МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ И УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему **«Розроблення технології автоматизованого зварювання ресивера пневматичного компресора»**

Виконав: студент групи Маш-41

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Василь ВАРЕНИЦЯ
(ім'я та прізвище)

Керівник: канд. техн. наук, доцент
(нак. ступінь, вчене звання)

Олексій ШВЕЦЬ
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ И УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Освітній ступінь «Бакалавр»
Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
Машинобудування
(назва кафедри)

_____
(підпис)
професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

“____” _____20__року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

_____Варениці Василю Михайловичу_____
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розроблення технології автоматизованого зварювання ресивера пневматичного компресора»

Керівник роботи _____к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович_____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 27 листопада 2023 року №641/к-с

2. Строк подання студентом роботи до 17 червня 2024 року

3. Вихідні дані до робот: довідкова література, технічні характеристики та креслення ресиверів, каталоги зварювального обладнання, методики розробки технологічних процесів, типові технологічні процеси зварювання, методики розрахунку режимів зварювання, інструкції з охорони праці, технічні характеристики зварювальних апаратів та додаткової оснастки, характеристики зварювальних дротів та газів, характеристики конструкційних матеріалів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
4.1. Загальний опис виробу та аналіз конструкції; 4.2. Технологічна частина; 4.3. Охорона праці; 4.4. Економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу:
Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання "____" _____20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Загальний опис виробу та аналіз конструкції	16.02.23	
2	Технологічна частина	15.03.23	
3	Охорона праці	12.04.24	
4	Економічна частина	10.05.24	
5	Оформлення пояснювальної записки	30.05.24	
6	Оформлення графічної частини	17.06.24	

Студент _____ ____Василь ВАРЕНИЦЯ___
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ ___Олексій ШВЕЦЬ____
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 621.791; 62-522.7(075.8)

Варениця В. М. «Розроблення технології автоматизованого зварювання ресивера пневматичного компресора»: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 48 с.

Проведено аналіз конструкцій пневматичних компресорів та їх ресиверів. Проаналізовано технологічні процеси зварювання деталей та вузлів, які працюють під тиском.

Запропоновано технологію автоматизованого електродугового зварювання ресивера пневматичного компресора в середовищі захисних газів, підібрано необхідне обладнання і матеріали, розраховано режими його роботи. Складено маршрут виконання технологічного процесу.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання операцій автоматизованого зварювання.

Визначено собівартість технологічного процесу зварювання та річні капітальні затрати на виробництво ресиверів.

Табл. 13; рис. 8; бібліогр. джерел 26; дод. 1.

ЗМІСТ

	ВСТУП	6
1	ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ВИРОБУ ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ	7
1.1	Аналіз конструкції та призначення повітряних поршневих компресорів	7
1.2	Конструкція повітряних ресиверів та вимоги до них	9
1.3	Технічне завдання на виготовлення ресивера	10
1.3.1	Аналіз існуючих технічних умови на зварювання ресиверів	10
1.3.2	Характеристика конструкції виробу «Ресивер»	12
1.3.3	Матеріал виробу	13
	Висновки за розділом	14
2	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1	Короткий опис технологічного процесу виготовлення ресивера	15
2.2	Аналіз існуючого маршруту виготовлення ресивера	15
2.3	Удосконалення технології зварювання ресивера	19
2.4	Зварювальні матеріали	22
2.5	Технологічний маршрут зварювання ресивера за запропонованою технологією	22
2.6	Розрахунок режимів зварювання	25
2.7	Визначення технологічних норм часу на процес зварювання поздовжніх	28
	Висновки за розділом	31
3	ОХОРОНА ПРАЦІ	32
3.1	Аналіз вимог техніки безпеки під час зварювальних робіт	32
3.2	Моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків	34
3.3	Рекомендації щодо покращення безпеки праці	36
	Висновки за розділом	36
4	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	37
4.1	Розрахунок технологічної собівартості виробу	37
4.1.1	Розрахунок матеріальних витрат	37

4.1.2 Розрахунок чисельності робітників 39
4.1.3 Розрахунок заробітної плати робітників та відрахувань на соціальні потреби 40
4.2 Розрахунок повної собівартості виробу 41
Висновки за розділом 44
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ 45
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК 46
ДОДАТКИ 49

ВСТУП

В даний час однією з основних технологічних операцій, які використовуються під час виготовлення посудин та місткостей високого тиску, є зварювання. На сам перед, зварювання дає змогу створювати посудини складної конструкції, а також економить час та цикл їх виробництва та вартість. Під час виготовлення зварних посудин та місткостей не можна не врахувати їх специфічні особливості (наявність в районі зварних швів зон структурної і механічної неоднорідності металу, можливість існування в металі зварних швів технологічних дефектів, несприятливо орієнтованих по відношенню до виробу напружень). Для виробів, які не проходять після зварювання термічної обробки, необхідно враховувати вплив на міцність залишкових зварювальних напружень.

