

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ІНСТИТУТ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ імені Є.О. ПАТОНА
КАФЕДРА СМАРТ-ТЕХНОЛОГІЙ З'ЄДНАНЬ ТА ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ**

"На правах рукопису"
УДК 621.791

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ І. В. Смирнов

“ ” _____ 2021 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**зі спеціальності 131 Прикладна механіка
на тему:**

«Роботизація зварювання причепів сільськогосподарської техніки»

Виконав: студент II курсу, групи ЗС-301мп
Цинькевич Михайло

(підпис)

Керівник:
Професор, д.т.н., проф. Фомічов С. К.

(підпис)

Консультант з охорони праці:
Професор, д.т.н., Левченко О. Г.


(підпис)

Рецензент:

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2021 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інститут _____ Матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона

Кафедра _____ Смарт-технологій з'єднань та інженерії поверхні

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)

Спеціальність _____ 131 Прикладна механіка

Освітньо-наукова програма _____ Технологічні системи інженерії з'єднань та поверхонь

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

І. В. Смирнов

(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Цинькевичу Михайлу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Роботизація зварювання причепів сільськогосподарської техніки

науковий керівник дисертації Фомічов Сергій Костянтинович, д.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2021 р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації 15 грудня 2021 р.

3. Об'єкт дослідження _____

4. Предмет дослідження _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

Літературний огляд сучасного стану проблеми (питання)....., розробка моделей і визначення параметрів....., встановлення впливу.....; аналіз розподілу...., проведення експериментів з визначення, формулювання висновків; аналіз небезпечних факторів і біофізичні аспекти впливу на організм людини під час роботи за комп'ютером, ризик виникнення пожеже-небезпечних ситуацій.

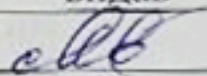
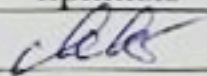
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

Презентація результатів моделювання, розрахунку, експериментів тощо.....

7. Орієнтовний перелік публікацій:

- 1.
- 2.
- 3.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Левченко О. Г., зав. каф.		

9. Дата видачі завдання 26 жовтня 2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз і систематизація матеріалів для включення у пояснювальну записку	жовтень 2021 р.	
2	Розробка ілюстративної частини дисертації	листопад 2021 р.	
3	Збір додаткових матеріалів, детальна розробка і обґрунтування наукових рішень	листопад 2021 р.	
4	Оформлення ілюстративного матеріалу Літературна обробка і остаточне оформлення пояснювальної записки	грудень 2021 р.	
5	Захист магістерської дисертації	грудень 2021 р.	

Студент

(підпис)

М. Цинькевич

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

С.К. Фомічов

(ініціали, прізвище)

Реферат

В роботі розроблено нову технологію зварювання причепа сільськогосподарської техніки в якому було проаналізовано конструкцію, підібрано спосіб зварювання, зварювальні матеріали, основне та допоміжне обладнання. Здійснено розрахунки режимів зварювання та розроблено технологічний процес складання та зварювання причепів сільськогосподарської техніки. Вибрано способи контролю якості зварних з'єднань.

В процесі розробки дипломного проекту використані наступні методи:

- теоретичні методи, які включають аналіз спеціальної наукової та технічної літератури, а також узагальнення, порівняння, конкретизацію даних, розрахунки;
- емпіричні методи, що включають вивчення практичного досвіду і спостереження.

Результати роботи знайдуть застосування на машинобудівних підприємствах.

Ключові слова: зварювання, зварювання в захисному середовищі, роботизація, роботизоване зварювання, зварювальні матеріали, чисельні методи, розрахунки режимів зварювання, технологічний процес складання та зварювання причепів сільськогосподарської техніки, контролю якості зварних з'єднань.

Реферат

В работе разработана новая технология сварки прицепа сельскохозяйственной техники, в которой была проанализирована конструкция, подобраны способ сварки, сварочные материалы, основное и вспомогательное оборудование. Проведен расчет режимов сварки и разработан технологический процесс сборки и сварки прицепов сельскохозяйственной техники. Выбраны способы контроля качества сварных соединений.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие методы:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;
- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдения.

Результаты работы найдут применение на машиностроительных предприятиях.

Ключевые слова: сварка, сварка в защитной среде, роботизация, роботизированная сварка, сварочные материалы, многочисленные методы, расчеты режимов сварки, технологический процесс сборки и сварки прицепов сельскохозяйственной техники, контроля качества сварных соединений.

Abstract

In the work, a new technology for welding a trailer for agricultural machinery was developed, in which the structure was analyzed, the welding method, welding materials, main and auxiliary equipment were selected. The calculation of welding modes was carried out and the technological process of assembly and welding of agricultural machinery trailers was developed. Methods of quality control of welded joints are selected.

In the process of developing the diploma project, the following methods were used:

- theoretical methods, including the analysis of special scientific and technical literature, as well as a generalization, comparison, specification of data, calculations;
- empirical methods, including the study of practical experience and observation.

The results of the work will find application at machine-building enterprises.

Keywords: welding, welding in a protective environment, robotization, robotic welding, welding consumables, numerous methods, calculations of welding modes, the technological process of assembling and welding trailers of agricultural machinery, quality control of welded joints.

ВСТУП	9
1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ.....	11
1.1 Умови експлуатації причепів сільськогосподарської техніки	11
1.2 Характеристика матеріалу.....	22
1.3 Причини утворення холодних тріщин:	23
1.3.1 Оцінка схильності сталей до появи холодних тріщин:.....	24
1.3.2 Оцінка схильності металу до утворення гарячих тріщин.....	25
2. ТЕХНОЛОГІЯ ЗВАРЮВАННЯ ПРИЧЕПІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....	27
2.1 Найбільш поширені види зварювання.....	27
2.1.1 Ручне дугове зварювання.....	27
2.1.2 Автоматичне зварювання під флюсом	30
2.1.3 Зварювання в захисному газі.....	32
2.2 Обґрунтування вибору способу зварювання	34
2.3 Вибір зварювальних матеріалів	35
2.3.1 Вибір захисного газу	35
2.3.2 Вибір зварювального дроту.....	39
2.4 Розрахунок режимів зварювання	40
2.4.1 Розрахунок режиму зварювання таврового з'єднання	40
2.4.2 Розрахунок режимів зварювання для кутового з'єднання	44
3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ	49
3.1 Обладнання для заготівельних операцій.....	49
3.1.1 Обладнання для плазмового різання Jantar.....	49
3.1.2 Джерело плазми Hypertherm Powermax85	50
3.1.3 Кутова шліфувальна машина Bosch GWS 26-230J BV	51
3.2 Інструмент для складання.....	52
3.2.1 Axis Positioner MT1-500S2 HD "Yasukawa"	52
3.2.2 Інструмент для складання причепів сільськогосподарської техніки	53
3.3 Зварювальне обладнання	54
3.3.1 Зварювальний робот MA1440 "Yaskawa"	54
3.3.2 Контролер DX200 "Yaskawa"	57
3.3.3 Джерело зварювання Phoenix352 puls "EWM"	59
3.3.4 Блок подачі дроту M Drive 4 Rob 3 LI "EWM"	61
3.3.5 Блок водяного охолодження Cool82U44 «EWM».	63
3.3.6 Зварювальний пальник RM42W "Tbi"	64

3.3.7 Станція очищення автоматичних зварювальних пальників «ТВі».....	65
3.3.8 Пульт управління комплексом Yaskawa	67
3.3.9 Програмне забезпечення MotoSim EG-VRC "Yasukawa"	68
3.3.10 Системи відстеження "Seam Finding" і "COMARC"	69
3.3.11 Охорона та система безпеки.....	71
3.4 Контроль якості зварних з'єднань.....	72
4. ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ ПРИЧЕПІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	74
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	91
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	92

ВСТУП

Однією з найважливіших завдань ефективного зварювального виробництва є підвищення як якісного, так і кількісного показників продуктивності. Крім того, останнім часом широкого застосування знаходять технології, які дозволяють знизити вплив людини на процеси зварювання. Дані особливості характерні і для зварювального виробництва.

Роботизовані комплекси (РТК) знаходять більш широкого застосування для вирішення різних завдань, і в наш час застосовуються в багатьох галузях промисловості. За допомогою роботизованого зварювання можна отримати стабільно високу і точну якість зварних швів, не дивлячись на складні конфігурації в різних просторових положеннях. Так само присутні такі фактори, як зниження витрат на робочу силу, поліпшення якості продукції, що випускається і підвищення продуктивності.

Незважаючи на те, що при використанні зварювального робота не вимагається робоча сила, але, в той же час, повинен бути присутнім компетентний фахівець, який зможе правильно і грамотно налаштувати весь процес виконання зварювальних операцій. Адже ефективність зварних швів безпосередньо залежить від таких факторів як:

1. Висока точність процесу складання заготовок;
2. Розробка правильної послідовності виконання зварних швів;
3. Раціональна технологія операцій зварювання.

Так само в процесі налаштування повинні бути встановлені основні параметри режимів зварювання: зварювальний струм, напруга на дузі, діаметр присадочного матеріалу, швидкість зварювання і швидкість подачі присадочного матеріалу.

У наш час в зварювальному виробництві присутня висока конкуренція і підвищені вимоги до якості продукції і до того ж на ринку праці не вистачає кваліфікованих зварників. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що

зростання попиту на роботизовані установки є як в теперішній час, так і в майбутньому. [1]

Метою випускної кваліфікаційної роботи є розробка технології і підбір обладнання для виготовлення причепів сільськогосподарської техніки. Актуальним стає впровадження роботизованого комплексу, за допомогою якого ми повинні досягти високої якості продукції, що випускається продукція, хорошої продуктивності та незначних витрат часу.

Об'єктом розробки є технологія виготовлення металоконструкції.

Предметом розробки є процес складання і роботизованого зварювання причепів сільськогосподарської техніки.

Метою магістерської дисертації є розробка технології зварювання причепів сільськогосподарської техніки з використання роботизованого комплексу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Провести аналіз металоконструкції
- Проаналізувати і охарактеризувати сталь яка використовується
- Вибрати спосіб зварювання і зварювальні матеріали
- Провести розрахунки параметрів режимів зварювання
- Виконати підбір і компоновку основного і допоміжного обладнання
- Вибрати спосіб контролю якості зварних з'єднань виробу
- Розробити методичний розділ для перепідготовки робітників

В процесі розробки магістерської дисертації використані наступні методи:

- теоретичні методи, які включають аналіз спеціальної наукової та технічної літератури, а також узагальнення, порівняння, конкретизацію даних, розрахунки;
- емпіричні методи, що включають вивчення практичного досвіду і спостереження.

1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ

1.1 Умови експлуатації причепів сільськогосподарської техніки

Причіп призначений для транспортування сільськогосподарських матеріалів по місцевих дорогах IV-VI категорій і в польових умовах (без виїзду на дороги I-III категорій).

Склад причепа

Причіп (Рисунок 1, 2, 3 і 3а) складається з наступних основних складальних одиниць: шасі 1, платформи 2, бортів бічних 3, борта переднього 4 і заднього 5, які пов'язані між собою шарнірними петлями 6, запірними бортовими пристроями 7, болтовими з'єднаннями 8 і стопорними (запірними) пальцями 9. Підйом (перекидання вантажу) здійснюється за допомогою телескопічного гідроциліндра 10 при попередньому звільненні відповідних стопорних запірних пальців 9 шарнірних опор платформи.

Причіп укомплектований двома упорами противідкатними, які встановлені на правій стороні причепа в спеціальній скобі, яка закріплена на рамі шасі під платформою. Ці упори призначені для установки під шини колеса при аварійних зупинках на ухилах доріг і полів в разі відмови гальмівних систем і для додаткових страховок при вимушених ремонтних роботах в польових умовах. Бічні і передній борти мають спеціальні гнізда для нарощування надставних бортів.

Шасі (Рисунок 4, 5) складається з наступних основних вузлів: рами центральної 1 яка являє собою зварену конструкцію із сталевих замкнутих профілів, рами поворотної 2, ходу колісного 3, дишла 4, поворотного кола 5, рукоятки стопорній поворотної рами 6, буксирного тягового пристрою 7, брызговики 8, запобіжних стійок 9, системи гальмівній пневматичної 10, гальмом стоянковим 11, гідравлічною системою 12 і електроустаткуванням 13, інструментальним ящиком 14.

Рама центральна 1 (Рисунок 4, 5) є основною несучою конструкцією причепа, на якій змонтован майданчик кузова на чотирьох шарнірних кронштейнах зі стопорними пальцями 9 (Рисунок 2, 3), а також є сполучною

ланкою за допомогою поворотного круга, поворотної рами і ресорних підвісок з колісним ходом.

Рама поворотна 2 (Рисунок 4, 5) служить для установки ресорних підвісок переднього колісного ходу за допомогою болтового з'єднання та кріплення поворотного круга (Рисунок 8), а також є основною базою для монтажу ресивера і повітря розподільника гальмівної системи.

Колісний хід 3 (Рисунок 4, 5) представляє собою балку прямокутного перетину з півсями 1 (Рисунок 6), на яких закріплені на підшипникових вузлах 2 в ступиці 3 колісні диски 4 з гальмівними барабанами 5 і гальмівними колодками 6, привід який здійснюється від гальмівної камери 7 за допомогою важеля 8, шарнірно пов'язаного зі штоком гальмівної камери. Регулювання ходу штока гальмівної камери виробляється черв'яком регульовального важеля 8. Хід штока повинен бути в межах 15-30 мм, колесо при цьому в розгальміваному стані повинно повертатися від зусилля руки. Різниця ходів штоків гальмівних камер колісного ходу причепа, не повинна перевищувати 8 мм.

Для правильного регулювання підшипникового вузла колеса при заміні підшипників або профілактичній роботі необхідно гайку 12 (Рисунок 6) загорнути до тугого обертання колеса, потім відвернути до 1/6 - 1/4 обороту і застопорити її замковою шайбою поз.13.

Колісний хід закріплений спільно з ресорними підвісками 1 (Рисунок 7) за допомогою драбин 2 за допомогою опорної плити 3, накладки 4 і демпферної пластини 5, в якій за допомогою болтів 6 закріплена гумова подушка 7 (амортизатор).

Дишло 4 (Рисунок 4, 5) являє собою зварену конструкцію трикутної форми, шарнірно пов'язаної з поворотною рамою. Дишло має поворотну зчіпну петлю і страхувальні ланцюги. Для зручності в обслуговуванні на дишлі змонтована пружина розтягування, пов'язана з поворотною рамою. На кронштейні дишло, в передній частині, має болт заземлення, пофарбований в червоний колір, який з'єднує гілка заземлення джгута електрообладнання.

Поворотний круг 5 (Рисунок 4, 5) являє собою два дископодібних обода, з'єднаних між собою комплектом кульок (Рисунок 8). Кріплення поворотного кола до рами центральної і поворотній рамі здійснюється за допомогою болтових з'єднань. Для забезпечення плавності ходу поворотного кола при затягуванні болтових з'єднань при необхідності треба встановлювати компенсаційні шайби.

Рукоятка стопора поворотної рами (Рисунок 9) служить для стопоріння поворотної рами при маневруванні причепа «назад» і складається з рукоятки 1 пальця стопорного 2, шарнірно пов'язаного з рукояткою і пружиною 3. Рукоятка стопора (Рисунок 9) зображена в положенні, коли поворотна рама застопорена. При повороті рукоятки на 180° вліво до упору поворотна рама розтопорена.

Пристрій буксирний (Рисунок 10) служить для витягування застряглого причепа. Пристрій складається з шарнірної поворотною скоби 1, пальця 2, швидкоз'ємного фіксатора 3, амортизатора 4, двох шайб 5, шліцьовій гайки 6 і шплінта 7.

Бризковики 8 (Рисунок 4, 5) встановлені в задній частині причепа і являють собою захисні пристрої від бруду, що вилітає з-під задніх коліс, на кронштейні яких змонтовані ліхтарі електрообладнання та світлоповертачі.

Запобіжні стійки 9 (Рисунок 4, 5) служать для страховки при вимушених профілактичних роботах під піднятою платформою причепа. Верхні частини стійок повинні строго встановлюватися в спеціальні отвори днища платформи при положенні платформи в піднятому стані «назад» або «на сторону».

Система пневматична гальмівна 10 (Рисунок 4, 5) і (Рисунок 11, 12) складається з магістрального шланга і сполучної головки 1, ресивера 2 зі спусковим краном і краном відбору повітря, розподільника повітря 3, гальмівних камер 4 і системою трубопроводів 5. Пневмопривід гальм причепа з однопровідної системи діє від педалі гальма трактора і призначений для гальмування причепа під час руху.

Гальмо стоянки 11 (Рисунок 4, 5) призначений для гальмування причепа на стоянці. Складається з троса діаметром від 4,0 до 6,0 мм, з'єднаного за допомогою сережок з важелями гальмівних камер і ходового гвинта з рукояткою, а також напрямних роликів, закріплених на кронштейнах центральної рами.

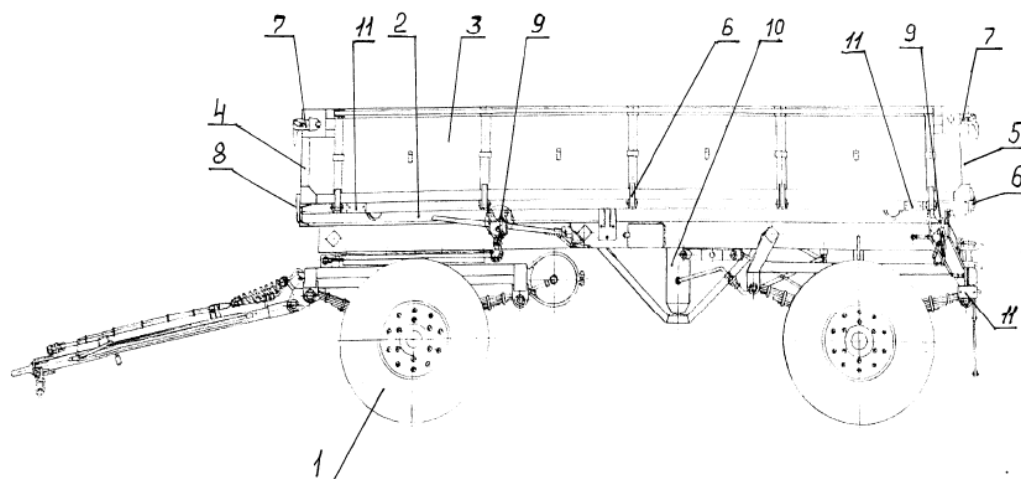
Система гідравлічна 12 (Рисунок 4, 5) складається з комплексу трубопроводів, рукавів високого тиску, муфти розривної обмежувального крана 15 і телескопічного гідроциліндра.

Кран обмежувальний (Рисунок 13) складається з корпусу 1. вхідного штуцера 2. кульки 3, вихідного штуцера 4. штока 5, пружини 6, кільця ущільнювачів 7 і кільця запірною 8.

Кран монтується до балки центральної рами (Рисунок 14) за допомогою скоби 1, гайки 2. Шток крана за допомогою болтового з'єднання 3 пов'язаний з штоком 4, який проходить через отвори балки і за допомогою ланцюжка - тяги 5 пов'язаний з кронштейном - перемичкою з підставою платформи. При підйомі платформи вище встановленої норми буртик штока 5 крана (Рисунок 13) виходить з дотику з кулькою 3, яка під тиском масла гідравлічного закриває канал, через який масло надходить в гідроциліндр, тобто підйом платформи припиняється. При скиданні тиску в системі пружина 6 повертає шток в початкове положення, кулька відкриває канал скидання масла в гідросистему трактора - платформа опускається. Подовжуючи або скорочуючи тягу ланцюжка 5 можна регулювати кут підйому платформи.

