн}$$

Доплата за шкідливі умови праці:

$$D_{\text{шпр}} = \frac{T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{шпр}}}{100 \cdot 60} \quad (5.17)$$

де $T_{\text{шпр}}$ - час роботи у шкідливих умовах, хв.

$$T_{\text{шпр}} = T_{\text{шт-к}} \cdot (0,1 \dots 0,31), \text{ хв.} \quad (5.18)$$

$$D_{\text{шпр}} = \frac{93 \cdot 85,84}{100 \cdot 60} = 1,33 \text{ грн}$$

Тоді

$$Z_{\text{пр}} = (119 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 1,33) \cdot 1 = 279,79 \text{ грн.}$$

Отже, технологічна собівартість зварювального ремонту рами причепа становитиме:

$$C_{\text{т}} = 273,04 + 20,72 + 279,79 = 573,55 \text{ грн} \quad (5.19)$$

5.3 Економічне обґрунтування вибору зварювального апарата

З метою економічного обґрунтування вибраного обладнання для зварювання рам вантажних причепів виконаємо порівняльний аналіз показників, які впливають на собівартість його використання у технологічних процесах зварювання.

Основними характеристиками зварювальних півавтоматів, які впливають на вартість їх використання та собівартість виконання робіт є їх ринкова вартість та енергоспоживання.

Затрати електроенергії на виконання зварювальних робіт кожним із розглянутих зварювальних апаратів визначаються за формулою (5.13). За рівних технологічних параметрів процесу на собівартість виробництва основний вплив матиме споживана потужність джерела живлення.

Порівняльний аналіз для шести різних зварювальних апаратів здійснюємо за діаграмою, наведеною на рис. 5.1.