Задана зварювальна конструкція відноситься до так званої конструкцій оболонкового типу. Конструкції збираються з листових заготовок та зварюють герметичними швами. Оболонкові конструкції діляться на негабаритні ресивери, посудини, які працюють під тиском, труби та трубопроводи. За заданими розмірами конструкції, створення і певних особливостей виготовлення та експлуатації її елементів корегується технологія виготовлення. Виробництво, експлуатація та ремонт місткостей, які працюють під великим тиском перебуває під особливим контролем Державного нагляду.

Окрім технологічного типу проектування технології виготовлення та зварювання виробу, потрібно враховувати технічний та економічний аспекти: вартості та кількість матеріалів, які використовуються для зварювання, норми їх застосовування, вартість та практичність всього виробничого інструменту та обладнаня, типів механізації та автоматизації, економічні аспекти впровадження нової технології, а також вимоги охорони навколишнього середовища та техніки безпеки.

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ВИРОБУ ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ

1.1 Аналіз конструкції та призначення повітряних поршневих компресорів

Повітряний поршневий компресор – це енергетичний агрегат, який призначений для стиснення та подачі повітря під необхідним тиском. Він може застосовуватися як на виробництві, так і в побутових умовах як джерело енергії для пневматичних інструментів та спеціального обладнання. Крім того, приєднавши до компресора спеціальні пристрої, можна виконувати операції продувки, миття та фарбування.

Завдяки використанню сучасних розробок і технологій, сучасні компресори досить компактні, мають малу вагу, володіють оптимальними робочими характеристиками, а також володіють достатньою довговічністю та зносостійкістю основних частин та деталей.

За своєю конструкцією поршневий повітряний компресор відноситься до простих агрегатів, які складаються з однофазного або трифазного асинхронного електродвигуна, насоса (поршневого), пасової передачі, ресивера й систем захисту та автоматики керування.

Принцип роботи компресора простий: нагнітання повітря в ресивер здійснюється під дією зворотно-поступального руху поршня в насосі, який приводиться в рух асинхронним електродвигуном. Обертовий рух від шківа електродвигуна до маховика поршневого насоса передається за допомогою клинопасової передачі.

Тиск повітря в ресивері компресора регулюється автоматично. Система автоматики, яка побудована на основі реле тиску, дозволяє зупиняти роботу електродвигуна коли тиск повітря в ресивері досягає максимального значення та вмикати електродвигун тоді, коли тиск повітря в ресивері досягає заданого мінімального рівня.

Рисунок 1.1 – Конструктивна схема поршневого пневматичного компресора

Простота конструкції компресора забезпечує його надійність. Поршневі компресори, на відміну від інших типів, придатні для експлуатації у важких умовах, агресивних середовищах та добре адаптуються до умов короткочасних навантажень, які можуть часто повторюватися (часті увімкнення та вимкнення).

Пасовий приводом компресора у порівнянні з коаксіальним (прямим) приводом має свої переваги, основна з яких полягає в тому, що поршневий насос працює з меншою частотою обертання колінчастого вала, що дозволяє гарантувати оптимальний рівень продуктивності, охолодження, змащування та терміну його експлуатації.

Крім перелічених вище характеристик компресори можуть мати ще декілька особливостей конструкцій. Різні моделі можуть мати:

- захист двигуна від перевантаження;
- захист двигуна від перегріву;
- кілька каналів виходу стиснутого повітря;
- регулятор вихідного тиску;
- манометр тиску в ресивері;

• манометр тиску на виході;

• швидкознімне з'єднання для підключення обладнання;

• запобіжний клапан стравлювання надлишкового тиску;

• опорно-транспортні колеса.

Ресивер застосовують в пневматичних системах різноманітного обладнання. Він призначений для згладжування пульсації стиснутого повітря в системі його подачі, забезпечення оптимального режиму роботи компресора, часткового відокремлення вологи та мастила з повітря, накопичення та створення запасу повітря. Ресивер – це місткість, яка працює піж тиском і може використовуватись в стаціонарних або пересувних компресорних установках.