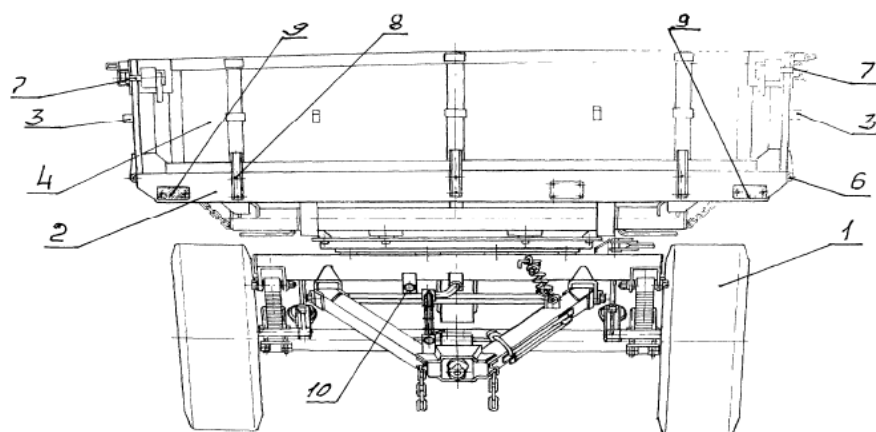
Електрообладнання 13 (Рисунок 4, 5) складається з двох задніх ліхтарів А1, А2 і ліхтаря освітлення номерного знака А3 (Рисунок 15), джгута проводів і штепсельної вилки Х1. Кожен ліхтар А1 і А2 має дві сигнальні лампи, які забезпечують подачу наступних сигналів: «Поворот», «Стоп», «Розмір».

Платформа 2 (Рисунок 1, 2 і 3) основою каркасу спирається в чотирьох точках на опорні кронштейни рами центральної.



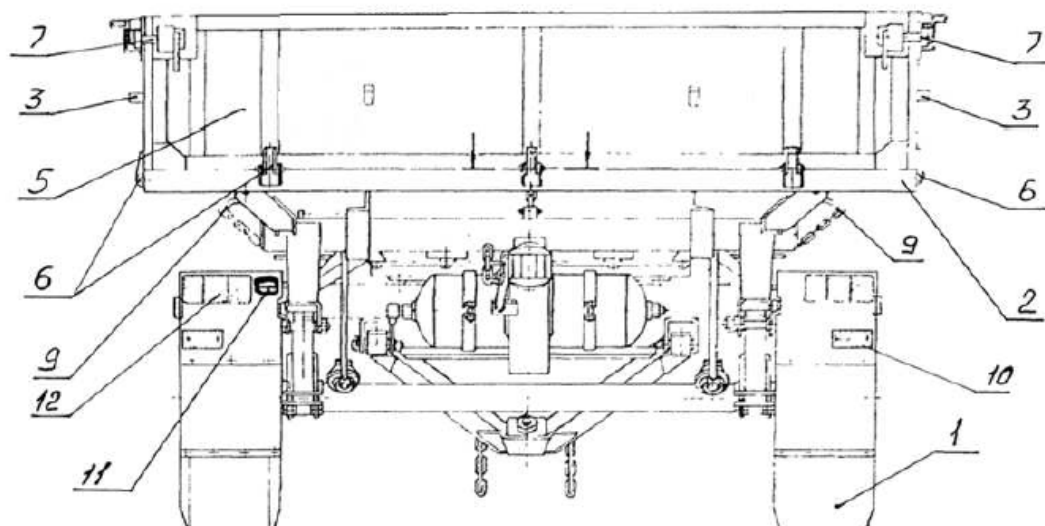
1 - шасі; 2 платформа; 3 борт бічний; 4 - борт передній; 5 - борт задній; 6 - петля шарнірна; 7 - пристрій запірний; 8 - з'єднання болтове; 9 - палець стопорний; 10 - гідроциліндр; 11 - світлоповертач помаранчевий

Рисунок 1 - Загальний вид причепа



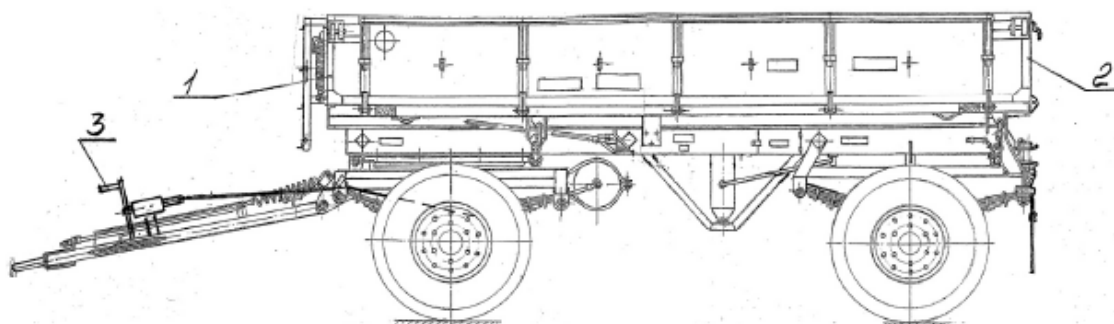
1 шасі; 2-платформа; 3-борт бічний; 4-борт передній; 6-петля шарнірна; 7-пристрій запірний; 8- з'єднання болтове; 9-світлоповертач білий; 10-заглушка

Рисунок 2 - Загальний вид причепа (вид спереду)



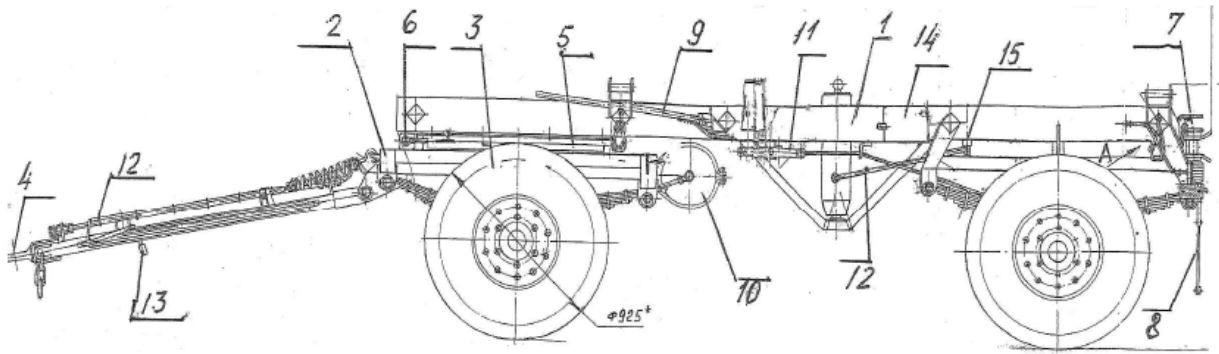
1-шасі; 2-платформа; 3-борт бічний; 5 борт задній; 6 - петля шарнірна; 7- пристрій запірний; 9-палець стопорний; 10-світлоповертач червоний; 11-ліхтар освітлення номерного знака; 12- ліхтар задній

Рисунок 3 - Загальний вигляд причепа (вид ззаду)



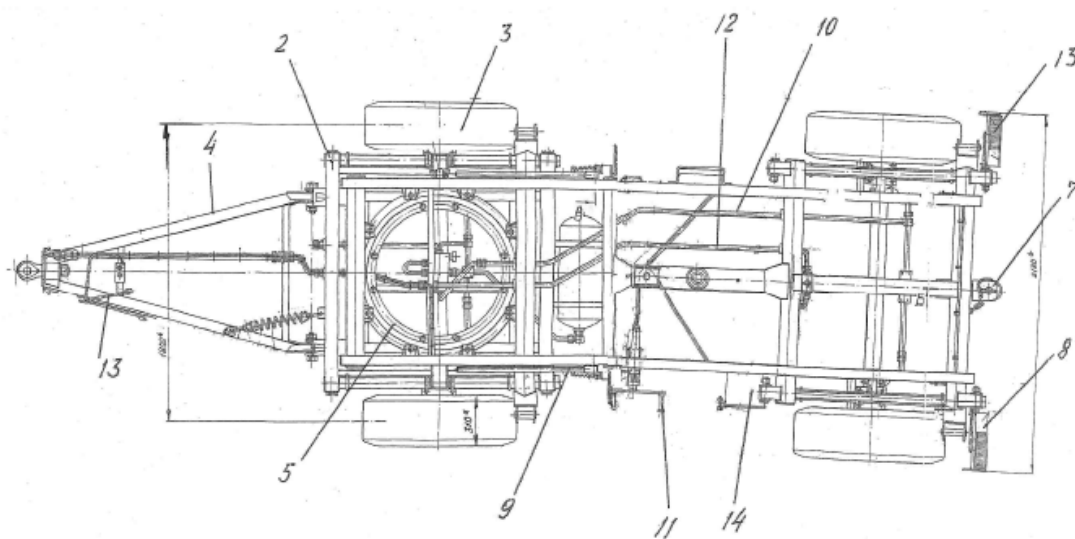
1 - борт передній; 2 - борт задній; 3 - гальмо гальмо;

Рисунок 3а - Загальний вигляд причепа 2ПТС-4,5 А



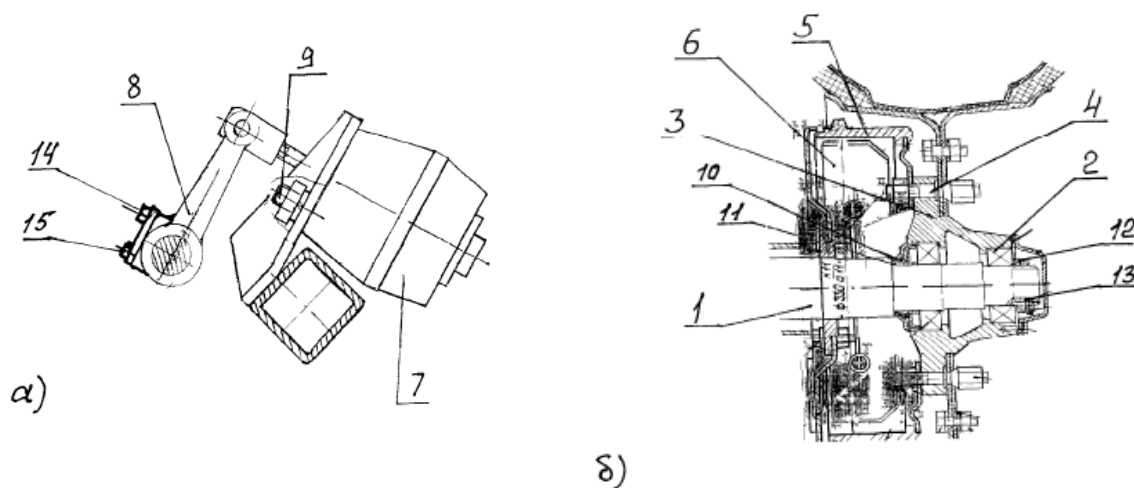
1-рама центральна; 2-рама поворотна; 3-хід колісний; 4-дишло; 5 коло поворотний; 6-рукоятка стопора поворотної рами; 7-пристрій буксирне; 8 - брызговік; 9-стійка запобіжна; 10-система гальмівна; 11-гальмо гальмо; 12-система гідравлічна; 13-електрообладнання; 14-ящик інструментальний; 15-кран обмежувальний; 16-заглушка

Рисунок 4 - Шасі причепа



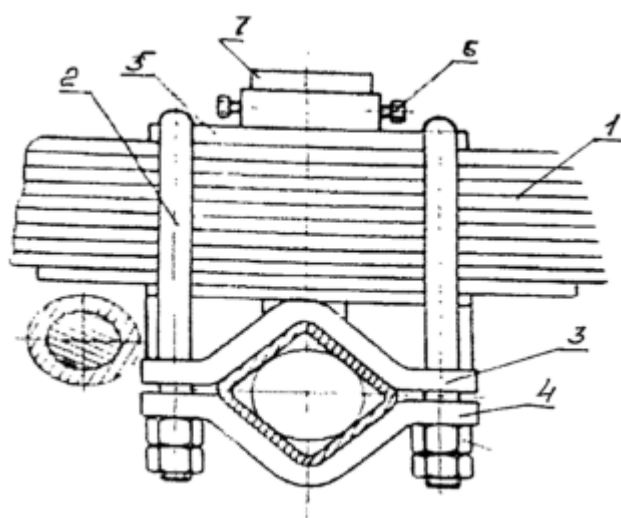
1-рама центральна; 2-рама поворотна; 3-хід колісний; 4-дишло; 5-коло поворотний; 6 рукоятка стопора поворотної рами; 7-пристрій буксирне; 8-брызговики; 9-стійка запобіжна; 10-система гальмівна; 11-гальмо гальмо; 12-система гідравлічна; 13-електрообладнання; 14-ящик інструментальний; 15-кран обмежувальний

Рисунок 5 - Шасі причепа



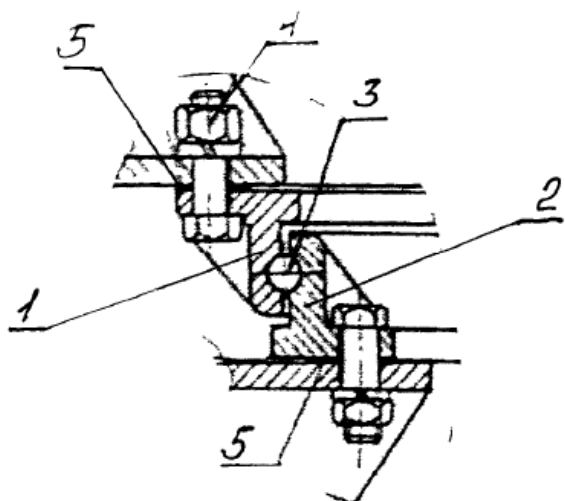
1-піввісь; 2-підшипник; 3-маточина; 4-диск; 5-барабан гальмівний; 6-колодка гальмівна; 7-камера гальмівна; 8-важіль; 9-гайка; 10-манжета; 11-втулка; 12-гайка; 13-шайба замкова; 14-регулювальний ексцентрик; 15-стопор

Рисунок 6 - Регулювання підшипникового вузла



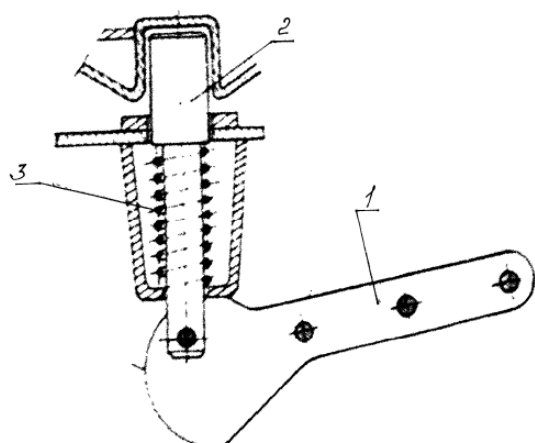
1-ресора; 2-драбина; 3-плита опорна; 4 - накладка;
5-пластина демпферна; 6-болт; 7-подушка гумова.

Рисунок 7 - Хід колісний



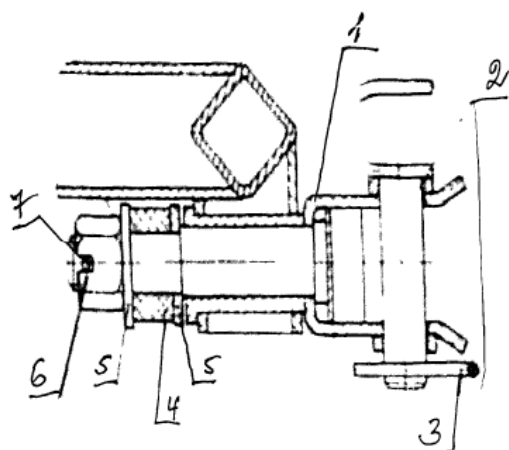
1-обід зовнішній; 2-обід внутрішній; 3-кулька (комплект); 4-з'єднання болтове; 5-шайба компенсаційна

Рисунок 8 - Коло поворотний



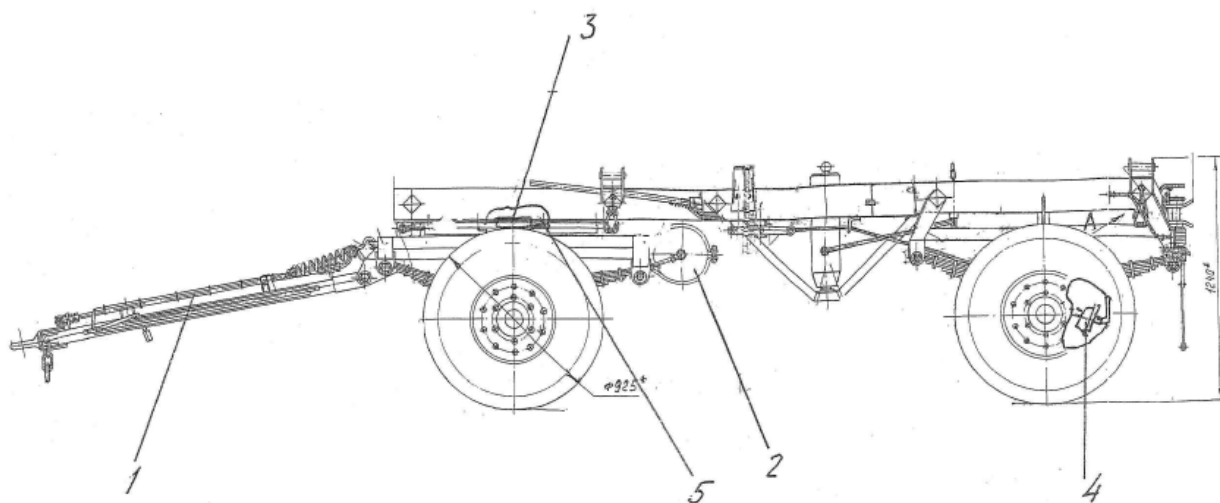
1-рукоятка; 2-палець; 3-пружина.