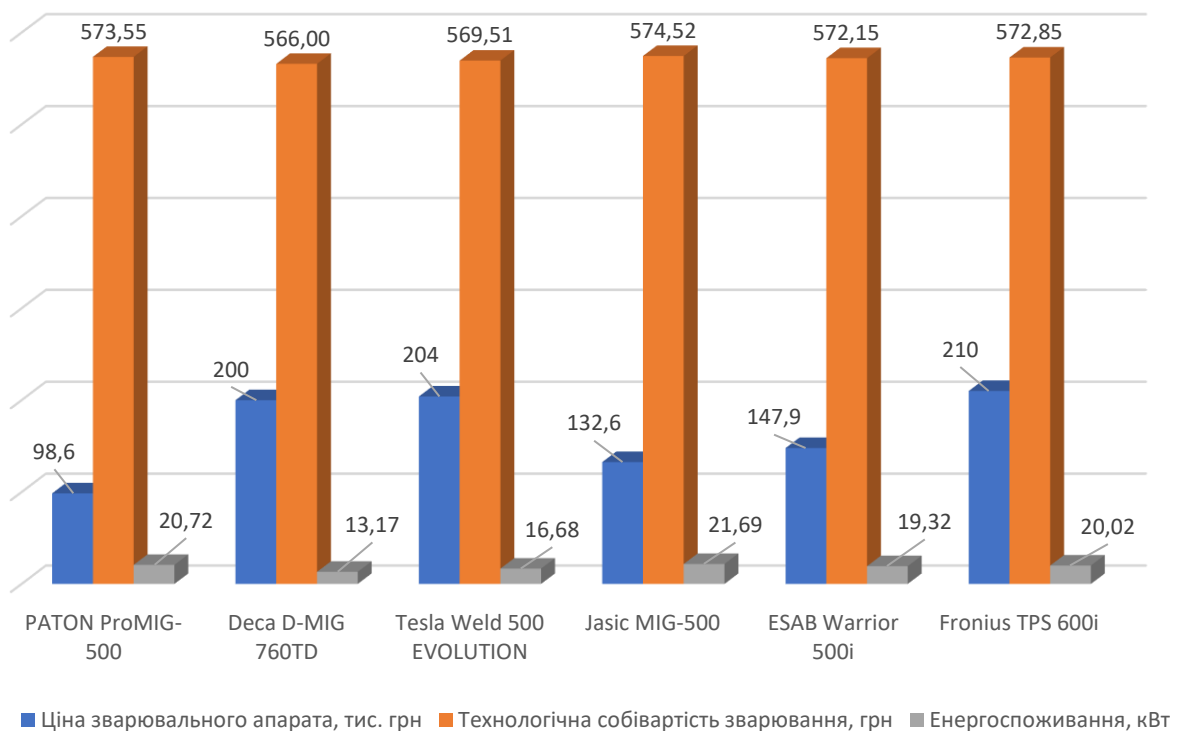


Рисунок 5.1 – Порівняльна діаграма зварювальних півавтоматів у розрізі основних затрат

З діаграми видно, що мінімальну вартість має зварювальний апарат PATON ProMIG-500-15-4-400V W (98,6 тис. грн.). Однак, мінімальне значення енергозатрат має півавтомат Deca D-MIG 760TD (13,17 грн.).

Висновки за розділом

За результатами розрахунків, штучно-калькуляційний час на виконання операції ремонтного зварювання рами з використанням зварювального апарата PATON ProMIG-500-15-4-400V W становитиме 85,84 хв.

Технологічна собівартість зварювального ремонту рами причепа при цьому становитиме 573,55 грн за одне місце ушкодження.

Серед показників, які впливають на собівартість використання ремонту та технологічних процесів зварювання зокрема має вартість обладнання та його енергетичні затрати.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз можливих дефектів та поломок рам вантажних автомобілів показав, що до таких, які можна виправити або відремонтувати методом електродугового зварювання відносяться тріщини, розломи, надколи, прогини та корозійні спрацювання.

Серед способів зварювання металів, які можна застосовувати в ремонтному виробництві вантажних причепів найбільшого поширення набули ручне електродугове зварювання покритими штучними електродами та механізоване зварювання суцільним дротом в середовищі захисних газів.

Основними методами ремонту дефектів рам вантажних причепів способом зварювання є заварювання тріщин, заварювання тріщин з накладанням зміцнюючих накладок, вирізання зруйнованих елементів та вварювання ремонтних та підсилюючих елементів рами.

В технологічній частині роботи розроблено маршрут ремонту тріснутої рами та рекомендації до виконання технологічних операцій зварювання, зокрема підготовки зварних кромки та забезпечення необхідного зазору між ними.

Для виконання зварювальних робіт вибрано спосіб механізованого зварювання в середовищі захисних газів, оскільки він забезпечує більшу швидкість зварювання (9,02 м/год) в порівнянні з ручним дуговим зварюванням (4,76 м/год). Крім того він забезпечує кращий контроль за якістю зварювання та виключає потребу очищення накладених зварних валиків від шлаку при багатощаровому зварюванні.

Для виконання технологічних операцій зварювання обґрунтовано вибір зварювального апарата методом диференційної оцінки рівня його якості. За відстанню до цілі (базового варіанта), яким був прийнятий зварювальний півавтомат TPS 600i фірми Fronius, як одного з світових лідерів на ринку зварювального обладнання найкращі показники має зварювальний півавтомат RATON ProMIG-500-15-4-400V W вітчизняного виробництва.