1.2 Конструкція повітряних ресиверів та вимоги до них

Оскільки ресивер є посудиною, яка знаходиться під тиском, то до її виготовлення, монтажу, пуску і експлуатація мають відбуватися відповідно до правил НПАОП 0,00-1,07-94 «Правила влаштування та безпечної експлуатації посудин, які працюють під тиском».

Загальний вигляд та конструкція ресивера представлені на рис. .

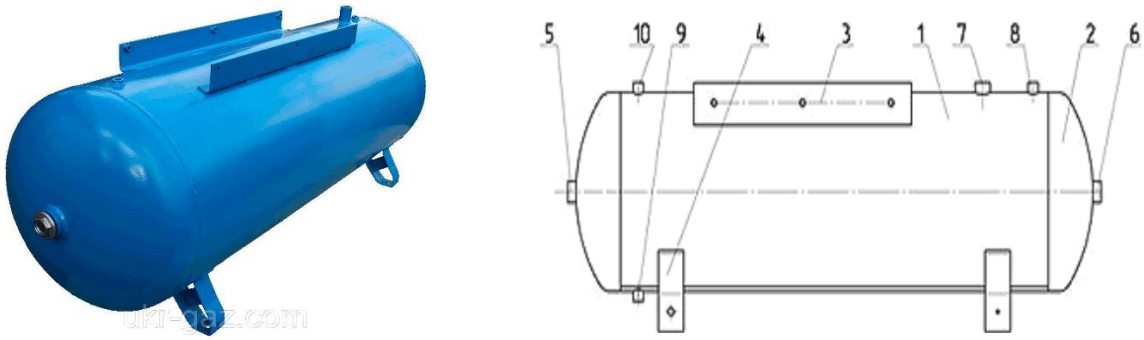


Рисунок 1.2 – Ресивер повітряний

Ресивер складається зі зварної оболонки 1, двох днищ 2, монтажних кутників 3 та опор 4. В днища вварені штуцери 5 і 6 з різьбою для приєднання крана, через який відбуватиметься подача повітря в магістральний трубопровід. На циліндричній поверхні оболонки розташовані штуцери для встановлення зворотного клапана 7, запобіжного клапана 8, крана для зливу конденсату 9 та

манометра 10. В деяких конструкціях штуцер для з'єднання ресивера з повітряною магістраллю може також розташовуватись на його циліндричній поверхні. Ресивери можуть використовуватися у горизонтальному чи вертикальному положеннях.

Надходячи від компресора в ресивер повітря розширюється та охолоджується. Завдяки значному об'єму стиснутого повітря в середині ресивера пульсування тиску, спричинене роботою компресора, згладжується.

Ресивери об'ємом до 1 $м^3$ відносяться до 4 групи посудин, які працюють під тиском за температури на вище 200 °С. Для них добуток тиску в МПа ($кгс/см^2$) на об'єм в $м^3$ (л) не перевищує 1,0 (10000), а отже вони не підлягають обов'язковій реєстрації в органах державного технічного нагляду згідно правил НПАОП 0,00-1,07-94, затверджених наказом Держнаглядохоронпраці України №104 від 18.10.94 р. Крім того, ресивери повинні відповідати технічним умовам ТУ У 28.2-32866025-001:2007 на їх виготовлення. Згідно цих правил для забезпечення безпечної роботи на ресивері повинні бути встановлені запобіжний клапан, манометр, зливний кран, зворотній клапан та блок керування.

1.3 Технічне завдання на виготовлення ресивера

1.3.1 Аналіз існуючих технічних умови на зварювання ресиверів

Конструктивні та зварювальні матеріали, які застосовуються для виготовлення ємкості, що працюють під тиском, повинні відповідати вимогам стандартів або технічних умов. Їх якість має підтверджуватися постачальником відповідними сертифікатами. За їх відсутності всі матеріали повинні перевірятися на відповідність стандартам або технічним умовам на підприємстві, де виробляють ресивери. Так, за відсутності сертифіката на матеріал, механічні випробування зварного шва виконують на розтягнення і ударний згин за зразками згідно ГОСТ 6996-66.

До процесу виготовлення ресиверів висувають наступні вимоги:

На поверхні оболонки та днищ не допускаються тріщини, вм’ятини, раковини, та інші дефекти, якщо їх глибина перевищує мінімальні граничні відхилення, передбачені стандартами чи технічними умовами, або якщо після їх зачистки товщина стінки буде меншою за допустиму розрахункову.