Рисунок 9 - Рукоятка стопора



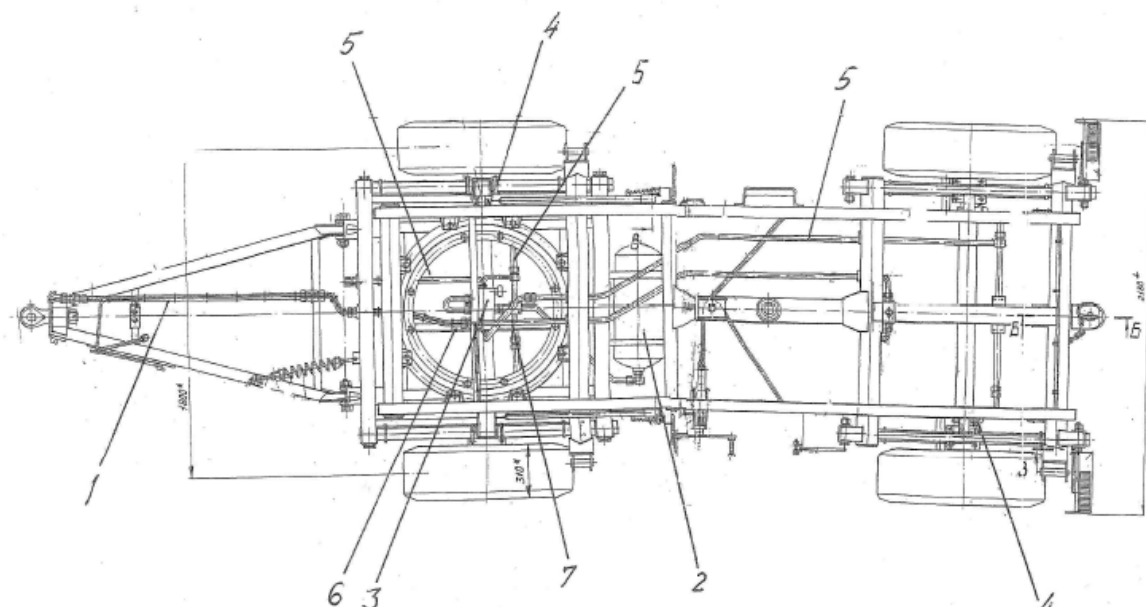
1-скоба поворотна; 2-палець; 3-фіксатор; 4-амортизатор;
5-шайба; 6-гайка; 7-шплінт

Рисунок 10 - Пристрій буксирний



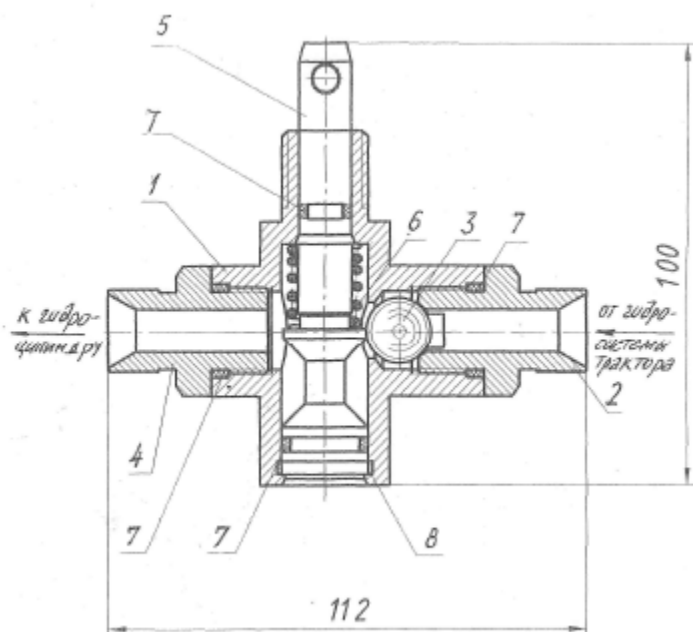
1-шланг магістральний з сполучної головою; 2- ресивер; 3-повітря розподільник; 4-камера гальмівна; 5-трубопровід

Рисунок 11 - Система пневматична



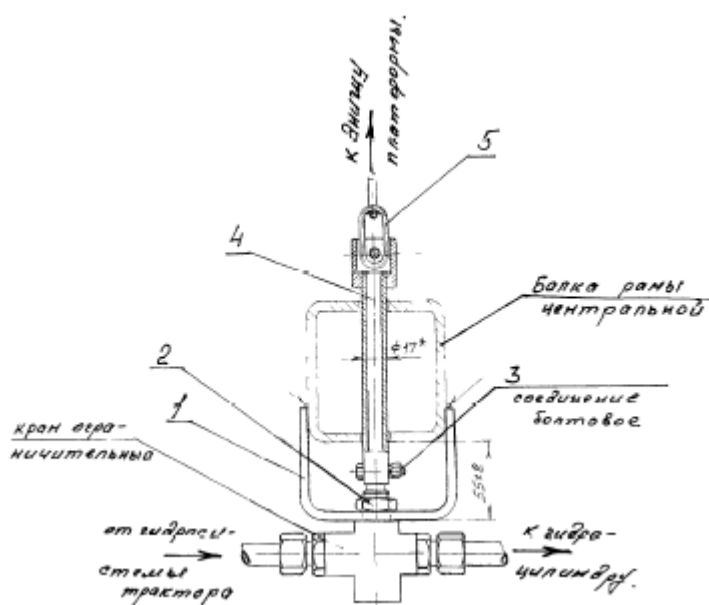
1-шланг магістральний з сполучною головою; 2-ресивер; 3-повітря розподільник; 4-камера гальмівна; 5 трубопровід; 6-кронштейн; 7-з'єднання болтове

Рисунок 12 - Система гідравлічна



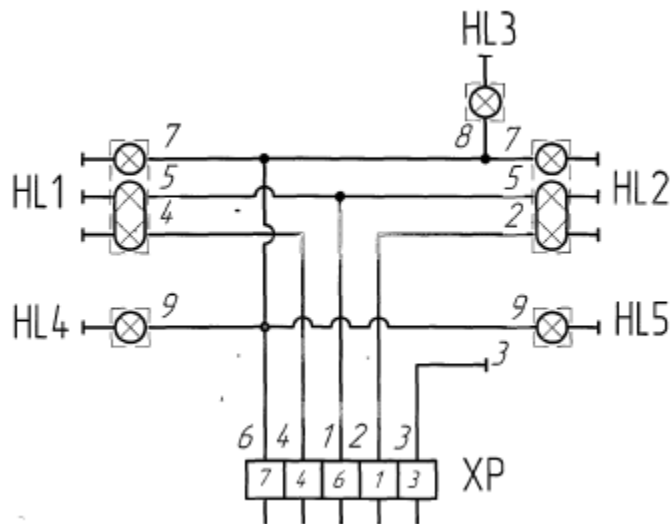
1-корпус; 2-штуцер вхідний; 3-кулька; 4-штуцер вихідний; 5-шток; 6 пружина; 7-кільце ущільнювача; 8-кільце запірний.

Рисунок 13 - Кран обмежувальний



1-скоба; 2-гайка; 3-з'єднання болтове; 4-шток; 5-тяги-ланцюжок.

Рисунок 14 Монтаж крана обмежувального



XP-вилка штепсельна, HL1-ліхтар задній багатофункціональний правий; HL2-ліхтар задній багатофункціональний лівий; HL3-ліхтар освітлення номерного знака, - HL4.HL5-подфанарнікі зі светоотражаючим пристроєм

Рисунок 15 - Схема електрична принципова

1.2 Характеристика матеріалу

Прицеп сільськогосподарської техніки будемо виготовляти з конструкційної вуглецевої сталі звичайної якості Ст3сп. Дана сталь має категорії, які мають відмінність за призначенням. Вивчивши і склавши характеристику за призначенням категорій, виберемо сталь 5 категорії, тому що листи з цієї категорії використовуються при виготовленні несучих елементах зварних конструкцій, що працюють при змінних навантаженнях: товщиною до 25мм - в інтервалі температур від -40 до + 42.5 °С, при товщині понад 25 мм в інтервалі температур від -20 до + 42.5 °С, що нам і потрібно . Хімічний склад сталі Ст3сп по ГОСТ 1050-88 наведено в таблиці 1.1.

Механічні властивості сталі Ст3сп наведені в таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі Ст3сп в%, ГОСТ 19281 – 89

вуглець	кремні	Марганець	хро	нікел	мідь	фосфо	сірк	миш'я	азот
---------	--------	-----------	-----	-------	------	-------	------	-------	------

ь	й	ь	м	ь		р	а	к	
Не більше									
від 0,14 до 0,22	від 0,15 до 0,3	від 0,4 до 0,65	0,3	0,3	0, 3	0,04	0,05	0,08	0,00 8

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі Ст3сп [2]

Межа плинності, σ_T , МПа	Тимчасовий опір розриву, σ_B , МПа	Відносне подовження, δ , %	Відносне звуження, ψ , %
230	420	25	-

Холодні тріщини - це тендітні локальні дрібно-кристалінні руйнування, що виникають за рахунок власних зварних напружень. Тріщини утворюються при температурі 100-200 ° С під час охолодження конструкції, а також протягом наступних декількох діб після зварювання. Утворення холодних тріщин при зварюванні можна розглядати як один з випадків уповільненого руйнування загартованої сталі під дією залишкових зварювальних напружень. Холодні тріщини можуть виникати іноді в шві, частіше в зоні термічного впливу. Поява тріщин пояснюється наявністю фазових і структурних перетворень, в результаті яких з'являються нестабільні тендітні структури типу мартенситу, що відрізняються високою твердістю і малою пластичністю.

1.3 Причини утворення холодних тріщин:

- виникнення гартівних структур (мартенситу в близькошовної зони і в металі шва в зв'язку з швидким переохолодженням);
- наявність усадки металу шва;
- поява зварних напружень;
- наявність дифузійно-рухомого водню.

Заходи запобігання схильності металу шва до утворення холодних тріщин:

- зачистка кромки;

- підготовка зварювальних матеріалів (прогартування електродів і флюсів)
- осушення захисного газу
- попередній, супутній підігрів.
- термічна обробка з'єднання відразу після зварювання.
- уповільнене охолодження
- вибір оптимального способу зварювання і правильна послідовність накладення швів

1.3.1 Оцінка схильності сталей до появи холодних тріщин:

Методи оцінки схильності до утворення холодних тріщин представлені в таблиці 1.3. [3]

Таблиця 1.3 - Методи оцінки схильності до утворення холодних тріщин при зварюванні

прямі методи	непрямі методи
- Машинні випробування - Методи технологічних проб - Контрольний хімічний аналіз	В рамках непрямих методів поява методів появи холодних тріщин випробовуються параметричними рівняннями, отриманні шляхом узагальнення великої кількості емпіричного матеріалу

Розрахунок оцінки стійкості стали до утворення холодних тріщин:

Розрахункові методи оцінки схильності до холодних тріщин використовують параметричні рівняння, отримані статистичною обробкою експериментальних даних. Вони пов'язують вхідні параметри (хімічний склад, режими зварювання, тип з'єднання) з вихідними параметрами (температура підігріву, показник схильності). При цьому часто важко використовувати все різноманіття чинників, що визначають утворення холодних тріщин. Імовірність появи при зварюванні холодних тріщин можна визначити за такою параметричної залежності еквівалентного змісту вуглецю: [4]

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{10} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}, \quad (1.1)$$

де С, S, Р, Мп і ін. - масові відсотки змісту елемента стали, в %.

Умови появи холодних тріщин:

Якщо $C_{екв} \leq 0,45$, отже, сталь не схильна до утворення холодних тріщин

Якщо $C_{екв} > 0,45$, то сталь схильна до утворення холодних тріщин і є обмежено-зварювальною сталлю.

$$C_{екв} = 0.22 + \frac{0.3}{24} + \frac{0.65}{6} + \frac{0.3}{5} + \frac{0.3}{10} = 0.43$$

$C_{екв} \leq 0,45$, слід, що сталь СтЗсп не схильна до утворення холодних тріщин, а значить, нам не потрібно проводити додаткові технологічні операції для підготовки металу до зварювання і подальшої термообробки.

1.3.2 Оцінка схильності металу до утворення гарячих тріщин

Гарячі тріщини (кристалічні) - це тендітні міжкристалітні зрушення металу шва і близькошовної зони, що виникає в твердорідкому стані в процесі кристалізації, а також при високих температурах в твердому стані. Такі тріщини з'являються в металі на завершальній стадії процесу кристалізації, - в інтервалі температур близьких до лінії солідус. [4]

Утворення гарячих тріщин пов'язано з наступними причинами:

- Швидкість кристалізації
- Видом кристалічної структури і ступенем розвитку всередині кристалічної ліквідації металу шва.
- Хімічного складу металу шва

Гарячі тріщини можуть виходити чи не виходити на поверхню наплавленого металу. Тріщини, що виходять на поверхню металу, легко виявляються при візуальному огляді і методами магнітної або кольорової дефектоскопії. Тріщини, розташовані всередині наплавленого металу, можуть виявлятися просвічуванням рентгенівським або гамма-променями, зондуванням ультразвуком, а при руйнуванні деталі вони ідентифікуються при дослідженні поверхні зламу або металографічна на макро- і мікрошліфах. При електрошлакових процесах тріщини утворюються зазвичай в центрі

наплавленого шару і не виходять на його поверхню. Поверхня розлому тріщини має в цьому випадку сіро-білий колір через відсутність окислювальної дії повітря на метал.

Заходи запобігання схильності металу шва до утворення гарячих тріщин:

1. зменшення частки участі основного металу в металі шва;
2. використання основного і присадочного металу з мінімальним вмістом сірки, вуглецю, фосфору і з достатньою кількістю марганцю;
3. введення в шов модифікаторів;
4. застосування режимів зварювання, що забезпечують більш сприятливу форму шва.

Розрахунок оцінки стійкості сталі до утворення гарячих тріщин

Імовірність появи при зварюванні або наплавленні гарячих тріщин можна визначити за критерієм Уілкінсона (HCS), він оцінює схильність сталей з вмістом легованих елементів не більше 10%. Формула розрахунку, яка застосована при низьколегованих зварних швах, має даний вид:

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

де C, S, P, Mn і ін. - масові відсотки вмісту елемента сталі, %.

Умовою появи гарячих тріщин для сталей з межею міцності $\sigma_B < 700$ МПа є $HCS > 4$.

Розраховуємо HCS для сталі Ст3сп за формулою (1.2)

$$HCS = \frac{0.18 \times (0.05 + 0.04 + \frac{0.23}{25} + \frac{0.3}{100}) \times 10^3}{3 + 0.5 + 0.3} = 1.02$$

У нашому випадку $HCS < 4$, значить при зварюванні сталі неможливе виникнення гарячих тріщин.

З цього випливає, що оцінку зварюваності сталі Ст3сп можна дати як хорошу. Зварні вироби, що виготовляються з цієї сталі всіма способами зварювання, мають задовільну стійкість проти кристалізаційних тріщин. Це обумовлено низьким вмістом в них вуглецю [4].

2. ТЕХНОЛОГІЯ ЗВАРЮВАННЯ ПРИЧЕПІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Зварювання - це процес отримання нероз'ємного з'єднання за допомогою встановлення міжатомних зв'язків між зварювальними частинами при їх місцевому або загальному нагріванні, або пластичній деформації, або спільній дії того чи іншого. В даний час створено дуже багато методів зварювання. Всі відомі види зварювання наведені і класифіковані в ГОСТ 19521-74 [5].

ГОСТ 19521-74 класифікує зварювальні процеси за основними фізичними, технічними і технологічними ознаками. За фізичними ознаками, в залежності від форми енергії, яка використовується. Передбачаються три види зварювання: термічне зварювання, термомеханічне зварювання і механічне зварювання.

Термічний вид зварювання включає всі методи з використанням теплової енергії (дугова зварка, газове зварювання, плазмове зварювання і т. Д.).

Термомеханічний вид об'єднує всі методи зварювання, при яких використовуються тиск і тепла енергія (контактне зварювання, дифузійне зварювання)

Механічний вид включає методи зварювання, які здійснюються за допомогою механічної енергії (холодне зварювання, зварювання тертям, ультразвукове зварювання, зварювання вибухом).

Види зварювання класифікуються за такими технічними ознаками:

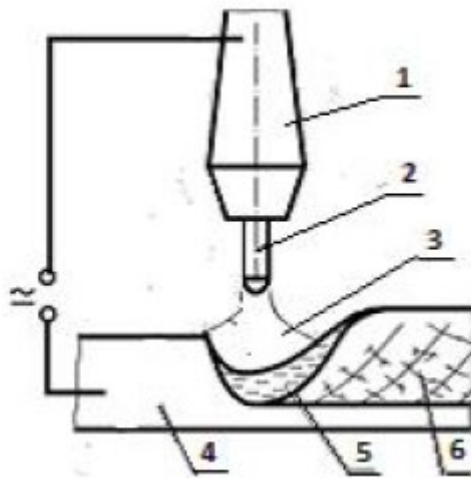
- за способом захисту металу в зоні зварювання (на повітрі, в середовищі захисного газу, у вакуумі, під шаром флюсу, з комбінованим захистом);
- за ступенем механізації (ручна, механізована, автоматизована, автоматична);
- за характером захисту металу в зоні зварювання (з струменевим захистом, в контрольованій атмосфері).

2.1 Найбільш поширені види зварювання

2.1.1 Ручне дугове зварювання

Ручне дугове зварювання може виконуватися двома способами: неплавким електродом і плавким електродом.

Схема ручного дугового зварювання неплавким електродом представлена на малюнку 16



1 - тримач електродів; 2 - неплавкий електрод; 3 дуга; 4 - основний метал; 5 -зварювальна ванна; 6 - шов

Рисунок 16 - Схема ручного дугового зварювання неплавким електродом

При ручного дугового зварювання неплавким електродом між неплавким (вугільним або графітовим) електродом і виробом збуджують дугу. Краї виробу і присадочний матеріал, який вводиться в зону дугою нагріваються до плавлення, утворюється ванна розплавленого металу. Після затвердіння метал у ванні утворює зварний шов. При зварюванні вугільним електродом дуга горить в парах вуглецю. Цей спосіб використовується при зварюванні кольорових металів і їх сплавів, а також при наплавленні твердих сплавів. [6]

Переваги ручного дугового зварювання неплавким електродом:

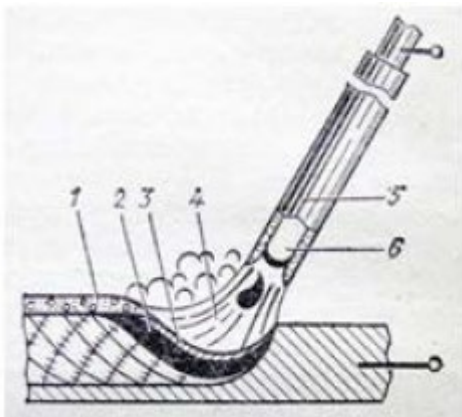
- можливість зварювання активних металів (алюміній, мідь, титан);
- можливість зварювання деталей з металу невеликої товщини;
- висока концентрація теплової енергії, висока температура дугою (2000°-4000°С);
- «чистий» процес, немає чадних хімічних елементів.

Недоліки ручного дугового зварювання неплавким електродом:

- потрібно дуже висока кваліфікація зварників;
- відносно низька продуктивність процесу;

- неможливість зварювання на відкритому повітрі.

При ручному дуговому зварюванні електродом, що плавиться використовується так званий штучний електрод з покриттям-обмазкою. Цей спосіб є основним при ручному зварюванні. Електрична дуга збуджується аналогічно першому способу, але розплавляє і електрод, і крайки виробу. Виходить загальна ванна рідкого металу, яка, охолоджуючись, утворює шов. Схема ручного дугового зварювання електродом, що плавиться представлена на малюнку 17.



1 - закристалізувавшийся шлак; 2 - закристалізувавшийся метал зварного шва; 3 розплавлений метал зварювальної ванни; 4 - зварювальна дуга

Рисунок 17 - Схема ручного дугового зварювання електродом, що плавиться

Для отримання якісного з'єднання за допомогою ручного дугового зварювання необхідно правильно вибрати зварювальні електроди, виставити режими і застосувати правильну техніку зварювання. Недоліком ручного зварювання є велика залежність від досвіду та кваліфікації зварника, незважаючи на хорошу зварюваність розглянутих сталей.

Зварювальні електроди слід вибирати виходячи з типу зварюваної сталі і призначення конструкції. Для цього можна скористатися каталогом електродів, де зберігаються паспортні дані безлічі марок електродів.

Переваги ручного дугового зварювання електродом, що плавиться:

- найбільш мобільний вид зварювання;

- можливість зварювання з надійним захистом зварювальної ванни на монтажі (відкрите повітря);

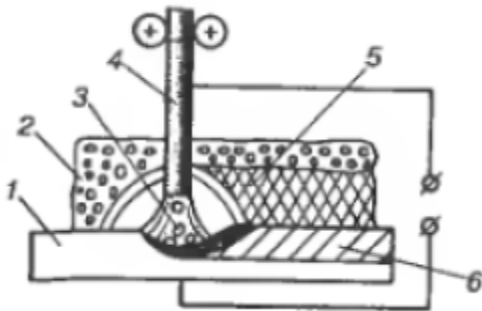
- можливість зварювання у важкодоступних місцях;
- широкий вибір пропонованих марок електродів.

Недоліки ручного дугового зварювання електродом, що плавиться:

- якість шва залежить від кваліфікації і самопочуття зварника;
- низька продуктивність процесу;
- великий об'єм тепловкладень;
- наявність великої кількості недогарків.

2.1.2 Автоматичне зварювання під флюсом

Особливістю процесу автоматичного дугового зварювання під флюсом є застосування непокритого зварювального дроту і гранульованого (зернистого) флюсу. Схема автоматичного дугового зварювання під флюсом представлена на малюнку 18.



- 1 - основний метал; 2 - флюс; 3 - зварювальна дуга; 4 - електродний дріт;
5 - закристалізований шлак; 6 - зварювальний шов

Рисунок 18 - Схема автоматичного зварювання під флюсом

Зварювання ведуть закритою дугою, що горить під шаром флюсу в просторі газового міхура, що утворюється в результаті виділення парів і газів в зоні дуги.

Зверху зварювальна зона обмежена плівкою розплавленого шлаку, знизу - зварювальною ванною. Дуга горить поблизу переднього краю ванни, дещо відхиляючись від вертикального положення в сторону, зворотно напрямку

зварювання. Під впливом тиску дуги рідкий метал також відтісняється в сторону протилежну напрямку зварювання, утворюючи кратер зварювальної ванни. Під дугою знаходиться тонкий прошарок рідкого металу, від товщини якого багато в чому залежить глибина проплавлення. Розплавлений флюс, що потрапляє в ванну, внаслідок значно меншої щільності спливає на поверхню розплавленого металу шва і покриває його щільним шаром захисного шлаку. [8]

Ще однією особливістю зварювання низьколегованих сталей під флюсом полягають в його проведенні на постійному струмі зворотної полярності. Сила току при цьому не повинна перевищувати 800 А, напруга на дузі - не більше 40 В, швидкість зварювання змінюють в межах 13 - 30 м / ч. Одностороннє однопровідне зварювання застосовують для з'єднань товщиною до 8 мм і виконують на сталевій підкладці, або флюсовій подушці. Максимальна товщина з'єднань без оброблення крайок, що зварюються двосторонніми швами, не повинна перевищувати 20 мм. Для стикових з'єднань без скосу кромek (односторонніх або двосторонніх) використовують дріт марки Св-08ХН2М, так як шви в цьому випадку мають надмірно високу міцність і недоцільно застосовувати більш легований дріт для таких з'єднань. [6]

Переваги дугового зварювання під флюсом:

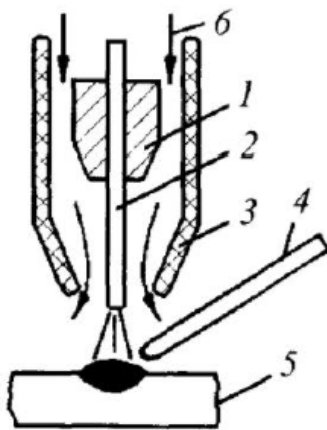
- отримання швів з високими механічними властивостями;
- глибоке проплавлення металу, який зварюється;
- висока продуктивність процесу.