Оптимальність вибору зварювального півавтомата PATON ProMIG-500-15-4-400V W підтверджують результати визначення затрат на виконання ремонту рами вантажного автомобіля. Так при собівартості ремонту 573,55 гривень сумарна частка затрат, яка враховує вартість обладнання та енергозатрати на його роботи, є найнижчою з поміж розглянутих моделей і становить 98,6 грн.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Апарат JASIC MIG-50 Джерело: <https://prompostavka.in.ua/ua/p1280290182-svarochnyj-poluavtomat-jasic.html>
2. Бакалець Д. В., Савуляк В. І. Підвищення надійності та відновлення металоконструкцій транспортних та сільськогосподарських машин / Збірник наукових праць ВНАУ. Серія Технічні науки, 2012. Випуск 11(66). – Т. 2. С.302–306.
3. Березін Л.Я., Хоменко М.М., Карпенко А.С. Засоби технологічного оснащення зварювального виробництва. Навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2003. 142 с.
4. Бідун О. Дефектування і втомлювальні відмови елементів стрілочних переводів. Збірник наукових праць ДЕГУТ. Серія «Транспортні системи і технології», 2008. № 13. С. 25 – 2
5. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. Київ: Основа, 2021. 400 с.
6. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР "Магістр" студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
7. Гуменюк І.В. Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
8. Грабар І. Г., Титаренко В. Є. Руйнування рамних конструкцій транспортних засобів в умовах експлуатації / Вісник ЖДТУ. 2007. № 3. С.55 – 58.
9. Дацишин О. П., Марченко Г. П. Квазістатичний розвиток крайової тріщини при несамозрівноваженому навантаженні на її берегах. Фіз.-хім. механіка матеріалів. 1991. № 4. С. 53 – 59.

10. Дашченко А. Ф., Сурьянінов Н. Г., Лазарева Д. В. Аналіз напружено-деформованого стану рами автомобільного півпричепа в програмі ANSYS. Вісник ХНАДУ, 2005 . № 29. С. 20 – 30.
11. Денисенко М. І. Втомні пошкодження поверхонь деталей регулюючих робочих органів сільськогосподарської техніки / Науковий вісник НУБіП України. 2010. Випуск 144 (1). С 35-41.
12. Драган С.В., Лабарткава А.В. Практикум зі зварювання: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 68 с.
13. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 48 с.
14. ДСТУ ISO 14175:2004 Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання (ISO 14175:1997, IDT): http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50209
15. ДСТУ EN ISO 14171:2015 Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дрiт електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація (EN ISO 14171:2010, IDT; ISO 14171:2010, IDT): http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82838
16. Зварювальний апарат Tesla Weld MIG/MAG/MMA 500 EVOLUTION Джерело: <https://teslaweld.com/svarochnyy-poluavtomaticheskiiy-apparat-tesla-weld-mig-mag-mma-500-15-wc-evolution>
17. Зварювальний апарат PATON™ ProMIG-500-15-4-400V W. Джерело: <https://paton.ua/svarochnoe-oborudovanie/svarochnye-poluavtomaty/zvarjuvalnij-narvavtomat-paton-promig-500-15-4-w>
18. Зварювальний напівавтомат Deca D-MIG 760TD. Джерело: <https://promtovari.com.ua/ua/ustatkuvannya-dlya-zvaryuvannya-ua/zvaryvalniy-aparatu-ua>
19. Зварювальний півавтомат Warrior 500i CC/CV ESAB. Джерело: <https://prompostavka.in.ua/p1439512161-svarochnyj-poluavtomat-warrior.html>

20. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. Київ: Арістей, 2005. 268 с.
21. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. Київ: Основа, 2010. 240 с.
22. Машинобудівний прокат. Джерело: <https://metinvestholding.com/ua>.
23. Савуляк В. І., Бакалець Д. В. Вплив гідроманіпулятора мобільної машини на формування тріщинонебезпечних зон несучої конструкції / Промислова гідравліка і пневматика: Всеукраїнський науково-технічний журнал, 2012. – №4 (34). С. 36–41.
24. Титаренко В. Є. Стенд для динамічних випробувань натурних елементів рами напівпричепа / Вісник ЖДТУ. Технічні науки, 2005. № 3 (34). С. 15 – 18.
25. Швець О.П. Вивчення обладнання для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG): методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 19 с.
26. Швець О.П., Власюк І.В., Федорина Д.І. Вивчення технології ручного електродугового зварювання: методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 13 с.
27. Швець О.П. Зварювання сталей в середовищі вуглекислого газу: методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208

«Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2020 р. 10 с.