Поверхні деталей, отриманих в процесі термічного різання та зварювання, повинні бути очищені від бризок металу.

Зварювальні роботи можна виконувати тільки після перевірки відділом технічного контролю правильності складання і зачистки всіх поверхонь заготовок.

Зміщення кромок у кільцевих швах, які виконуються методом автоматичого зварювання під шаром флюсу, не повинно перевищувати 5 мм.

Після складання і зварювання оболонка має відповідати наступним вимогам:

- відхилення по довжині не більше ± 0,3% від номінальної довжини;

- відхилення від прямолінійності не більше 2 мм на довжині в 1 м;

- відхилення внутрішнього (зовнішнього) діаметра оболонки, допускається не більше ± 1% номінального діаметра.

У зварювальних швах не допускаються такі зовнішні дефекти:

- тріщини всіх видів і напрямків;

- мікротріщини;

- свищі та пористість зовнішньої поверхні шва;

- підрізи шва;

- напливи, пропали та незаварені кратери;

- зміщення кромок зварених елементів, які перевищують норми, передбачені стандартом;

- невідповідність форм і розмірів шва вимогам стандартів;

- лускатість поверхні і глибина западин між валиками шва, які перевищують допуск на посилення шва по висоті;

Перед зварюванням кромки деталей та прилеглі до них поверхні, повинні бути зачищені від іржі, фарби, мастила, а за необхідності просушені від вологи.

1.3.2 Характеристика конструкції виробу «Ресивер»

Виріб "Ресивер" застосовується для накопичення стиснутого повітря, вирівнювання тиску, згладжування пульсації тиску, очистки повітря від вологи та мастила, нагнітання та створення тиску для роботи пневматичних пристроїв і технологічного обладнання. Під час роботи ресивер зазнає впливу тиску до 10 МПа на внутрішні стінки корпусу (оболонку та днища).

Ресивер (рис.) являє собою зварну конструкцію, яка складається зі зварного циліндра 1, до якого приварені днища 2 з штуцерами 3 та опора 4.