Недоліки дугового зварювання під флюсом:

- труднощі зварювання деталей невеликої товщини і при зварюванні протяжних швів;
- неможливість виконання швів в положенні, відмінних від нижнього;
- утруднене візуальне спостереження за процесом.

2.1.3 Зварювання в захисному газі

Сварка в захисних газах - спосіб, при якому захист зони дуги від шкідливого впливу повітря здійснюється газом. В якості захисних газів використовують інертні (аргон і гелій), які не взаємодіють зі зварюваним металом, і активні гази (вуглекислий газ, азот і ін.), які взаємодіють зі зварюваним металом. Зварювання в захисних газах виробляється неплавким або плавким електродом. Схема дугового зварювання неплавким електродом представлена на малюнку 19.



1 - мундштук; 2 - електрод; 3 - сопло; 4 - присадний пруток; 5 - виріб; 6 - захисний газ

Рисунок 19 - Схема дугового зварювання неплавким електродом

При зварюванні в захисних газах неплавким (вольфрамовим) електродом зварювальний шов формується за рахунок металу розплавлених кромek виробу. При необхідності в зону дуги подається присадочний матеріал.

У зоні зварювання здійснюється нагрів основного і присадочного матеріалу до рідкого стану теплотою електричної дуги, що горить між неплавким електродом і основним металом. У зварювальній ванні основний і присадний метали перемішуються і взаємно розчиняються. Розплавлений метал в зоні зварювання захищений газом від взаємодії з навколишнім середовищем.

[9]

Деталі товщиною до 2 мм зазвичай зварюють без присадочного металу. При товщині більше 2 мм в дугу подається присадний дріт. Хімічний склад присадочного матеріалу повинен бути близький до складу основного металу.

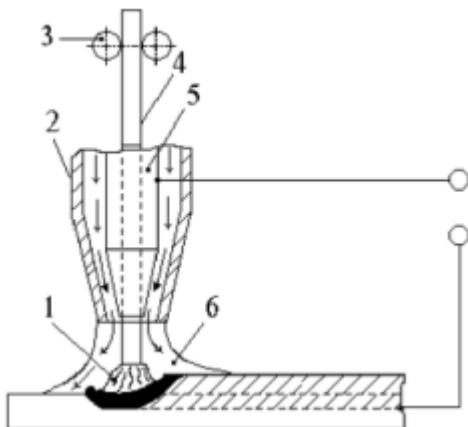
Переваги способу зварювання неплавким електродом:

- Висока стійкість дуги незалежно від роду (полярності) струму;
- Можливе отримання металу шва з часткою участі основного металу від 0 до 100%;
- Змінюючи швидкість подачі і кут нахилу, профіль, марку присадного дроту можна регулювати хімічний склад металу шва і геометричні параметри зварного шва.

Недоліки способу зварювання неплавким електродом:

- Низька ефективність використання електричної енергії (коефіцієнт корисної дії від 0,40 до 0,55);
- Необхідність в пристроях, що забезпечують початкове збудження дуги;
- Висока швидкість охолодження зварного з'єднання

При зварюванні в захисних газах електродом, що плавиться, електродний дріт який подається в зону дуги розплавляється, і бере участь в утворенні шва. Схема дугового зварювання в захисному газі електродом, що плавиться представлена на малюнку 20.



1 - електрична дуга; 2 - газове сопло; 3 ролики що подаються; 4 - електродний дріт; 5 -струмопідводящий мундштук; 6 - захисний газ

Рисунок 20 - Схема дугового зварювання в захисному газі електродом, що плавиться

Переваги дугового зварювання електродом, що плавиться в захисному газі:

- висока щільність потужності, що забезпечує відносно вузьку зону термічного впливу;
- можливість металургійного впливу на метал шва за рахунок регулювання складу дроту і захисного газу;
- широкі можливості механізації і автоматизації процесу зварювання;
- висока продуктивність зварювального процесу
- можливість зварювання різних матеріалів товщиною від часток мм до десятків і сотень мм у всіх просторових положеннях

До недоліків способу в порівнянні зі зварюванням під флюсом відноситься необхідність застосування захисних заходів проти світлової і теплової радіації дуги.

2.2 Обґрунтування вибору способу зварювання

Проаналізувавши конструкцію причепа сільськогосподарської техніки, ми бачимо, що зварювання причепа має однаковий алгоритм технології, ми можемо зробити вибір, що найдоцільніше буде використовувати автоматичні, а ще краще роботизовані способи зварювання.

Також на вибір способу зварювання впливає і обсяг виробництва. Так як продуктивність велика, раціональніше буде вибрати роботизоване зварювання в середовищі захисних газів.

Роботизоване зварювання в середовищі захисних газів підходить нам найбільше, адже даний спосіб зварювання може гарантувати нам підвищення як якісного, так і кількісного показників, що дуже сприятливо позначиться на виробництві в цілому.

При даному способі зварювання необхідно дотримуватися такі операції як: забезпечення і перевірка точності складання виробу, жорстке

позиціонування виробу і монтування такої додаткової опції, як система стеження за звареним швом.

Перевагою роботизованого зварювання в середовищі захисних газів є забезпечення якісного зварного шва і товарного вигляду в загальному. За рахунок цього ми отримуємо економію часу, тому що додаткової обробки швів практично не потрібно. Якщо правильно підібрати режим зварювання, то в результаті ми отримаємо відсутність бризок розплавленого металу і також уникнемо небажаної лускатості на поверхні зварного шва.

Так само перевагою застосування даного способу зварювання є широка наявність спектра серійного зварювального устаткування що випускається і легкість роботизації процесів.

2.3 Вибір зварювальних матеріалів

2.3.1 Вибір захисного газу

Вибирають захисний газ, спираючись на рід зварювальних матеріалів, технологічних завдань, технічних вимог, що пред'являються до зварних з'єднань і інших умов. Захисні гази поділяються на інертні, активні і їх суміші.

Інертні гази - це ті гази, які хімічно взаємодіють з металом і не розчиняються в ньому. Використовуються в якості інертних газів аргон (Ar), гелій (He) і суміші цих газів. Інертні гази застосовують для зварювання хімічно активних металів, коли потрібно отримати однорідний за складом з основним і присадним металом зварений шов (високолеговані сталі і ін.). Крім того, інертні гази забезпечують захист зварювального металу і дуги, не даючи небажаного металургійного впливу на метал і шов.

Аргон поставляється по ГОСТ 10157-79 «Аргон газоподібний» наступних сортів з вмістом аргону не менше (%):

- вищого сорту (99,99),
- 1-го сорту (99,98),
- 2-го сорту (99,95),
- інше -кислород (0,005), азот (0,004), волога (0,03).

Гелій випускають по МРТУ 51-04-23-64 складів (%):

- марка I (99,6-99,7),
- марка II (98,5-99,5),
- інше - азот.

Аргон і гелій постачають в балонах місткістю 40 л під тиском 15 МПа. Балон для аргону забарвлений в сірий колір, напис зеленого кольору; балон для гелію - коричневий, напис білого кольору. У зв'язку з тим, що гелій в 10 разів легше аргону, витрата гелію при зварюванні збільшується в 1,5-2 рази. По відношенню до міді інертним є також азот (N_2), який поставляється по ГОСТ 9293-74 «Азот газоподібний і рідкий» в газоподібному стані чотирьох сортів (склад,%):

- вищий -99,9;
- 1-й -99,5;
- 2-й -99,0;
- 3-й -97,0;
- інше -прімесі.

Активні гази - це гази, які вступають в хімічну взаємодію із зварювальним металом і розчиняються в ньому (вуглекислий газ, пари води, водень і т.д.). Вуглекислий газ є основним захисним активним газом, він поставляється по ГОСТ 8050 - 76 «Двоокис вуглецю газоподібний і рідкий». Використовують вуглекислий газ при зварюванні чистотою 99,5%. Цей газ зберігають і транспортують в рідкому вигляді і переважно в сталевих балонах ємністю 40л під тиском 6,0 - 7,0 МПа. У балоні знаходиться 60 -80% рідкої вуглекислоти, а решта – газ, який випарувався. Балон чорного кольору з жовтим написом. [10]

Але окремі гази поступаються технологічними властивостями суміші газів. Наприклад, суміш вуглекислого газу з киснем (2-5%) сприяє дрібнокрапельному переносу металу, зменшує розбризкування (на 30-40%), поліпшує формування шву. Суміш з 70% He та 30% Ar збільшує

продуктивність зварювання алюмінію, покращує формування шву і дозволяє зварювати за один прохід метал більшої товщини.

Найбільш поширеними при зварюванні сталей є такі захисні газові суміші:

- суміш аргону з вуглекислим газом;
- суміш аргону з киснем;
- суміш вуглекислого газу з киснем.

Суміш аргону з киснем

Газова суміш аргону з киснем зазвичай використовується при зварюванні легованих і низьковуглецевих сталей. Додавання до аргону невеликої кількості кисню дозволяє запобігти пористості.

Суміш вуглекислого газу з киснем

При додаванні до вуглекислого газу кисню знижується розбризування при зварюванні, поліпшується формування шву, збільшується виділення тепла, що в деякій мірі підвищує продуктивність зварювання. З іншого боку, в результаті підвищеного окислення погіршуються механічні властивості швів.

Суміш аргону з вуглекислим газом

Застосування суміші аргону і вуглекислого газу (зазвичай 18-25%) ефективно при зварюванні низьковуглецевих і низьколегованих сталей. У порівнянні зі зварюванням у чистому аргоні або вуглекислому газі легше досягається струменеве перенесення електродного металу. Зварні шви більш пластичні, ніж при зварюванні в чистому вуглекислому газі. У порівнянні зі зварюванням у чистому аргоні менше ймовірність утворення пор.

В останні роки широкого застосування, в якості захисних газів, отримала суміш вуглекислого газу з киснем. Додатки кисню дозволяють зменшити концентрацію легуючих елементів в металі шву, за рахунок збільшення окислювальної дії газового середовища на розплавлений метал. Крім того, зменшується розбризування металу і підвищується його рідкоплинність. Пов'язуючи водень, кисень зменшує його вплив на утворення пор.

При додаванні у вуглекислий газ аргону, змінюються технологічні властивості дуги (форма шва, стабільність дуги, глибина проплавлення і т. п.), Так само дана добавка дозволяє регулювати концентрацію легуючих елементів в металі шва. [11]

Для даної конструкції при зварюванні в захисних газах, вибираємо суміш вуглекислого газу і аргону. У порівнянні зі зварюванням у чистому аргоні або вуглекислому газі легше досягається струменеве перенесення електродного металу. Зварні шви більш пластичні, ніж при зварюванні в чистому вуглекислому газі. У порівнянні зі зварюванням у чистому аргоні менше ймовірність утворення пор. Суміш аргону з вуглекислим газом значно дешевше, ніж чистий аргон. Даний вибір пояснюю ще тим, що при зварюванні в суміші Corgon є цілий ряд переваг технологічних, економічних і екологічних:

- найкраща форма зварного шва і зовнішній вигляд деталей;
- вище міцність зварних швів, значить, вище ударна в'язкість;
- менше тепловкладення, отже, менше викривлення виробів;
- менше розбризкування металу при зварюванні, менше часу витрачається на зачистку виробу після зварювання;
- менше поверхневого шлаку. Простіше обробка поверхонь під фарбування або оцинкування;
- відсутність різких зламів і концентраторів напружень;
- менше ризик прожога тонкостінних деталей, що в нашому випадку не маловажно;
- можлива велика швидкість зварювання. Менші терміни виготовлення готових виробів;
- більш економне використання дорогого зварювального дроту;
- висока стабільність дуги. Більший допустимий діапазон регулювань;
- менше браку. Навіть менш кваліфіковані зварювальники виконують якісне зварювання деталей;
- зниження рівнів шуму та запилення робочого середовища;

- зниження валових виділень зварювальних аерозолів, диму і шкідливих газів.

У зв'язку з цим зварювання стали Ст3сп будемо виробляти в суміші аргону з вуглекислим газом, в співвідношенні Ar: CO₂ (80:20)% (Corgon-20).

2.3.2 Вибір зварювального дроту

Вибір зварювальних матеріалів при зварюванні вуглецевих і низьколегованих сталей обумовлений забезпеченням стійкості металу шва до утворення гарячих і холодних тріщин і вимогами до механічних і експлуатаційних властивостей металу шва.

Характеристика зварювального дроту

Зварювальний дріт при зварюванні в суміші захисних газів вибирають за принципом, щоб дріт містив знижену кількість вуглецю і підвищений вміст розкиснених елементів (марганець, кремній). Але головне, щоб дріт по хімічному складу максимально збігався з хімічним складом основного металу.

Для зварювання робочого колеса вентилятора зі сталі Ст3сп вибираємо дріт Св - 08Г2С. Хімічний склад низьковуглецевого дроту Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 наведено в таблиці 1.4 [12].

Таблиця 1.4 - Хімічний склад дроту Св-08Г2С

вуглець	кремній	Марганець	хром	нікель	сірка	фосфор
від 0,5 до 0,11	від 0,7 до 0,95	від 1,80 до 2,95	до 0,12	Не більше 0,25	Не більше 0,025	Не більше 0,03

Даний дріт, завдяки своїм високим зварювально-технологічним властивостям забезпечує надійність з'єднання. Застосовується дріт Св-08Г2С для зварювання маловуглецевих і низьколегованих сталей. Діаметр дроту варіюється 0,8 - 8,0 мм.

2.4 Розрахунок режимів зварювання

Нам слід розрахувати режими зварювання робочого колеса вентилятора. Для даного виробу ми будемо проводити зварювання наступних сполук:

- Таврове з'єднання зварювання лопаток вентилятора з кільцем і заднім диском;
- кутове з'єднання зварювання корпусу з кільцем.

2.4.1 Розрахунок режиму зварювання таврового з'єднання

Потрібно розрахувати наступні параметри режимів зварювання:

- 1) діаметр електродного дроту $d_{e.п.}$;
- 2) швидкість зварювання $V_{св.}$;
- 3) швидкість подачі електродного дроту $V_{e.п.}$
- 4) зварювальний струм $I_{св.}$;
- 5) напруга на зварювальній дузі U_d .

Відомості про тип з'єднання, шов і форму підготовки кромки будемо брати по ГОСТ 14771-76, дугова зварка в захисному газі, з'єднання зварні, основні типи, конструктивні елементи і розміри. А саме фрагмент з ГОСТ 14771-76 Таврове одностороннє з'єднання без скошу кромки (Т1), представлений на малюнку 21. [13]

Размеры, мм

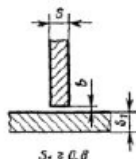
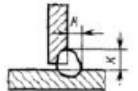
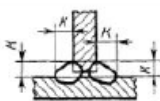
Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.
T1			ИНп, ИП, УП	0,8 - 3,0	0	+ 0,5
				3,2 - 5,5		+ 1,0
T3				6,0 - 20,0		+ 1,5
				22,0 - 40,0		+ 2,0

Рисунок 21 - Фрагмент ГОСТ 14771-76

Розрахуємо площу наплавленого металу, маючи такі дані:

де S - це товщина металу, $S = 4$ мм;

b - зазор, $b = 0 + 1,0$ мм;

k - катет шва, $k = 4$ мм.

Розрахунок проведений за такою формулою:

$$F_H = 0.5k^2 + 1.05k \quad (1.3)$$

$$F_H = 0.5 \times 4^2 + 1.05 \times 4 = 12.2 \text{ мм}^2$$

Тепер маючи значення площі наплавленого металу, можемо розрахувати режими зварювання. [14]

Знайдемо діаметр електродного дроту за такою формулою:

$$d_{\text{е.п.}} = k_d \times F_H^{0.625} \quad (1.4)$$

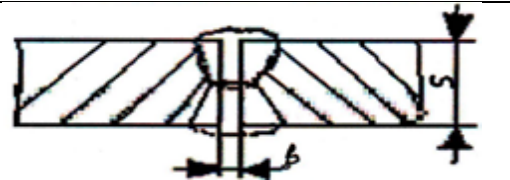
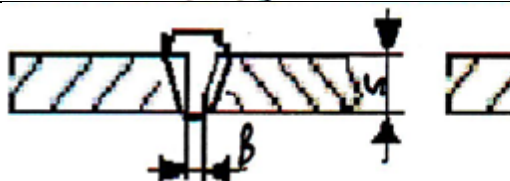
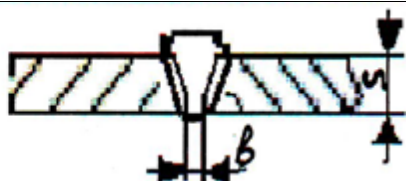
де k_d - коефіцієнт вибираємо в залежності від положення шва і способу зварювання за рівнем автоматизації, дорівнює 0,25. [14]

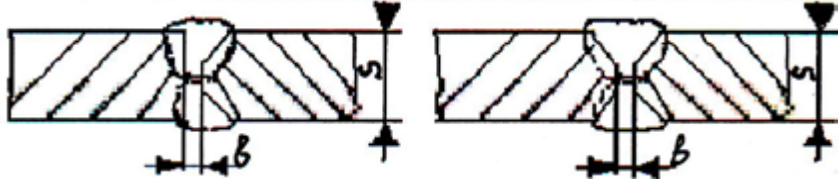
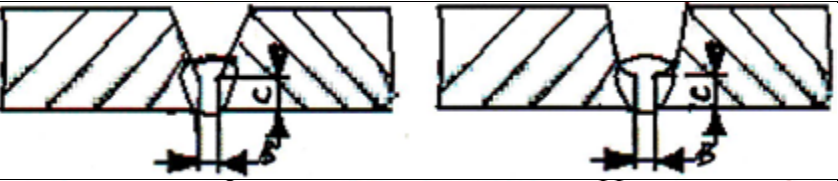
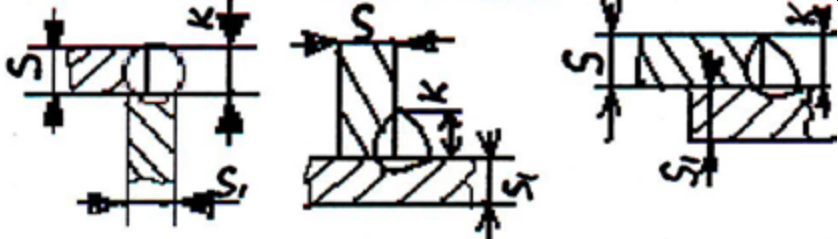
$$d_{\text{е.п.}} = 0.25 \times 12.2^{0.625} = 1.19 \text{ мм}$$

Приймаємо величину діаметра електродного дроту рівної 1 мм.