28. Швець О.П. Технологія зварювання металів і пластмас. Конспект лекцій для студентів ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (Частина 1). Львів: ЛНАУ, 2017. 78 с.

29. Швець О.П., Власюк І.В., Федорина Д.І. Технологія зварювання металів і пластмас. Ручне дугове зварювання: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2017. 28 с.

30. Швець О.П., Коруняк П.С., Основи проектування технологічного оснащення. Методичні рекомендації для аудиторної роботи студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 133 Галузеве машинобудування заочної форми навчання. Львів: ЛНАУ, 2022. 8 с.

31. Швець О.П., Березовецький С.А., Шеремета Р.Б. «Проектування та розрахунок зварних з'єднань» Методичні рекомендації до виконання практичної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2020. 16 с.

32. Denisenko N. Lengthening of resource of details and knots of machine with tireless damages / N. Denisenko, V. Voityuk // Motrol.– 2008. – № 10(B) – С.193–200.

ДОДАТКИ

Додаток А

Технічні характеристики зварювального півавтомата

PATON ProMIG-500-15-4-400V W

Номінальна напруга мережі живлення, В	380/400
Номінальний струм, який споживається з мережі, А	30 ... 35,5
Номінальний зварювальний струм, А	500
Максимальний діючий струм, А	630
Тривалість навантаження (ТН), %	70
Межі зміни мережі електроживлення, В	±15%
Межі регулювання зварювального струму, А	16 - 500
Діаметр штучного електрода, мм	1,6-8
Діаметр суцільного зварювального дроту, мм	0,6 - 1,6
Імпульсні режими при зварюванні	MMA, TIG, MIG/MAG
Функція «Hot-Start»	Регульована
Функція «Arc-Force»	Регульована
Функція «Anti-Stick»	Автоматична
Блок зниження напруги холостого ходу	вкл/викл
Напруга холостого ходу, В	12/75
Напруга підпалювання дуги, В	110
Номінальна споживана потужність, кВА	19,9-23,6
Максимальна споживана потужність, кВА	29
Охолодження	Адаптивне
Маса, кг	36,7
Клас захисту	IP23

Технічні характеристики зварювального півавтомата Deca D-MIG 760TD

ЗАГАЛЬНІ	
Вид	з газом
Клас	промисловий
Тип зварювального апарату	зварювальний напівавтомат
Тип пристрою	трансформаторні
РОБОЧІ ПАРАМЕТРИ	
Максимальний зварювальний струм	600 А
Метод зварювання	MIG/MAG
Алюмінієвий дріт	1,0-1,6 мм
Максимальний діаметр зварювального дроту	1,6 мм
Напруга мережі	380 В
Напруга холостого ходу	16,8-48 В
Нержавіючий дріт	0,8-1,6 мм
Порошковий дріт	0,8-1,6 мм
Межі регулювання зварювального струму	25-600 А
Тривалість навантаження	600 А – 25%, 375 А – 60%; 315 А – 100%
Сталевий дріт	0,8-1,6 мм
Тип електричного струму	DC
ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА ТА ПРИСТРОЇ	
Потужність, кВт	15 кВт
Охолодження	рідинне охолодження
КОНСТРУКТИВНІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ	
Пальник (рукав)	Євро
Утримувач пальника	так
Діаметр бобіни	200-300 мм
Особливості	колеса в комплекті / порошковий дріт / зварювання алюмінію / водяне охолодження / два пристрої, подачі дроту
Плавкий запобіжник	32 А
Подавальний пристрій	4-х роликове
Ступінь захисту	IP21
Тип пристрою, що подає дріт	вбудований
ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ	
Вага	126 кг
Габарити	915x540x1365 мм