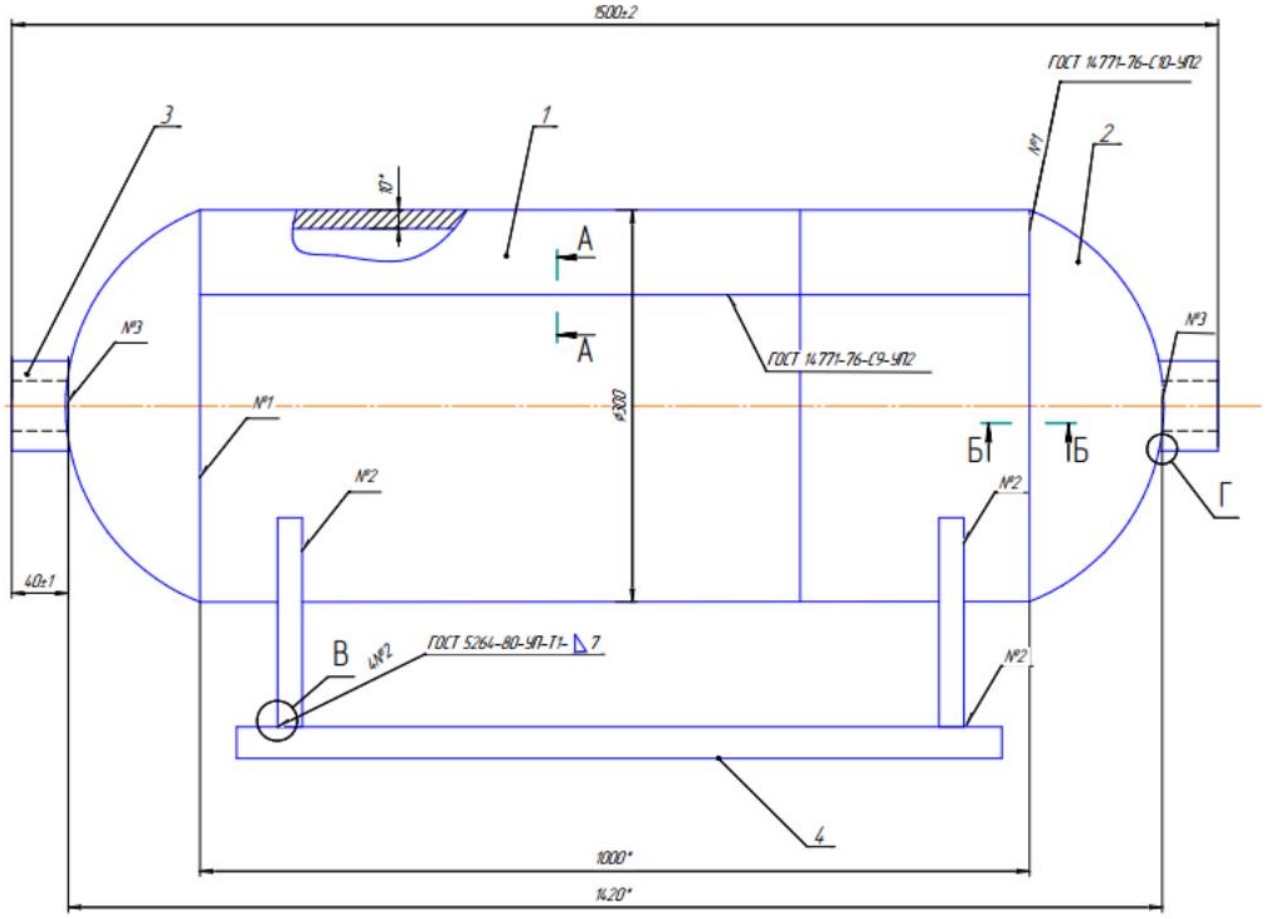


Рисунок 1.3 – Робоче креслення виробу «Ресивер»

Циліндр 1 діаметром 300 мм виготовлений з листової сталі товщиною 10 мм і зварений лінійним зварним швом С17 за ГОСТ 14771-76 довжиною 1000 мм.

Днища 2 сферичної форми виштампувані з листової сталі товщиною 10 мм радіусом 210 мм. В центрі днища виконано наскрізний отвір ø 25 мм, поверх якого приварений фланець 3 ø 40 мм довжиною 40 мм з різьбою 1’. Днища

приварені до циліндра кільцевим швом С9 (№1) за ГОСТ 14771-76. Фланці приварені до днищ зварним швом Т6 (№3) за ГОСТ 14771-76.

Опора 4 зварена з квадратного профільної труби 25х25х2 (ГОСТ 8639-82) тавровими швами Т1 (№2). Такими ж швами опора приварена до циліндра 1.

1.3.3 Матеріал виробу

Виріб "Ресивер" виготовляється з листової сталі 14ХГС. Це конструкційна низьколегована хромокремнемарганцева сталь, яка використовується для виготовлення зварних конструкцій, клапанних, листових деталей, електрозварних труб газопроводів високого тиску.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад % матеріалу 14ХГС ГОСТ 19281 – 2014

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Cu	As
0,11-0,16	0,4-0,7	0,9-1,3	до 0,3	до 0,035	до 0,03	0,5-0,8	до 0,05	до 0,012	до 0,3	до 0,08

Таблиця 1.2 - Механічні показники при Т=20° С матеріалу 14ХГС

Сортамент	Розмір	Напр.	$\sigma_в$	$\sigma_т$	δ_5	ψ	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж/м^2	-
Лист, ГОСТ 103-2006			490	345	22	-	340-390	

Опора ресивера виконана з трубного прокату з поздовжнім швом без покриття. Матеріал прокату – сталі Ст 3сп. Це Конструкційна вуглецева сталь звичайної якості, яка використовується для виготовлення несучих частин зварних і незварних конструкцій та деталей, які працюють при плюсових температурах. Поставляється виробником шматками довжиною 6000 мм.

Таблиця 1.3 - Хімічний склад % матеріалу Ст 3сп ГОСТ 380-2005

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,14-0,22	0,15-0,3	0,4-0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблиця 1.4 - Механічні показники при Т=20° С матеріалу Ст 3сп

Сортамент	Розмір	Напр.	$\sigma_в$	$\sigma_т$	δ_5	ψ	$НВ10^{-1}$	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	МПа	-
Прокат, ГОСТ 535-2005			490	255	26	60	131	

Дана сталь зварюється без обмежень РДЗ, механізованим та автоматичним електродуговим зварюванням в середовищі захисних газів або під флюсом.

Висновки за розділом

Аналіз конструкції та призначення ресиверів показав високі вимоги до якості виконання операцій зварювання в технологічних процесах їх виготовлення, оскільки виробництво, експлуатація та ремонт місткостей, які працюють під тиском перебуває під особливим контролем Державного нагляду.