Розрахуємо глибину проплавлення h_p , підібравши формулу по таблиці 1.5:

Таблиця 1.5 - Визначення розрахункової глибини проплавлення при механізованому та автоматичному зварюванні

варіант	Ескіз шва і форми підготовки крайок	Формула для визначення розрахункової глибини проплавлення
1		$h_p = S - 0,5b$
2		$h_p = 0,6S - 0,5b$
3	 	$h_p = 0,7S - 0,5b$

4		$h_p = 0,35S - 0,5b$
5		$h_p = C - 0,5b$
6		$h_p = (0,7 \dots 1,1)K,$ $K \leq 1,2S$

$$h_p = (0,7 \dots 1,1)S \quad (1.5)$$

$$h_p = 0,85 \times 4 = 3,4 \text{ мм}$$

Наступним можемо розрахувати зварювальний струм за формулою:

$$I_{CB} = \frac{h_p}{k_h} \times 100 \quad (1.6)$$

де значення K_h приймаємо $= 2,1$ по таблиці, фрагмент якої наведено в таблиці 1.6. [6]

Таблиця 1.6 - Фрагмент таблиці значень K_h в залежності від умов проведення зварювання

Марка флюсу або захисний газ	Діаметр електродного дроту	kh , мм/100 А		
		Змінний струм	Постійний струм	
			пряма полярність	Зворотній полярність
АН-348А	5	0,95	0,85	1,05
	6	0,90	-	-
Вуглекислий газ	1,2	-	-	2,10
	1,6	-	-	1,75
	2,0	-	-	1,55
	3,0	-	-	1,45
	4,0	-	-	1,35

	5,0	-	-	1,20
--	-----	---	---	------

$$I_{CB} = \frac{3.4}{2.1} \times 100 = 161 \pm 5A$$

При зварюванні в суміші захисних газів величина коефіцієнта наплавлення може відрізнятися від величини коефіцієнта розплавлення, в зв'язку з втратами електродного металу. Слід знайти коефіцієнт розплавлення α_p :

$$\alpha_p = 1.21 \times J_{CB}^{(0.32)} \times L_E^{(0.38)} \times d_{E.П}^{(-0.64)} \quad (1.7)$$

де L_E - це довжина вильоту електрода, яку можна обчислити за такою формулою:

$$L_E = 10 \times d_{E.П} = 10 \times 1 = 10 \text{ мм} \quad (1.8)$$

Тепер маючи всі значення, можна розрахувати формулу 1.7:

$$\begin{aligned} \alpha_p &= 1.21 \times 161^{(0.32)} \times 10^{(0.38)} \times 1^{(-0.64)} = 1.21 \times 5.08 \times 2.39 \times 1 \\ &= 14.69 \text{ г/Агод} \end{aligned}$$

Потім розрахуємо величину коефіцієнта наплавлення:

$$\begin{aligned} \alpha_H &= \alpha_p \times \frac{100-\varphi}{100} \quad (1.9) \\ \alpha_H &= 14.69 \times \frac{100 - 3.2}{100} = 14.2 \text{ г/Агод} \end{aligned}$$

де φ - коефіцієнт втрат, рівний 3,2% [16].

Наступний пункт розрахунку - швидкість зварювання по даній формулі:

$$\begin{aligned} V_{CB} &= \frac{\alpha_H \times I_{CB}}{3600 \times \rho \times F_H} \quad (1.10) \\ V_{CB} &= \frac{14.2 \times 161}{3600 \times 7.8 \times 0.12} = 0.68 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 24.48 \text{ м/год} \end{aligned}$$

де ρ - це постійна величина, дорівнює 7,8.

Розрахуємо напругу на дузі за такою формулою:

$$\begin{aligned} U_d &= 14 + 0.05 \times I_{CB} \quad (1.11) \\ U_d &= 14 + 0.05 \times 161 = 22.05 \pm 5V \end{aligned}$$

Залишилося провести розрахунок швидкості подачі електродного дроту:

$$V_{E.П.} = \frac{F_H \times V_{CB} \times (1 + \varphi_p)}{F_{E.П.}} \quad (1.12)$$

де $F_{e.п.}$ - площа перерізу електродного дроту.

Перетворимо формулу і отримаємо такий вигляд:

$$V_{e.п.} = \frac{F_H \times V_{CB} \times (1 + \varphi_p)}{\pi \times d_{e.п.}^2}$$

$$V_{e.п.} = \frac{4 \times 12.2 \times 0.68 \times (1 + 0.03)}{3.14 \times 1^2} = 10.8 \text{ см/с} = 388 \text{ м/год}$$

Розрахуємо витрати газу:

$$q = 0.0033 \times I_{CB}^{0.75} \quad (1.13)$$

$$q = 0.0033 \times 161^{0.75} = 15 \text{ л/хв}$$

Ми зробили розрахунок режимів зварювання для таврового з'єднання.

Зведемо всі дані в таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 - Режими зварювання таврового з'єднання

q	$I_{св}$	$d_{e.п.}$	φ_n	φ_p	$V_{э.п.}$	$V_{св}$	Le	U_d
л/хв	А	мм	г/Агод	г/ Агод	м/год	м/год	мм	В
15	161 ± 5	1	14,2	14,6	388	24,4	10	22 ± 5

2.4.2 Розрахунок режимів зварювання для кутового з'єднання

Потрібно розрахувати наступні параметри режимів зварювання:

- 1) діаметр електродного дроту $d_{e.п.}$.;
- 2) швидкість зварювання $V_{св}$.;
- 3) швидкість подачі електродного дроту $V_{e.п.}$.
- 4) зварювальний струм $I_{св}$.;
- 5) напруга на зварювальній дузі U_d .

Відомості про з'єднання будемо брати по ГОСТ 23518-79, дугова зварка в захисних газах, з'єднання зварні під гострими і тупими кутами, основні типи, конструктивні елементи і розміри. Фрагмент ГОСТ 23518-79 з'єднання У1 продемонстрований на малюнку 22. [15].

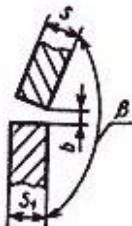
Конструктивные элементы		Способ сварки	S	e , не более					
подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			β , град					
				179-160	159-136	135-91	89-61	60-46	45-5
		ИН	От 0,5 до 1,0	$S + 5$	$S + 6$	$S + 6$	$S + 4$	$1,75 S + b$	$2 S + b$
			Св. 1,0 до 2,0						

Рисунок 22 - Фрагмент з'єднання У1 по ГОСТ 23518-79

де S - товщина металу, $S = 2$ мм;

β - кут нахилу пластини, $\beta = 135^\circ$;

b - відстань між зварюються пластинами, $b = 0 + 0,5$ мм;

g - висота шва, $g = 1,0 + 0,5$ мм;

e - ширина шва, $e = S + 6 = 8$ мм,

z - притуплення крайок, $z = 0$ мм.

Ескіз площі наплавленого металу наведено на малюнку 23.

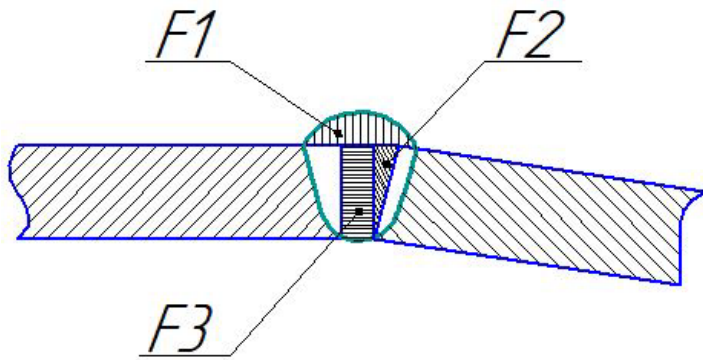


Рисунок 23 - Ескіз площі наплавленого металу з'єднання У1 по ГОСТ 23518-79

Розрахуємо площу наплавленого металу за такою формулою:

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 \quad (1.14)$$

Значення F_1 , F_2 і F_3 знайдемо за формулами:

$$F_1 = 0.73 \times e \times g \quad (1.15)$$

$$F_1 = 0.73 \times 8 \times 1 = 5.84 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{f^2}{2} \times \tan 50^\circ$$

$$\text{де } f = S - c = 2 - 0 = 2$$

$$F_2 = \frac{2^2}{2} \times 1.2 = 2.4 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = b \times S \quad (1.17)$$

$$F_3 = 0.5 \times 2 = 1 \text{ мм}^2$$

Підставляємо значення в формулу (1.14):

$$F_H = 5.84 + 2.4 + 1 = 9.24 \text{ мм}^2$$

Маючи величину площі наплавленого металу, можемо приступити до розрахунків режимів зварювання. Почнемо з визначення діаметра електрода:

$$d_{\text{е.п.}} = k_d \times F_H^{0.625} \quad (1.18)$$

де k_d - коефіцієнт рівний 0,25. [14]

$$d_{\text{е.п.}} = 0.25 \times 9.24^{0.625} = 0.25 \times 4.0137 = 1.0025 \text{ мм}$$

$d_{\text{е.п.}}$ - приймаємо рівним 1 мм

Для розрахунку глибини проплавлення застосовуємо формулу 3 з таблиці 1.6, тому що між зварювальними пластинами є невеликий кут нахилу. Розрахуємо глибину проплавлення за формулою:

$$h_p = 0.7S - 0.5d \quad (1.19)$$

$$h_p = 0.7 \times 2 - 0.5 \times 0 = 1.4 \text{ мм}$$

Розрахуємо зварювальний струм за такою формулою:

$$I_{CB} = \frac{h_p}{k_h} \times 100 \quad (1.20)$$

Визначити kh можемо за допомогою таблиці, яка представлена на малюнку 2.7.

kh - приймаємо рівним значенню 2,1

Тепер можемо розрахувати зварювальний струм за формулою (1.20):

$$I_{CB} = \frac{1.4}{2.1} \times 100 = 66 \pm 5A$$

Потім розрахуємо величину коефіцієнта розплавлення:

$$\alpha_p = 1.21 \times J_{CB}^{(0.32)} \times L_E^{(0.38)} \times d_{E.П}^{(-0.64)} \quad (1.21)$$

$$L_E = 10 \times d_{E.П} = 10 \times 1 = 10 \text{ мм}$$

$$\alpha_p = 1.21 \times 66^{(0.32)} \times 10^{(0.38)} \times 1^{(-0.64)} = 1.21 \times 3.8 \times 2.39 \times 0.64 = 14.25 \text{ г/Агод}$$

Розрахуємо коефіцієнт наплавлення:

$$\alpha_H = \alpha_p \times \frac{100-\varphi}{100} \quad (1.22)$$

$$\alpha_H = 14.25 \times \frac{100 - 3.2}{100} = 13.8 \text{ г/Агод}$$

Швидкість зварювання знайдемо за такою формулою:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \times I_{CB}}{3600 \times \rho \times F_H} \quad (1.23)$$

де ρ - це постійна величина рівна 7,8

$$V_{CB} = \frac{13.8 \times 66}{3600 \times 7.8 \times 0.09} = 0.36 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 12.9 \text{ м/год}$$

Розрахуємо напругу на дузі за формулою:

$$U_d = 14 + 0.05 \times I_{CB} \quad (1.24)$$

$$U_d = 14 + 0.05 \times 66 = 17.3 \pm 5B$$

Тепер можемо розрахувати швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{\text{Е.П.}} = \frac{F_H \times V_{\text{CB}} \times (1 + \varphi_p)}{\pi \times d_{\text{Е.П.}}^2} \quad (1.25)$$

$$V_{\text{Е.П.}} = \frac{4 \times 9.42 \times 0.36 \times (1 + 0.03)}{3.14 \times 1^2} = 4.36 \text{ см/с} = 156.9 \text{ м/год}$$

Розрахуємо витрати газу:

$$q = 0.0033 \times I_{\text{CB}}^{0.75} \quad (1.26)$$

$$q = 0.0033 \times 66^{0.75} = 8 \text{ л/хв}$$

Ми зробили розрахунок режимів зварювання, зведемо всі значення в таблицю 1.8.

q	I _{св}	d _{е.п.}	φ _н	φ _р	V _{э.п.}	V _{св}	Le	U _д
л/хв	А	мм	г/Агод	г/ Агод	м/год	м/год	мм	В
8	66	1	13,8	14,35	156,9	12,9	10	17,3

Таблиця 1.8. - Режими зварювання для кутового з'єднання

3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

3.1 Обладнання для заготівельних операцій

3.1.1 Обладнання для плазмового різання Jantar

Плазмове різання Jantar може бути оснащено системами плазмового та кисневого різання. Крім того, для покращення його функціональних можливостей можна використовувати різноманітне додаткове обладнання (маркування плазмою та вирубкою, свердління та обробка труб та профілю). Установка показана на малюнку 24.

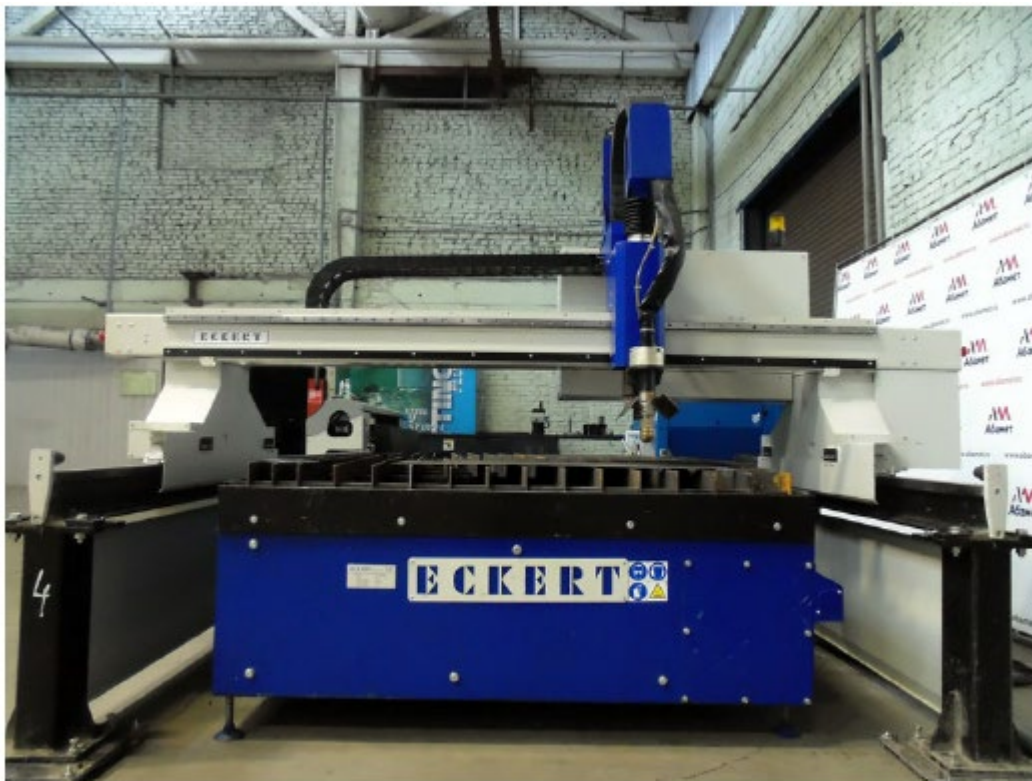


Рисунок 24 - Встановлення перемички плазмового різання

Специфіка:

- Високодинамічна 2D точна обробка листів, труб і профілів.
- Можливість обробки листів товщиною від 0,5 мм до 100 мм.
- Розширена база для заданих параметрів різання.
- Необмежені можливості для збільшення довжини робочої зони.

У таблиці 1.9 наведено технічні дані для агрегату.

Таблица 1.9-Технічні дані для плазмового обладнання Jantar

Модель	Jantar
Приводи	Сервоприводи АС
Швидкість позиціонування	25000 мм/хв
Товщина різу	До 100 мм
Якість різу	DIN-EN ISO 9013
Точність позиціонування	DIN-EN 28206
Висота робочого столу	740-760 мм

3.1.2 Джерело плазми Hypertherm Powermax85

Hypertherm Powermax 85 - це поєднання останніх технологічних розробок. Пристрій. Джерело показано на рисунку 25.



Рисунок 25 - Джерело для плазмового різання Hypertherm Powermax 85

Технічні характеристики джерела наведено у таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Технічні характеристики джерела для плазмового різання Hypertherm Powermax 85

Виробник	Hypertherm
Країна виробник	США
Товщина металу	До 38 мм
Робочий цикл при повному навантаженні	60%
Вихідний струм	25-85 А

Габарити	
Довжина	500 мм
Ширина	234 мм
Висота	455 мм
Вага	28 кг

3.1.3 Кутова шліфувальна машина Bosch GWS 26-230J BV

Описана шліфувальна машина призначена для виконання складних завдань різання та шліфування. Ідеально підходить для роботи з такими матеріалами, як бетон, цегла та метал. Подрібнювач показаний на малюнку 26.



Рисунок 26 - Кутова шліфувальна машина Bosch GWS 26-230 JBV

З технічними характеристиками можна ознайомитись у таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 - Технічні характеристики кутошліфувальної машинки BoschGWS26-230 JBV

Технічні характеристики	Показник
Номінальна споживана потужність, Ватт	2.600
Число оборотів при холостому ході, мін-1	6.500
Різьблення шліфувального шпинделя	M 14
Діаметр кола, мм	230

3.2 Інструмент для складання

3.2.1 Axis Positioner MT1-500S2 HD "Yasukawa"

Позиціонер MT1-500S2HD, призначений для заготовок, які потребують двох горизонтальних і вертикальних обертів. Високий ступінь свободи позиціонування та жорсткість конструкції значно покращують технічні можливості замовника при розміщенні виробу в положенні, придатному для зварювання. Основне застосування позиціонерів MT1 – універсальна обробка як легких, так і важких заготовок. Позиціонер показаний на малюнку 27.

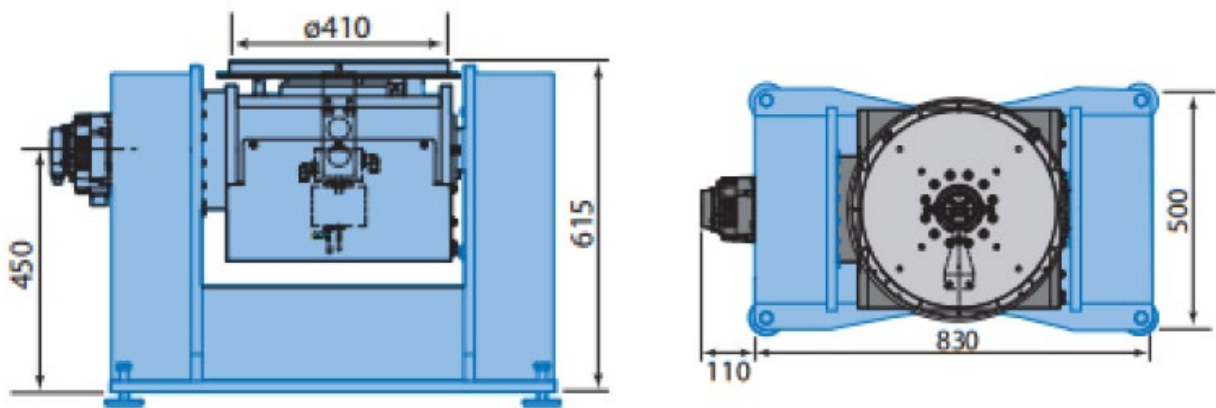


Рисунок 27 - Ескіз двоосьового позиціонера MT1-500 S2HD «Yaskawa»

З технічними характеристиками позиціонера MT1-500 S2HD «Yaskawa» можна ознайомитися за таблицею 1.12.

Таблиця 1.12 - Двоосьовий позиціонер MT1-500 S2HD «Yaskawa»

№ п.п.	Параметр	Значення
1	Максимальна вантажопідйомність, кг	500
2	Обертальний момент, динамічний x-вісь	1612 Н·м.
3	Обертальний момент, статичний	1330 Н·м.
4	Радіальна швидкість	0-10.6 хв-1

5	максимальна швидкість	23.4 хв-1
6	Обертальний момент, динамічний у-вісь	907 Н·м.
7	Обертальний момент, статичний	726 Н·м.
8	Радіальна швидкість	0-11.3 хв-1
9	максимальна швидкість	30 хв-1
10	Висота до осі обертання, максимальний радіус деталі (Н)	450 мм

3.2.2 Інструмент для складання причепів сільськогосподарської техніки

Цей пристрій забезпечує фіксацію металевої конструкції і дозволяє без проблем розмістити прихватку. Пристрій можна побачити на малюнку 28.