Технічні характеристики зварювального півавтомата

Tesla Weld MIG/MAG/MMA 500 EVOLUTION

Характеристики зварювального обладнання	
Тривалість включення (ПВ), %	60
MIG (дрот + інертні гази)	так
Характеристики напівавтоматичного обладнання (MIG/MAG)	
Зварювальний струм макс. (MIG/MAG), А	500
Зварювальний струм мін. (MIG/MAG), А	20
Діаметр дроту, мм	0,8 – 1,0 – 1,2 – 1,6
Швидкість подачі дроту, м/хв.	1,5 – 24
Режим Double Pulse	так
Напруга холостого ходу (MIG/MAG),	103
Характеристики обладнання аргонодугового зварювання (TIG)	
Напруга холостого ходу (TIG),	7,5
Характеристики енергопостачання (приводу, двигуна)	
Напруга мережі живлення, В	380
Частота мережі живлення, Гц	50/60
Система охолодження	рідинна
Область використання, призначення	
Наплавлення валів	так
Тривала робота з водяним охолодженням	так
Кількість видів зварювання	2
Комфортність та безпека використання	
Ступінь захисту	IP23
Масо-габаритні характеристики	
Вага, кг	56

Технічні характеристики зварювального півавтомата Jasic MIG-500

Вид зварювання/різання	MMA MIG
Тип зварювального струму	DC
Напруга мережі живлення	380 В ± 15% (3 фази)
Зварювальний струм MIG/MAG (min)	50
Зварювальний струм MIG/MAG (max)	500
ПВ (40 °С)	60 %
Зварювальний струм (ПВ 100%)	387 А
Споживана потужність (повна)	24,7 кВА
Споживана потужність (активна)	22.97 кВт
Напруга холостого ходу	75 В
Діапазон робочої напруги	15 - 48
Швидкість подачі дроту	1,5 - 18 м/хв.
Пристрій подачі	в окремому корпусі
Кількість роликів	4
Діаметр зварювального дроту	0,8 / 1,0 / 1,2 / 1,6 мм
Коефіцієнт потужності (cos φ)	0,93
ККД	85 %
Клас ізоляції	F
Ступінь захисту	IP21S
Габаритні розміри (Д x Ш x В)	639 x 292 x 558
Вага	100 кг

Технічні характеристики зварювального півавтомата ESAB Warrior 500i CC/CV

Напряжение питания, В	380
Диапазон сварочного тока, А	
MIG-MAG	16-500
MMA	16-500
TIG	4-500
Порошковая и сплошная проволока	0,8-1,6мм
ПВ 100%	при 400 А/36В
ПВ 60%	при 500 А/40В
Напряжение холостого хода, В	54
Мощность холостого хода, Вт	120
ККД при максимальному струмі, %	88
Коефіцієнт потужності при максимальному струмі	0,92
Клас захисту корпусу	IP23
Розміри ДхШхВ ,мм	712x325x470
З блоком охолодження, мм	712x325x700
Вага, кг	52
З блоком охолодження без холодоагенту, кг	67
Робоча температура	від -10 до +40
Клас застосування	S

Технічні характеристики зварювального півавтомата Fronius TPS 600i

Напруга мережі	3 x 400 В
Ефективний струм живлення	44,4 А
Максимальний струм живлення	57,3 А
Мережевий плавкий запобіжник	63 А, із затримкою спрацьовування
Допуск за напругою мережі	+/-15%
Частота мережі	50/60 Гц
Діапазон зварювального струму	
MIG/MAG	3-600 А
TIG	3-600 А
Зварювання стрижневим електродом	10-600 А
Номінальний струм при	
ТП 60%	600 А
ТП 60%	500 А
Діапазон вихідної напруги	
MIG/MAG	14,2-44,0 В
TIG	10,1-34,0 В
Зварювання стрижневим електродом	20,4-44,0 В
Напруга холостого ходу	74 В
Ступінь захисту	IP 23
Розміри (Д x Ш x В)	706 x 300 x 510 мм
Вага	50 кг
Макс. тиск захисного газу	7,0 бар
Енергоспоживання в режимі холостого ходу при 400 В	50 Вт
ККД джерела струму при 600 А/44В	89 %