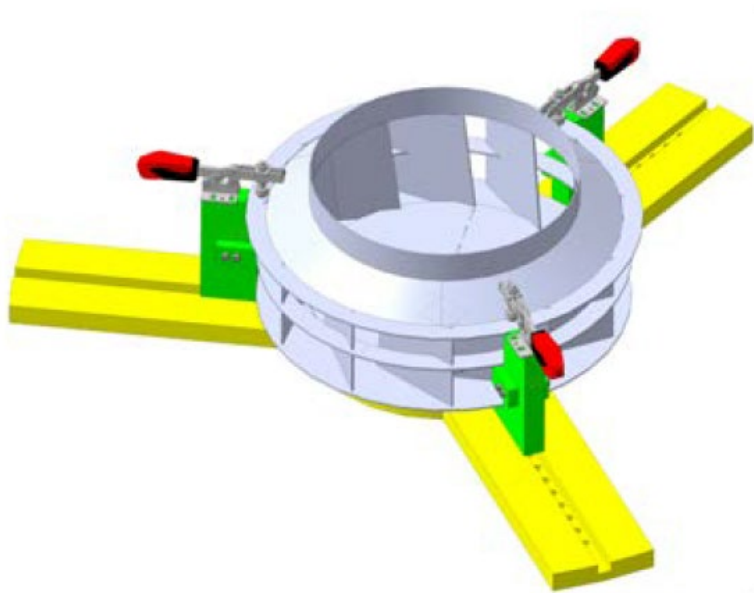


Рисунок 28-Інструмент для складання

3.3 Зварювальне обладнання

3.3.1 Зварювальний робот MA1440 "Yaskawa"

MOTOMANMA – це 6-осьовий маніпулятор, спеціально розроблений для досягнення найкращих результатів зварювання у важкодоступних місцях та відповідності найвищим вимогам до якості зварювання.

Збільшене корисне навантаження на 6 кг, система подачі дроту, максимальний робочий діапазон 1440 мм і вбудований шланговий пакет значно розширюють технічні можливості всього комплексу. Зварювальний пальник розташований на одній осі з рукояткою робота, запобігаючи зіткненню з заготовками та іншими роботами, полегшуючи доступ і зменшуючи навантаження на згинання і обертання. Зварювальний робот показаний на малюнку 29.



Рисунок 29-Зварювальний робот MA1440 «Яскава»

Основні переваги роботів:

- Порожнисте зап'ястя і широкий діаметр (42-50 мм).
- висока швидкість;
- Має вдвічі більше навантаження в порівнянні з іншими моделями цього класу.
- Промисловий дизайн ручки запобігає потраплянню бризок і полегшує технічне обслуговування.

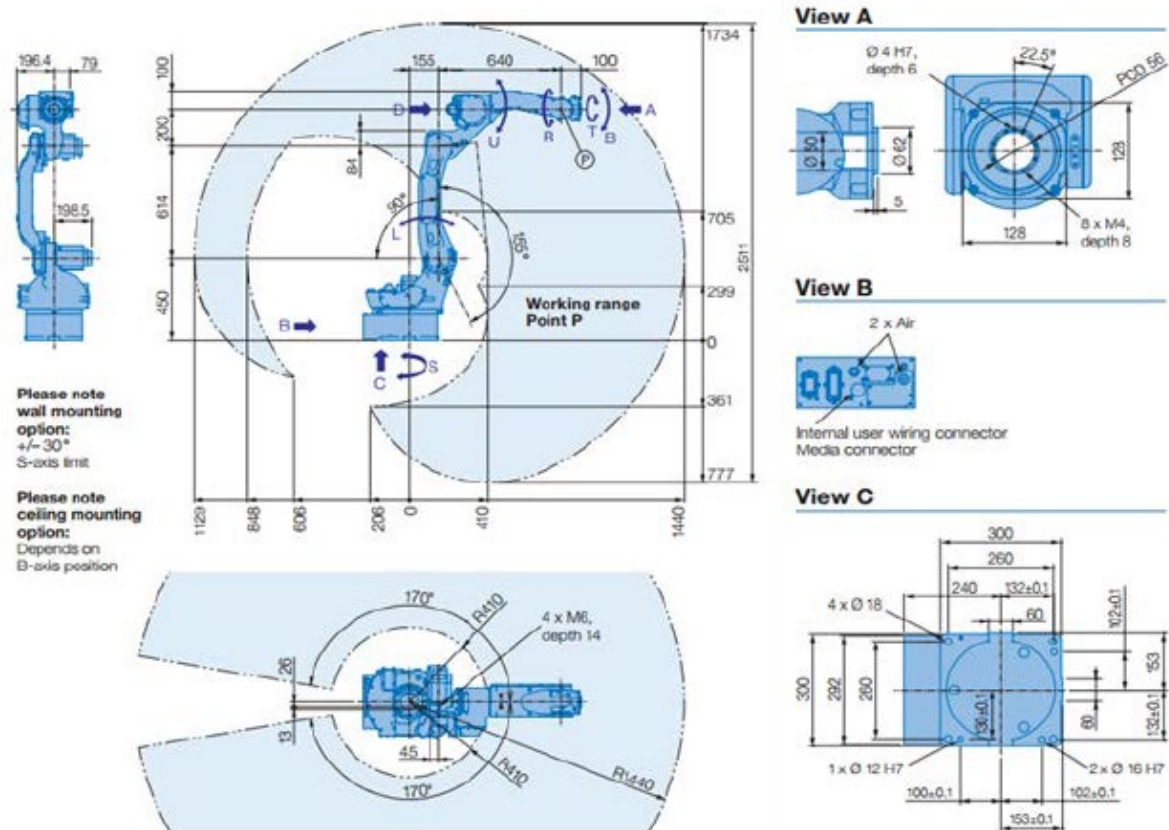


Рисунок 30 - Ескізи робочого робота

Технічні характеристики зварювального робота MA 1440 «YASKAWA» наведено у таблиці 1.13

Таблиця 1.13 - Технічні характеристики зварювального робота "YASKAWA"

Типи робота MA1440	Радіус дії 1440 мм.	Максимальна вантажопідйомність на зап'ястя 6 кг.
-----------------------	------------------------	---

Кількість осей	6		
Захист	IP67		
Розташування	Підлогове та перевернене		
			
Характеристики			
Похибка позиціонування		0,08 мм	
Рух осей	Кут повороту	Вісь	Макс. швидкість
Вісь 1	+170 ° до -170 °	Вісь 1	230 у сек.
Вісь 2	+155 ° до -90 °	Вісь 2	200 сек.
Вісь 3	+240 ° до -175 °	Вісь 3	230 у сек.
Вісь 4	+150 ° до -150 °	Вісь 4	430 у сек.
Вісь 5	+90 ° до -135 °	Вісь 5	430 у сек.
Вісь 6	+210 ° до -210 °	Вісь 6	630 у сек.
ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ			
Напруга живлення		200-600 В, 50/60 Гц.	
споживана потужність		ISO-Cube при максимальній швидкості 0,57 кВт.	
ЗОВНІШНІ ПАРАМЕТРИ			
Вага		280 кг.	
РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ			
Зовнішня температура під час роботи		від 0 до +45 °С.	

Зовнішня температура при транспортуванні та зберіганні	від -25 до +55 °С.
На короткі періоди	(не більше 24 годин) до +70 °С.
Відносна вологість	трохи більше 95 %.
Рівень шуму	трохи більше 73 дБ.
Безпека	Двоканальний контур безпеки управління, функція аварійних зупинок та захисту; трипозиційний пристрій активації
Випромінювання	ЕМС/ЕМП - екранування

3.3.2 Контролер DX200 "Yaskawa"

Контролер Yaskawa DX200 нового покоління має промислову архітектуру ПК та системний рівень керування робототехнічними комплексами. Використовуючи запатентовану технологію, він одночасно керує кількома роботами та пристроями введення-виводу та підтримує різні протоколи зв'язку. Контролер DX200 має вбудовану логіку реле, включаючи 4096 адрес вводу-виводу, підтримку базового протоколу польової шини, високошвидкісне підключення до електронного сервера та панель I/F (ІО) для відображення даних НМІ на консолі. Це усуває потребу в окремих ПЛК та панелях дисплея НМІ, забезпечує значну економію на системному рівні, зменшує складність апаратного забезпечення РТК та покращує загальну надійність. Зони динамічних перешкод захищають робота та забезпечують розширені можливості уникнення зіткнень.



Рисунок 31-Контролер Yaskawa DX200

Система керування AdvancedRobotMotion (ARM) забезпечує високопродуктивне, найкраще у своєму класі планування шляху та значно скорочує час навчання. Підтримує спільну роботу кількох роботів та інших пристроїв. Невелика легка консоль програмування на базі Windows CE з багатовіконним кольоровим сенсорним екраном. Інструменти програмування призначені для полегшення створення нових функцій і понад 120 функцій з мінімальними натисканнями клавіш. Крім того, новий контролер економить від 38% до 70% споживання енергії, залежно від завдання та розміру робота.

Технічні характеристики винесено до таблиці 1.14.

Таблиця 1.14 - Технічні характеристики контролера Yaskawa DX200

Параметр	Значення
Операційна система	WindowsCE
Розміри, мм	800(W) x 1000(H) x 650(D)
клас захисту	IP54
вага, кг	Прибл. 180 кг

Система охолодження	Непримусове охолодження
Напруга живлення	3 x 400/415/440 В 50/60 Гц
Програмна пам'ять	200 тис. кроків, 10.000 інст-й та 15 тис. прог. PLC
Інтерфейс	Ethernet

3.3.3 Джерело зварювання Phoenix352 puls "EWM"

Опис зварювального джерела Phoenix352 puls "EWM":

- Багатопроцесний імпульсний MIG / MAG зварювальний апарат з управлінням на передній панелі.
- Дуже великий запас потужності дозволяє використовувати довгі проміжні пакети шлангів: від 70 мм² до 30 м від 95 мм² до 40 м.
- Послідовний інтерфейс автоматизації (пуск/зупинка, керуюча напруга, струм).
- Додаткові інтерфейси RINT X12, BUSINT X11 інтерфейс польової шини, інтерфейс документації PCINT X10 (+ програмне забезпечення QDOC 9000 V2.0) і система керування та документації WELD QAS.
- Параметри, що керуються через інтерфейс: 256 зварювальних завдань (JOB) з 16 програмами в програмному режимі, а також швидкість подачі дроту, корекція довжини дуги та динаміка дуги за допомогою керуючої напруги.
- Можна налаштувати за допомогою програмного забезпечення PC300.NET через ПК або планшетний комп'ютер RC300.
- Оптимізовано для автоматизованої роботи: унікальна цифрова система 2-го покоління для найвищої якості, відтворених результатів зварювання, яку можна легко інтегрувати у вашу систему автоматизації.
- Модульні, модифіковані.
- Газове охолодження з додатковим модулем охолодження, також водяне охолодження.

- Автоматизовані та механізовані застосування у виробництві машинобудування, автомобілів, транспортних засобів, контейнерів, обладнання та суднобудування.

Джерело зварювання показано на малюнку 32.



Рисунок 32 - Зварювальне джерело Phoenix 352 puls «EWM»

Технічні характеристики представлені у таблиці 1.15.

Таблиця 1.15 – Технічні характеристики зварювального джерела Phoenix 352 puls «EWM»

Phoenix 352 pulsExpert 2.0						
	MIG/MAG		TIG		Ручне зварювання	
Діапазон регулювання зварювального струму	5 А - 350 А		5 А - 350 А		5 А - 350 А	
Максимальний зварювальний струм при температурі навколишнього середовища (ПВ 100%)	25 °C	40 °C	25 °C	40 °C	25 °C	40 °C
	350 А	350 А	350 А	350 А	350 А	350 А
Напруга холостого ходу	80 В					

Частота мережі	50 Гц/60 Гц		
Мережевий запобіжник (інерційний)	3 x 25 А		
Мережева напруга (допуски)	3 x 400 В (-25% - +20%)		
Макс. споживана потужність	13,9 кВА	10,6 кВА	15 кВА
Рекомендована потужність генератора	20,3 кВА		
Габарити апарату (ДхШхВ) у міліметрах	780 x 375 x 625		
Вага апарату	78,5 кг		

3.3.4 Блок подачі дроту M Drive 4 Rob 3 LI "EWM"

Опис пристрою подачі дроту M Drive 4 Rob 3 LI "EWM":

- Пристрій подачі дроту для робота MIG/MAG зварювання, полегшена конструкція.
- Можливість відкривання ліворуч і праворуч.
- Версія з лівим отвором для роботи на всіх роботах з порожнистими валами. Зверніть увагу на спеціальний кронштейн для кріплення робота.
- Послідовний 19-контактний роз'єм для обміну сигналами (наприклад, захист від зіткнення).

- Відтворювана швидкість подачі дроту з повністю цифровим керуванням за допомогою цифрового інкрементного кодера, що регулюється з кроком 0,1 м/хв.
 - Металевий 4-х роликовий привід з великими роликами (37 мм), на заводі оснащений сталевим дротом 1,0 / 1,2 мм.
 - Окремі клавіші на передній панелі для витягування дроту, заправки дроту та перевірки газу.
 - Заміна роликів і гвинтів без інструментів.
 - Дуже легкий для систем газового охолодження, додаткові оновлення для систем водяного охолодження.
 - Є оглядове вікно для перевірки пристрою подачі дроту.
 - Компактний пристрій, який можна легко встановити на робота.
 - Висока надійність процесу завдяки системі центрального цифрового керування, налаштування та моніторингу всіх параметрів процесу.
 - Світлодіодний індикатор стану процесу.
 - Швидко-роз'ємна подача дроту та вхід води.
 - Монтажна пластина з розвантажувачем для кріплення на робота (опція).
- Ескіз механізму подачі показаний на малюнку 33.



Рисунок 33 – Механізм подачі дроту M drive 4 Rob 3 LI «EWM»

Технічні характеристики представлені у таблиці 1.16.

Таблиця 1.16 – Технічні характеристики механізму подачі дроту M drive 4 Rob 3 LI «EWM»

Швидкість подачі дроту	від 0,5 м/хв. до 24 м/хв.
Діаметр ролика	37 мм.
Габарити пристрою подачі дроту (ДхШхВ) мм	345х230х250.
Маса пристрою подачі дроту	6,5кг.

3.3.5 Блок водяного охолодження Cool82U44 «EWM».

Опис блоку водяного охолодження cool82 U44 "EWM":

- Ефективний модуль охолодження з відцентровим насосом.
- Покращене виконання.
- Дуже міцний металевий корпус.
- З'єднання задньої лінії охолоджуючої рідини.
- Потужні насоси, датчики тиску, насоси та терморегулятори.
- Покращений відцентровий насос і висока охолоджуюча здатність.

Наприклад, рекомендовано для шлангів довжиною понад 15 м.

Блок водяного охолодження cool82U44 показаний на малюнку 34.



Рисунок 34 - Блок водяного охолодження cool82 U44

З технічними характеристиками можна ознайомитись за таблицею 1.17.

Таблиця 1.17 – Технічні характеристики блоку водяного охолодження cool82 U44 «EWM»

Холодопродуктивність	1600 W
Продуктивність	5 л/хв
Місткість бака	7 л
Вихідний тиск рідини охолодження	4,5 бар
Габарити модуля охолодження мм	650x370x250
Маса модуля охолодження	27,5 кг.

3.3.6 Зварювальний пальник RM42W "Tbi"

Зварювальний пальник RM42W призначений для робота MIG / MAG зварювання. Він забезпечує стабільну та надійну передачу струму, що забезпечує стабільно високу якість зварювання. Водяне охолодження гарантує стабільність параметрів з максимальним струмом і 100% робочим циклом. Діаметр використовуваного дроту 0,8-1,6 мм. Зварювальний пальник показаний на малюнку 35.



Рисунок 35 - Зварювальний пальник RM42W

Характеристики зварювального пальника RM42W:

- Максимальний зварювальний струм: $M_{ix} = 350 \text{ A}/100 \%$; $CO_2 = 420 \text{ A} / 100\%$;
- Діаметр дроту, що використовується: 0,8 – 1,6 мм.

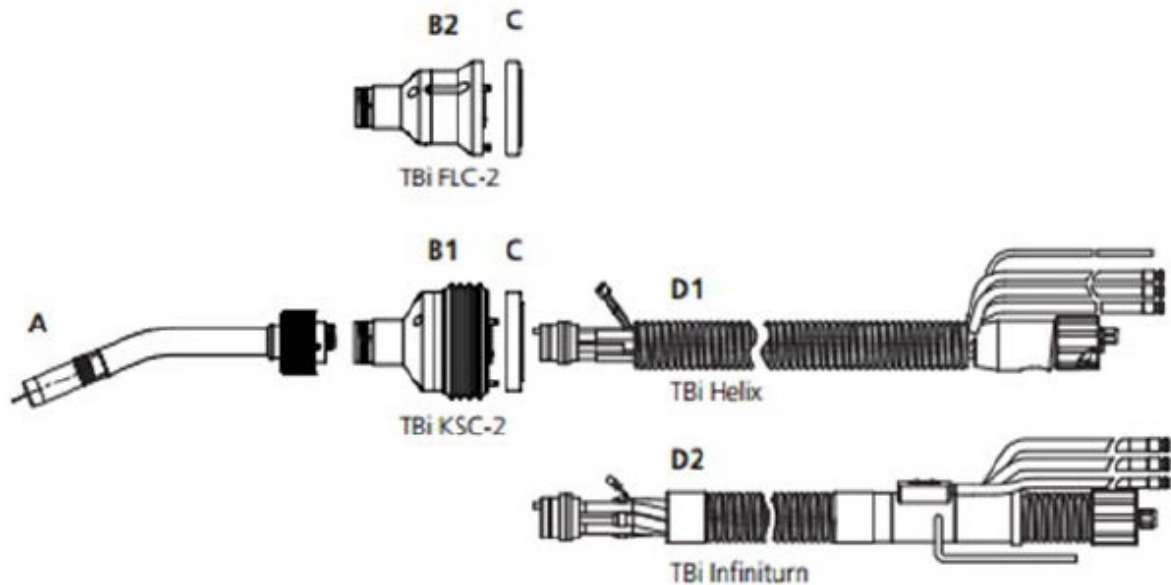


Рисунок 36 - Варіанти підключення зварювального пальника

3.3.7 Станція очищення автоматичних зварювальних пальників «ТВі»

Станція технічного обслуговування пальників забезпечує очищення пальника, змащування поверхні пальника спеціальними складами за рахунок адгезії зварювальних бризок, різання дроту. Для роботи оператор повинен вказати в параметрах станції, як часто потрібно ремонтувати пальник. Крім того, ви можете відремонтувати пальник, натиснувши сервісну кнопку на панелі керування. Станція очищення пальників TBi BRG-2 оснащена закритим розпилювальним пристроєм. Оскільки антипригарний агент наноситься на пальник, споживання антипригарного засобу значно зменшується, а модуль роботи також запобігає забрудненню.

Пояснення:

- Принцип роботи пневматичний.
- Подача стисненого повітря - Безмасляне стиснене повітря, 6 бар.
- Сигнал керування-24VDC.
- Частота прибирання-о. 4-5 секунд
- Регульована доза проти прилипання.
- Ємність, що містить 500 мл антипригарної рідини.
- Максимальна потужність різання дроту, сталевий дріт 1,6 мм.

- Вага приблизно 14 кг (без підставки).

Станція автоматичного очищення зварювального пальника «ТВі» показана на малюнку 37.



Рисунок 37 - Станція автоматичного очищення зварювального пальника «ТВі»

3.3.8 Пульт управління комплексом Yaskawa

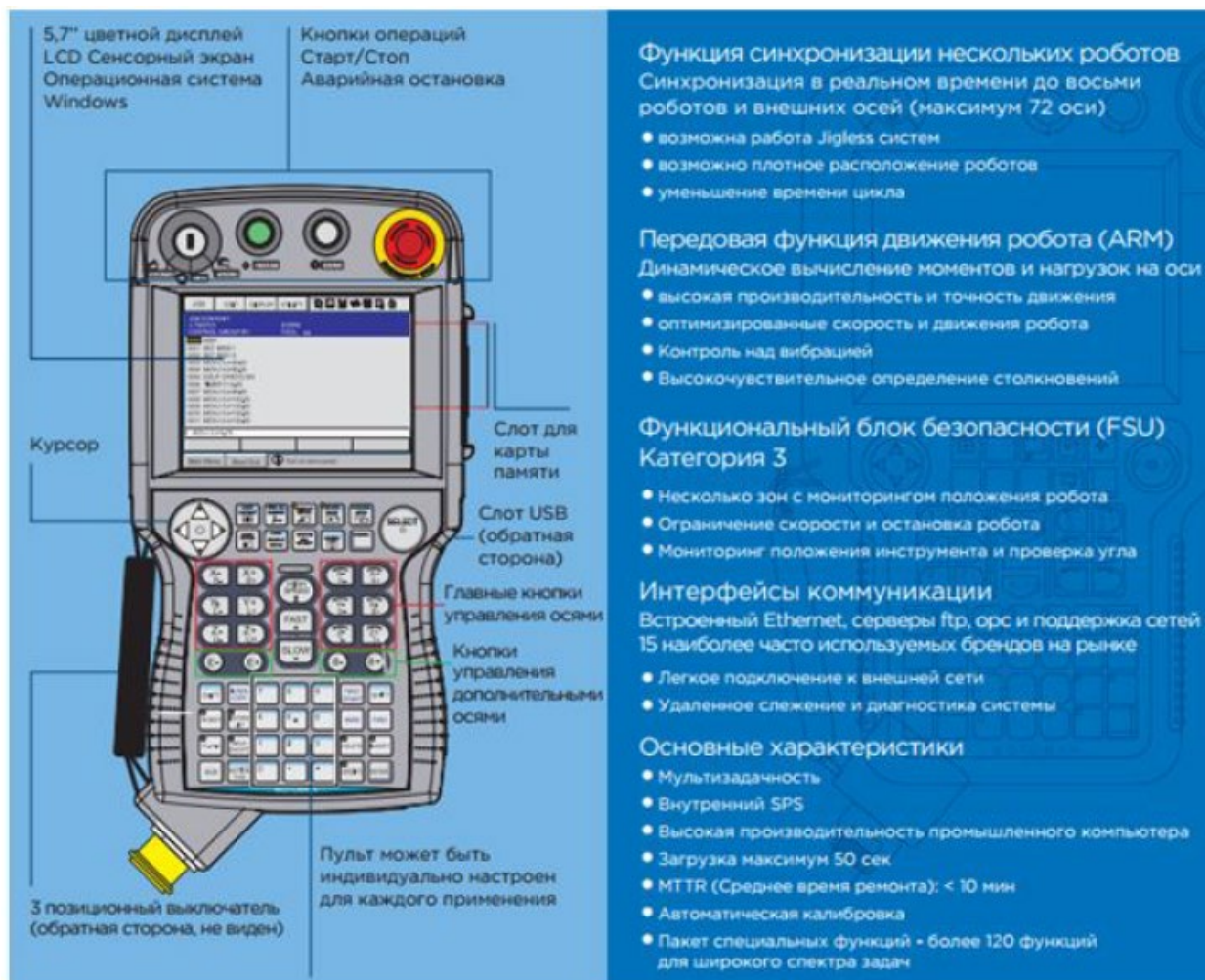


Рисунок 38 - Пульт управління комплексом Yaskawa

Технічні характеристики пульта управління представлені таблиці 1.18.

Таблиця 1.18 – Пульт управління комплексом «Yaskawa»

Параметр	Значення
Розміри, мм	169 (Д) x 314.5 (В) x 50 (Ш)
Сенсорний екран	"5.7" кольоровий LCD (640 x 480 пікселів)
маса, кг	0.990
Системи координат робота	Декартова / Циліндрична, Інструменту, Користувача.
Вимірювання швидкості	Зміна можлива під час роботи та навчання.

Мова	Доступні найпоширеніші мови.
Операційна система	Windows CE.
Інтерфейс	Слоткарти Compact Flash, порт USB.

3.3.9 Програмне забезпечення MotoSim EG-VRC "Yasukawa"

MotoSim® EG (MotomanSimulatorEnhancedGraphics) — це комплексний програмний пакет, який забезпечує точне офлайн - тривимірне моделювання клітин робота. Ви можете використовувати це програмне забезпечення для оптимізації розміщення роботів і обладнання, виявлення зіткнень, обчислення доступності в усіх точках і обчислення циклів.

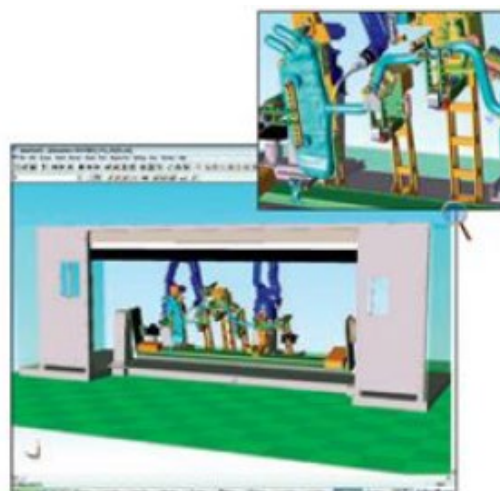
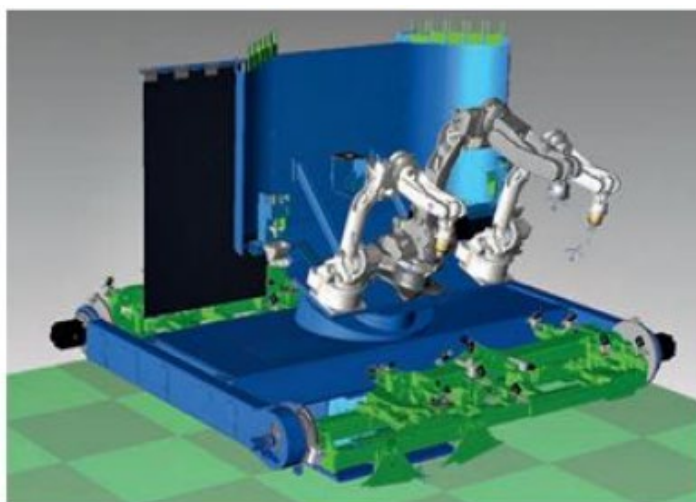
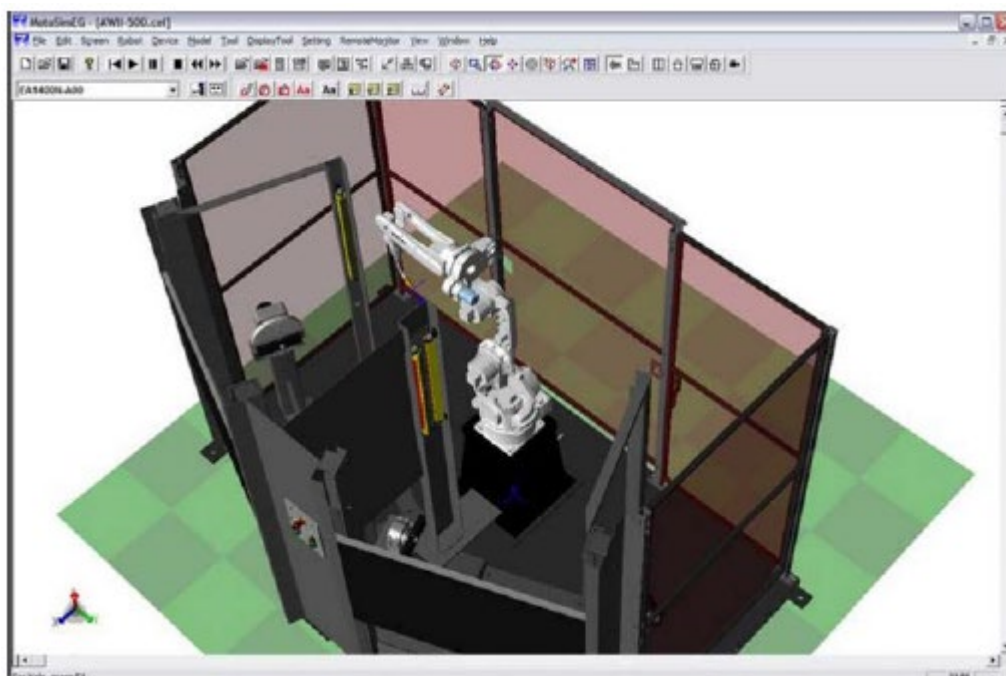


Рисунок 39-Програмне забезпечення MotoSim EG-VRC «Yaskawa».

3.3.10 Системи відстеження "Seam Finding" і "COMARC"

Пошук швів – відчуйте продукт і знайдіть зварні шви перед зварюванням за допомогою зварювальних дротів і насадок пальника.

Контактний момент визначається при протіканні струму через сопло/провід, значення якого перевищує певний рівень чутливості.

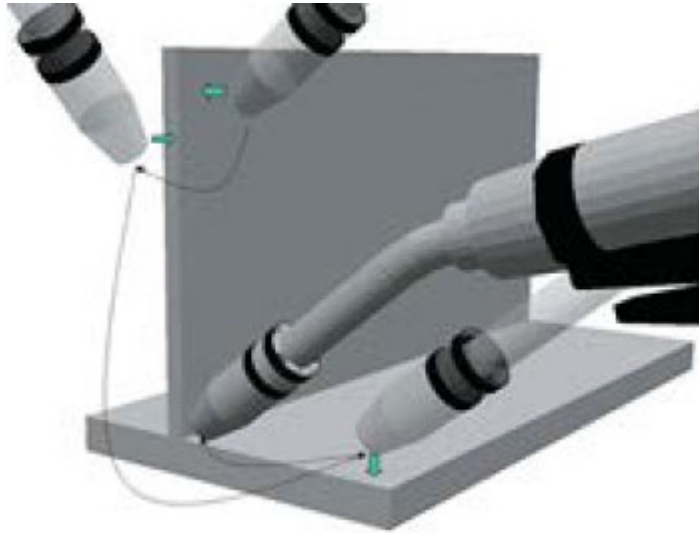


Рисунок 40 – Пошук швів

Система відстеження зварювання COMARC – це рішення для відстеження зварювання, яке вимірює дані дуги під час зварювання за допомогою пальника. Система отримує дані про дугу від власного датчика напруги та струму, щоб отримати найкращі результати зварювання. Система COMARC фіксує фактичні дані дуги 25 000 разів на секунду. Це в 25 разів швидше, ніж традиційні методи перевірки. Основні функції, доступні в системі COMARC:

- Режим, у якому висота пальника над швом регулюється для підтримки певного налаштування на основі вимірювань струму дуги.
- Режим, в якому імпеданс вимірюється під час коливання пальника (функція струму та напруги дуги), і система підтримує імпеданс на рівні установки з корекцією шляху. Ви також можете змінити положення шва, щоб він був ближче до будь-якої стіни.

- Режим, який використовується при зварюванні в кілька проходів. У цьому випадку система запам'ятовує траєкторію першого (базового) шляху і використовує зміщення цієї траєкторії для створення решти шляхів.

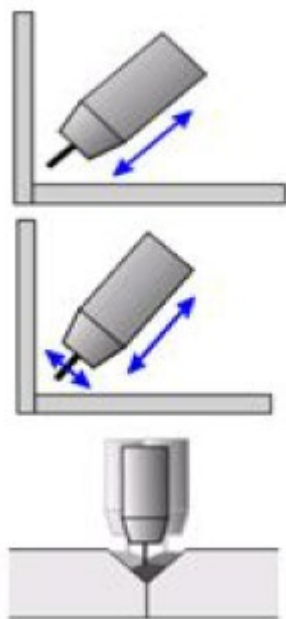


Рисунок 41- Система відстеження зварювання «COMARC».

Додатковими розширеними функціями, доступними в системі COMARC, є:

- Режим, що використовується для корекції траєкторії. Параметри дуги вимірюються вздовж однієї стіни.
- Режим, при якому амплітуду і швидкість вібрації можна регулювати відповідно до розміру зазору між з'єднаннями деталей.

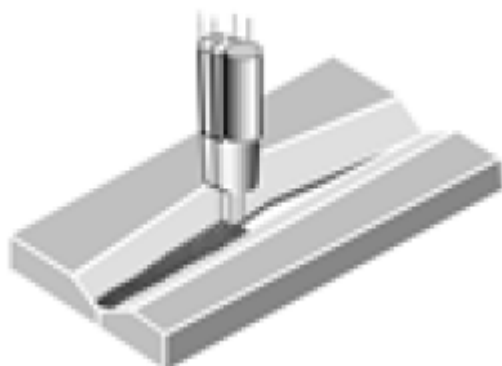


Рисунок 42-Система відстеження зварювання «COMARC».

3.3.11 Охорона та система безпеки

Комплекс роботів оснащений інтегрованою системою безпеки для забезпечення безпечної роботи операторів підприємства та обслуговуючого персоналу. Система оснащена охоронним шлагбаумом на вході, лазерним фотошлагбаумом, службовими дверима з замком, а також сигнальною системою в поєднанні з інтегрованою системою безпеки контролера. Система контролює робочу зону, і робот негайно отримує команду зупинки, якщо він незаконно перетинає межу безпеки.

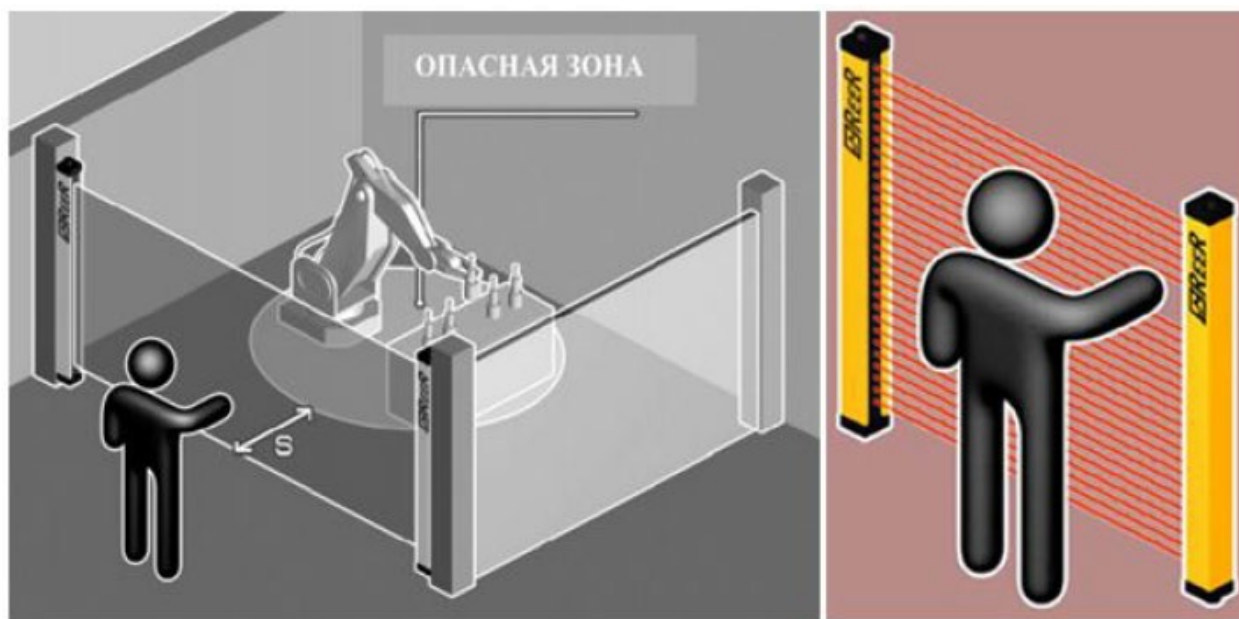


Рисунок 43-Система безпеки

Таку конструкцію можна використовувати для захисту робочої зони від випромінювання зварного шва. Тому виробничий процес є автоматичним і повністю безпечним під контролем оператора та системи безпеки.

Комплекс оснащений захисними металевими сітчастими огорожами з усіх боків, а також технічними вікнами для обслуговування та контролю процесу зварювання.



Рисунок 44-Захисний паркан з металевої сітки

3.4 Контроль якості зварних з'єднань

Контроль якості зварного з'єднання здійснюється двома способами:

- Візуальний контроль вимірювань (VIC) за допомогою шаблонів універсальних зварювальних апаратів:
- Ультразвукове виявлення дефектів.

Для ультразвукової дефектоскопії використовуйте ультразвуковий дефектоскоп УД3701 «NOVOTEST». Дефектоскопи належать до приладів загального призначення і використовуються для неруйнівного контролю зварних з'єднань, виявлення різноманітних дефектів у металевих і пластикових виробках, ідентифікації та визначення координат виявлення дефектів, оцінки їх умовних розмірів. За допомогою UD9812 контролюється безперервність і однорідність об'єктів, виявляється процес корозії металевих матеріалів, в них містяться неметалічні компоненти, виявляються порожнини, пори, розшарування. Детектор дефектів показано на малюнку 45.



Рисунок 45 – Дефектоскоп ультразвуковой УД3701 «NOVOTEST».

4. ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ ПРИЧЕПІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Таблиця 1.19 - Технологія збирання та зварювання причепів
сільськогосподарської техніки

Номер операції	Найменування операції	Зміст операції	Обладнання та режими
1	Підготовка металу до початку виробництва	Доставка металевих листів зі складу. Перевірте якість металевої поверхні.	
2	Різання	Зробити різання заготовок деталей згідно з кресленнями.	Встановлення плазмового різання Jantar; Джерело для плазмового різання Hypertherm Powermax 85. Режими різання: Діаметр сопла – 1 мм; Сила струму – 40-60А; Швидкість різання – 2-3 м/хв; Напруга - 110 В;
3	Підготовка металу до зварювання	Здійснити контроль геометричних розмірів деталей. Усі заготовки зачистити	Кутова шліфувальна машина Bosch GWS 26-230 JBV

		від іржі, олії, вологи, окалини та забруднень.	
4	Складання робочого причепів сільськогосподарської техніки	Двохосьовий позиціонер встановити горизонтально. Встановити на позиціонер пристосування для збирання причепів сільськогосподарської техніки. У спеціально підготовлені пази заднього диска вставити дишло. Закріпити кільце та встановити корпус. Конструкцію точно та щільно зафіксувати притисками.	Двоосьовий позиціонер MT1-500 S2HD «Yaskawa»; Пристрій для збирання причепів сільськогосподарської техніки Режими для прихваток при тавровому з'єднанні: Діаметр дроту: 1 мм; Сила струму: $161 \pm 5A$; Швидкість зварювання: 24,48 м/год; Швидкість подачі електродного дроту: 388 м/год; Напруга на дузі: $22 \pm V$; Витрата газу: 12 л/хв; Вид газу: Corgon-20 Марка дроту: Св-08Г2С Довжина прихватки:

			10мм; Крок прихватки: 60 мм; Режими для прихваток при кутовому з'єднанні: Діаметр дроту: 1 мм; Сила струму: 66 ± 5 А; Швидкість зварювання: 12, 9 м/год; Швидкість подачі електродного дроту: 156 м/год; Напруга на дузі: 17 ± 5 В. Витрата газу: 7 л/хв Вид газу: Corgon-20 Марка дроту: Св-08Г2С Прихватки ставляться у 8 діагональних діаметрально протилежних точках.
5	Зачищення прихваток	Після постановки прихваток зачистити область від шлаку, бризок та ін.	Кутова шліфувальна машина Bosch GWS 26-230 JBV

6	Зварювання причепів сільськогосподарської техніки	З зібраного причепа сільськогосподарської техніки прибрати складальний пристрій. Закріпити дишло на позиціонер. Позиціонер встановити у вертикальне положення. Задати програму на пульті керування на зварювання. Зварювання частин дишла робити хрест навхрест.	Зварювальний робот МА 1440 Yaskawa; Зварювальне джерело Phoenix 352 puls "EWM"; Механізм подачі дроту M drive 4 Rob 3 LI "EWM"; Двоосьовий позиціонер MT1-500 S2HD «Yaskawa»; Блок водяного охолодження cool82 U44 "EWM"; Зварювальний пальник RM 42W «ТВі». Режими зварювання для таврового з'єднання: Діаметр дроту: 1 мм; Сила струму: 161±5А; Швидкість зварювання: 24,48 м/год; Швидкість подачі електродного дроту: 388 м/год;
---	---	--	--

			Напруга на дузі: 22±В. Витрата газу: 15 л/хв; Вид газу: Corgon-20 Марка дроту: Св-08Г2С Режими зварювання для кутового з'єднання: Діаметр дроту: 1 мм; Сила струму: 66±5А; Швидкість зварювання: 12,9 м/год; Швидкість подачі електродного дроту: 156 м/год; Напруга на дузі: 17±5В; Витрата газу: 8 л/хв. Вид газу: Corgon-20 Марка дроту: Св-08Г2С
7	Зачищення зварних швів	Після зварювання зачистити зварні шви від бризок та шлаку.	Кутова шліфувальна машина Bosch GWS 26-230 JBV
8	Контроль якості зварних з'єднань	Провести контроль двома способами:	Для візуально-вимірювального

		візуально вимірювальний контроль та контроль ультразвукової дефектоскопії.	контролю (ВІК) використовується універсальний шаблон зварювальника (УШС). Для ультразвукової дефектоскопії застосовують Дефектоскоп ультразвуковий УД3701 «NOVOTEST»
9	Складування	Готовий причеп сільськогосподарсь кої техніки відправити на склад готової продукції.	

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Нижче наведено вимоги безпеки праці, якими необхідно керуватись при складанні розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях у магістерській дисертації.

- Інструкція з охорони праці та безпеки праці для роботи зварювальними роботами
- Загальні вимоги охорони праці
- Вимоги охорони праці перед початком виконання робіт
- Вимоги охорони праці під час виконання робіт
- Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях
- Вимога охорони праці після закінчення робіт

Інструкція з охорони праці та безпеки праці для роботи з зварювальними роботами

Програма інструктажу з охорони праці та безпеки праці:

- Загальні відомості про робоче місце, розташування, компетенції, , розташування місця харчування, санітарно-побутових приміщень, питної води, медичного пункту, аптечки першої допомоги, засобів первинного пожежогасіння.
- Загальні обов'язки працівника та експертів з охорони праці, загальні правила поведінки під час виконання роботи з роботом.
- Основні вимоги санітарії та особистої гігієни.
- Засоби індивідуального та колективного захисту, необхідність їх використання.
- Порядок дій при поганому самопочутті або травмуванні.
- Правила надання першої допомоги.
- Дії у разі виникнення надзвичайної ситуації, ознайомлення зі схемою евакуації та пожежними виходами.

Загальні вимоги охорони праці

- допускаються учасники не молодші 18 років
- пройшли інструктаж з охорони праці за «Програмою інструктажу з охорони праці та безпеки праці»;
- Ознайомлені з інструкцією з охорони праці;
- мають необхідні навички з експлуатації інструменту, пристроїв спільної роботи на устаткуванні;
- не мають протипоказань за станом здоров'я.

У процесі роботи та знаходження на території та на робочому місці, працівник зобов'язаний чітко дотримуватися:

- інструкції з охорони праці та безпеки праці;
- не заходити за огорожі та в технічні приміщення;
- дотримуватись особистої гігієни;
- приймати їжу у суворо відведених місцях;
- самостійно використовувати інструмент та обладнання, дозволене для виконання праці;

Під час роботи на працівника можуть впливати такі шкідливі та (або) небезпечні фактори:

Фізичні:

- Підвищена температура поверхні обладнання та матеріалів;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- Небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якою може статися через тіло людини;
- Підвищена яскравість світла;
- підвищений рівень ультрафіолетової радіації;
- підвищений рівень шуму;
- Іскри, бризки та викиди розплавленого металу;
- Пересувні вироби, заготівлі, матеріали;
- Вибухонебезпечність;

- Системи під тиском;
- Ріжучі та колючі предмети;
- підвищена запиленість;
- Підвищений рівень вібрації;
- Викиди окалини та абразивного матеріалу від шліфувальної машинки

Хімічні:

- Зварювальні аерозолі;
- Інертні та активні гази.

Психологічні:

- фізичні навантаження;
- Надмірна напруга уваги;
- Посилене навантаження на зір;
- Емоційні навантаження.

Застосовувані під час праці засоби для індивідуального захисту:

- Маска зварювальна (захист особи);
- Захисні окуляри;
- Захисний костюм (куртка/штани – з незаймистого матеріалу);
- Взуття захисне (захист ніг від падаючих предметів, взуття з посиленням носом);
- рукавички зварювальника (захист рук – від жару та випромінювання дуги);
- Бавовняні рукавички (захист рук під час роботи з інструментом).

У разі нещасного випадку постраждалий або очевидець нещасного випадку зобов'язаний негайно повідомити про те, що сталося керівника.

Знати де знаходиться аптечка першої допомоги, укомплектована виробами медичного призначення, її необхідно використовувати для надання першої допомоги, самодопомоги у випадках отримання травми.

У разі виникнення нещасного випадку або поганого самопочуття негайно повідомити керівника. Знати знаки безпеки, що використовуються на робочому місці, для позначення присутніх небезпек:

- Вогнегасник	
- Показчик виходу	
- Показчик запасного виходу	
- Аптечка першої медичної допомоги	
- Забороняється курити	

Учасники, які допустили невиконання або порушення інструкції щодо охорони праці, притягуються до відповідальності відповідно до регламенту. Недотримання учасником норм і правил ТБ та ОП веде до замічань та штрафувань. Постійне порушення норм безпеки може призвести до звільнення. Працівник несе повну відповідальність за дотримання правил ТБ та ОП учасника, під час роботи . Він зобов'язаний негайно повідомити про обставини, що заважають безпечному виконанню роботи, а також щодо погіршення стану

свого здоров'я. Ознаки порушень правил ТБ та ОП під час роботи за які слідує штрафні санкції:

- Не утримував свого робочого місця в чистоті та порядку.
- Береться голими руками за металеву заготовку (тільки при носіння рукавичок або використання плоскогубців).
- Зварювання деталей в підвішаному стані.
- Бризки розплавленого потрапляють на струмопровідні дроти високого напруги 220-380В
- Не вимкнуто джерело зварювального струму від мережі живлення по припиненню роботи.
- Не вимкнуто джерело зварювального струму від мережі живлення при звільненні з поста межі робочого місця.
- Не вимкнуло джерело зварювального струму від мережі живлення при перебою у подачі електроенергії.
- Виробляється різкий вигин у шлангу зварювального пальника
- Не відключало джерело зварювального струму від електромережі при виявленні несправностей.
- На редукторі зі стисненим захисним газом залишився залишковий тиск.
- Не закріпив деталі, що зварюються
- Не використовували засоби індивідуального захисту (окуляри/респіратор) під час експлуатації УШМ.
- Не використовував захисні окуляри при зачищенні зварювальних швів від шлаку, бризок розплавленого металу та окалини.
- Запуск роботи в режимі AUTO при перебування у робочій кімнаті робота іншої особи
- Перебував у робочій зоні робота з віджатою кнопкою аварійної зупинки та без пульта керування із затиснутою кнопкою безпеки.
- Не виконує поставлену перед ним роботу

Вимоги охорони праці перед початком виконання робіт

Всі працівники повинні бути ознайомлені з інструкцією з безпеки праці, з планами евакуації при виникненні пожежі, місцями розташування санітарно-побутових приміщень, медичних кабінетів, питної води, підготувати робоче місце відповідно до Технічного опису компетенції. Перевірити спеціальний одяг, взуття та ін. захист. Одягнути необхідні засоби захисту для виконання підготовки робочих місць, інструменту та обладнання. Після закінчення ознайомлювального періоду, учасники підтверджують своє ознайомлення з усіма процесами, підписавши лист проходження інструктажу по роботі на устаткуванні за формою, визначеною роботодавцем.

Підготувати робоче місце:

- підібрати ручний інструмент та пристрої, необхідні для роботи перевірити його справність та відповідність вимогам безпеки
- зовнішнім оглядом та пробним включенням перевірити справність роботи обладнання;

Підготувати інструмент та обладнання, дозволені до самостійної роботи - зварювальний апарат для дугового зварювання

- переконатися у справності ізоляції кабелю електродотримача (пальника) та зворотного кабелю;
- переконатися у надійності кріплення контактної групи зварювального ланцюга;
- зовнішнім оглядом та пробним включенням перевірити справність роботи обладнання;

Робот маніпулятор:

- переконатися у справності ізоляції кабелю від контролера до механічного блоку;
- переконатися у справності ізоляції кабелю від контролера до пульта
- пробним включенням у ручному режимі на швидкості 10% перевірити рух кожної осі.

Газовий редуктор з витратоміром ($\text{Ar}+\text{CO}_2$) Редуктор Ar/CO_2 (аргон / вуглекислий газ) - перевірити щільність та міцність приєднання газових шлангів до редуктора, редуктора, манометрів та ротаметра.

Інструмент та обладнання, не дозволене до самостійного використання, до виконання завдань готує уповноважена особа, інші можуть брати посильну участь у підготовці під безпосереднім керівництвом та у присутності уповноваженого. Упорядкувати робочий спеціальний одяг та взуття: Одягти спецодяг та спец. взуття, застібнути всі гудзики, черевики зашнурувати. Куртка та штани мають бути надіті навипуск, кишені зачинені. Підготувати рукавиці (краги/рукавички) та захисні окуляри та зварювальну маску.

Щоденно, перед початком роботи, виконати процес підготовки робочого місця:

- оглянути та упорядкувати робоче місце, засоби індивідуального захисту;
- переконатися у достатності освітленості;
- перевірити (візуально) правильність підключення інструменту та обладнання в електромережі;
- перевірити правильність встановлення столу, стільця, положення обладнання та інструменту, при необхідності, звернутися до керівника для усунення несправностей з метою виключення незручних поз та тривалих напруг тіла.

Підготувати необхідні для роботи матеріали, пристрої, та розкласти їх на свої місця, забрати з робочого столу все зайве. Забороняється приступати до роботи при виявленні несправності інструменту чи устаткування. Про помічені недоліки та несправності негайно повідомити керівника та до усунення неполадок до роботи не приступати.

Вимоги безпеки праці під час виконання робіт

При виконанні екзаменаційних завдань учаснику необхідно дотримуватися вимог безпеки при використанні інструменту та обладнання:

Зварювальний апарат:

- під час роботи не дозволяється дивитися на зварювальну дугу без спеціальних засобів індивідуального захисту очей;
- забороняється проводити зварювання та різання металу у повітрі
- забороняється наступати на струмопровідні дроти та рукави.
- забороняється розміщувати на поверхні зварювального обладнання та припливно-витяжної вентиляції - інструменти, пристрої та інші предмети та матеріали.

Робот-маніпулятор:

- Тест програми при знаходженні в робочому осередку слідє проводити спочатку у режимі Step потім у режимі T1.
- при аварійній ситуації негайно зупинити роботу натисканням “Червоної кнопки для аварійної зупинки” та повідомити керівника;
- забороняється перебувати в робочій зоні робота без пульта в руках із натиснутою клавішою безпеки
- забороняється монтаж периферійного обладнання на робота без натиснутої клавіші аварійної зупинки - забороняється вмикати програму в режимі AUTO або T2 при знаходженні людей у робочому осередку.

Кутошліфувальна машина (під коло 125 мм) Потужність не більше 800Вт:

- Заборонено виконувати роботи без засобу індивідуального захисту та захисних окулярів. Залежно від виконуваної роботи застосовуйте захисний щиток для обличчя, захисне засіб для очей або захисні окуляри, протипиловий респіратор, засоби захисту органів слуху, захисні рукавички.
- при різанні елементів конструкцій або пластин слід вжити заходів проти випадкового падіння відрізаних елементів;
- шліфувальні крути, фланці, шліфувальні тарілки або інше приладдя має точно сидіти на шпинделі електроінструмент. Під час виконання робіт електроінструмент утримується двома руками за штатні ручки. Шнур підключення живлення необхідно утримувати в стороні від робочого

інструменту, що обертається. Забороняється використовувати електроінструмент без захисний кожух.

При виконанні екзаменаційних завдань та прибиранні робочих місць:

- необхідно бути уважним, не відволікатися сторонніми розмовами та справами, не відволікати інших;
- дотримуватись цієї інструкції;
- дотримуватися правил експлуатації обладнання, механізмів та інструментів, не піддавати їх механічним ударам, не допускати падіння;
- підтримувати порядок та чистоту на робочому місці;
- робочий інструмент розташовувати таким чином, щоб виключався можливість його скочування та падіння;
- працювати лише з справним інструментом;

При несправності інструменту та обладнання – припинити роботу та повідомити керівника.

Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

До видів небезпеки, що можуть статися на виробництві, належать: пожежа; вибух (усередині обладнання, будівлях або навколишньому середовищі); розрив або зруйнування обладнання; викид шкідливих речовин; сполучення перелічених видів небезпеки. З метою запобігання виникненню та ліквідації надзвичайних (аварійних) ситуацій на підприємстві має бути план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій у відповідності до положення. Під час аналізу небезпеки підприємства (об'єкта) потрібно визначити всі можливі аварійні ситуації і аварії, в тому числі й малоймовірні, з катастрофічними наслідками, які можуть виникати на підприємстві, розглянути сценарії їхнього розвитку і оцінити наслідки. Виявлення можливостей і умов виникнення аварій має виконуватись на основі аналізу особливостей роботи як окремого обладнання (апаратів, машин тощо), так і їх групи (технологічних блоків), а також з урахуванням небезпечних властивостей речовин і матеріалів

(вибухопожежонебезпечних та шкідливих), що використовуються у виробництві. При цьому слід враховувати параметри стану речовин (температура, тиск, агрегатний стан тощо) і стан обладнання, які відповідають як нормальному технологічному режиму, так і режимам, які можливі при настанні й розвитку аварії. [27]

У разі виявлення несправності в роботі електричних пристроїв, що знаходяться під напругою (підвищеному їх нагріванні, появи іскріння, запаху гару, задимлення і т.д.), слід негайно повідомити про що трапилося керівнику. Роботу продовжити тільки після усунення несправності. У разі виникнення поганого самопочуття чи отримання травми повідомити про це керівника.

У разі ураження електричним струмом негайно відключити електромережу, надати першу допомогу (самопоміч) потерпілому, повідомити гол. Керівнику, за необхідності звернутися до лікаря/викликати швидку допомогу.

При нещасному випадку або раптовому захворюванні необхідно в першу чергу відключити живлення електрообладнання, повідомити про те, що сталося керівнику, які мають вжити заходів щодо надання першої допомоги постраждалим, викликати швидку медичну допомогу, необхідності відправити постраждалого до найближчого лікувального закладу.

У разі виникнення пожежі необхідно негайно сповістити керівника та слухатись його подальших вказівок. Докласти зусиль для виключення стану страху та паніки. При виявленні вогнища у відділі необхідно будь-яким можливим способом постаратися загасити полум'я в "зародку" з обов'язкове дотримання заходів особистої безпеки.

Під час займання одягу спробувати скинути його. Якщо це зробити не вдається, впасти на підлогу і, перекочуючись, збити полум'я; необхідно накрити одяг, що горить, шматком щільної тканини, облитися водою, забороняється бігти

– біг лише посилить інтенсивність горіння.

У приміщенні, що загорілося, не слід чекати, поки наблизиться полум'я. Основна небезпека пожежі для людини – дим. При настанні ознак ядухи лягти на підлогу і якнайшвидше повзти у бік евакуаційного виходу. При виявленні вибухонебезпечного чи підозрілого предмета не підходьте близько до нього, попередьте про можливу небезпеку тих, хто перебуває поблизу з керівництва.

Під час вибуху необхідно спокійно уточнити обстановку та діяти за вказівкою керівника за необхідності евакуації візьміть з собою документи та предмети першої необхідності, при пересуванні будьте обережні, не чіпайте пошкоджені конструкції, оголені електричні дроти. У зруйнованому чи пошкодженому приміщенні не слід користуватися відкритим вогнем (сірниками, запальничками і т.п.).

Вимога охорони праці після закінчення робіт

Упорядкувати робоче місце. Забрати засоби індивідуального захисту у відведене для зберігання місце. Вимкнути інструмент та обладнання від мережі. Інструмент прибрати у спеціально призначене для зберігання місце. Повідомити керівника про виявлені під час виконання екзаменаційних завдань несправності та несправності обладнання та інструменту, та інших фактори, що впливають на безпеку виконання екзаменаційного завдання. [28]

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У розроблено технологію збирання та роботизованого зварювання причепів сільськогосподарської техніки.

У ході магістерської дисертації було проаналізовано конструкцію, підібрано спосіб зварювання, зварювальні матеріали, основне та допоміжне обладнання. Здійснено розрахунки режимів зварювання та розроблено технологічний процес складання та зварювання причепів сільськогосподарської техніки. Вибрано способи контролю якості зварних з'єднань.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні причепів сільськогосподарської техніки на заводі.

Підбивши підсумки, вважатимуться, що завдання магістерської дисертації виконано і мети досягнуто.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сайлаубек Ж. С. Роботизированная сварка в сварочном производстве [Электронный ресурс] / Ж. С. Сайлаубек // Студенческий форум: электрон. научн. журн. 2017. № 18(18). Режим доступа : <https://nauchforum.ru/journal/stud/18/27125> (дата звернения: 18.10.2021).
2. ГОСТ 1050 – 88*. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной от-делкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. - Введ. 1991-01-01. – Москва: Стандартинформ: Изд-во стандартов, 2010. – 24с.
3. Багрянский, К. В. Теория сварочных процессов / К. В Багрянский, З. А. Добротина, К. К. Хренов. – Киев: Высш. шк., 1976. – 424 с.
4. Экспериментальные и расчётные методы оценки склонности наплавлен-ного металла к образованию горячих и холодных трещин [Электронный ресурс]: Методическое пособие; Рецензент: к. т. н., доцент В. Н. Арисова / Режим доступа : <http://www.studfiles.ru/preview/5885111/>
5. ГОСТ 19521 – 74*. Сварка металлов. Классификация. - Введ. 1975-01-01. – Москва: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1978. – 14 с.
6. Акулов А. И. Технология и оборудование сварки плавлением / А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. - Москва: Машиностроение, 1977. – 432 с.
7. Автоматическая сварка под флюсом [Электронный ресурс] / — Элек-трон. текстовые дан. —Режим доступа : <http://weldingsite.in.ua/af.html>
8. Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие: в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б. П. Конищев [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Потапова. - Москва: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил.
9. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом: в 2 ч. Ч. 1. Сварка в активных газах – 2-е изд., перераб. / А. Г. Потапьевский. – Киев: Екотехнологія, 2007. – 192 с.
10. Потапьевский А. Г. Сварка в углекислом газе / А. Г. Потапьевский. – Москва: Машиностроение, 1984. – 80 с.

11. Защитные газы и сварочные флюсы / Б. П. Конищев [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Потапова. - Москва: Машиностроение, 1989. – 544 с., ил.
12. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]; под общ. ред. В. Г. Сорокина. – Москва: Машиностроение, 1989. – 640 с.
13. ГОСТ 14771-76* Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3). — Взамен ГОСТ 14771-69; введ. 1977-07-01. — Москва: Стандартинформ. Изд-во стандартов, 2007.
14. Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли». – Екатеринбург: ГОУ ВПО Рос. гос. проф.-пед. университет, 2008. – 38 с.
15. ГОСТ 23518-79* Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры; введ. 1980-01-01. —Москва: Стандартинформ. Изд-во стандартов, 2011.
16. Федосов С. А. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учеб. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин [и др.]; под общ. ред. В.Г. Сорокина. – Москва: Машиностроение, 1989. – 640 с.
17. ГОСТ 14771-76* Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3). — Взамен ГОСТ 14771-69; введ. 1977-07-01. — Москва: Стандартинформ. Изд-во стандартов, 2007.
18. Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли». Екатеринбург. ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. университет», 2008. – 38 с.
19. ГОСТ 23518-79* Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные

элементы и раз-меры; введ. 1980-01-01. —Москва: Стандартиформ. Изд-во стандартов, 2011.

20. Федосов С. А. Основы технологии сварки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. А. Федосов, И. Э. Оськин. — Электрон. дан. — Москва: Машиностроение, 2014. — 125 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63218>. — Загл. с экрана.

21. Чернышов Г. Г. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г. Г. Чернышов, Д. М. Шашин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 464 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/12938>. —Загл. с экрана.

22. Степанов В. В. Справочник сварщика / В. В. Степанов. – Москва: Машиностроение, 1983. – 559 с.

23. Волченко В. Н. Контроль качества сварки / В. Н. Волченко. – Москва: Машиностроение, 1975. – 328 с.

24. Троицкий В. А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В. А. Троицкий, В. П. Радько, В. Г. Демидко. – Киев: Вища школа, 1983. – 144 с.

25. Крампит Н. Ю. Сварочные приспособления / Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит. Юрга: – ЮТИ ТПУ, 2008 – 95 с.

26. Климов А. С. Роботизированные технологические комплексы и автома-тические линии в сварке [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. С. Климов, Н. Е. Машнин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 236 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93001>. —Загл. с экрана.

27. О. Г. Левченко ОХОРОНАПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ Курс лекцій для студентів зварювальних спеціалізацій, Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського 2018 - 370 ст.

28. Оціночні матеріали для Демонстраційного іспиту з стандартам Ворлдскілс за компетенцією № Т70 «Роботизоване зварювання» - 116 ст.

https://cdn.dp.worldskills.ru/esatk-prod/public_files/92c93b56-13be-4003-ad75-de859fb78559-a57381411cb805229db9209db71555ce.pdf