Забезпечити високу якість виконання зварних з’єднань деталей машин, які працюють під тиском, можливо шляхом впровадження автоматизованих процесів зварювання, зокрема в середовищі захисних газів.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Короткий опис технологічного процесу виготовлення ресивера

Технологічний процесу виготовлення ресивера для пневматичного компресора починається з підготовки листового матеріалу до операцій формоутворення так як всі складові частини ресивера виготовляються з листової сталі. Операції підготовки листового матеріалу передбачають його очистку за допомогою піскоструменевої установки, так як вона є дешевою та економічнішою та більш продуктивнішою за інші види очистки.

Процес вирізання заготовок виконують за допомогою установки для плазмового різання EX-TRACK. Дана установка дозволяє виконувати вирізання заготовок з листового матеріалу різної складності товщиною до 20 мм.

Для складання, простановки прихваток та зварювання оболонки ресивера пропонується використовувати спеціальний стенд для складання, елементи кріплення та фіксації якого мають бути налаштований на відповідні розміри заготовок.

Міжопераційні переміщення в технологічному процесі виготовлення ресивера виконують за допомогою кран-балки, обладнаної кантувальною траверсою. Транспортування листового прокату до місць його розкрою здійснюють мостовим краном, оснащеним магнітними захватами.

Після зварювання ресивер надходить на дільницю технічного контролю.

2.2. Аналіз існуючого маршруту виготовлення ресивера

Процес виготовлення ресивера складається з кількох технологічних стадій виробництва:

Заготівельна. Її операції передбачають виконання операцій, які спрямовані на виготовлення деталей та надання їм форми, наближеної до форми та розмірів готових деталей. До переліку таких операцій входить розкрій, вирізання

заготовок з листового матеріалу, виготовлення заготовок литтям, штампуванням, кування тощо.

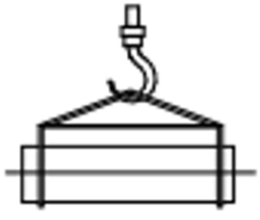
Обробна. Дана фаза технологічного процесу передбачає операції з надання деталям розмірів, які відповідають заданому класу точності. Ці операції можуть поєднуватись із заготівельними, оскільки для них можуть використовуватись однакові металорізальні верстати, листозгинальні машини, пресове устаткування, термопечі, різаки тощо.

Складальна. Даний етап включають до технологічного процесу за необхідності формування складальних одиниць (складальні одиниці першого порядку, вузли, агрегати) або готових виробів. Виробничі процеси на цієї стадії можуть характеризуватися значними затратами ручної праці.

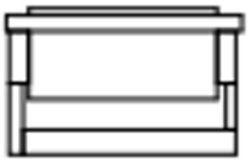
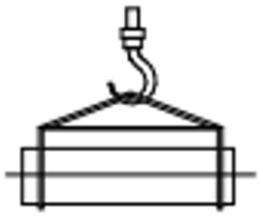
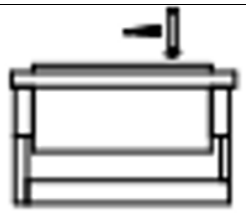
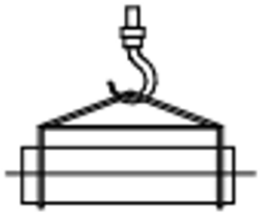
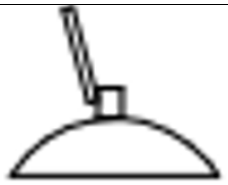
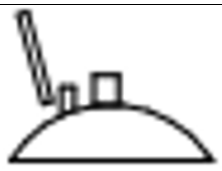
Регулювально-налагоджувальна. Цю стадію включають до структури виробничого процесу з метою забезпечення необхідних технічних параметрів готового виробу.

У таблиці 2.1 наведено існуючий маршрут виготовлення ресивера, в якому визначено технологічну послідовність виконання усіх операцій.

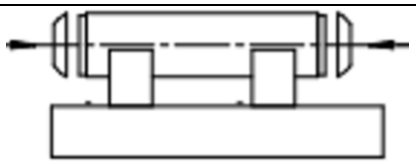
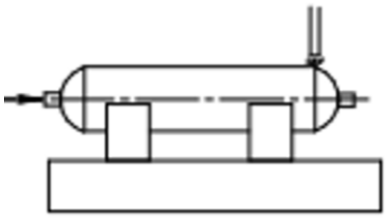
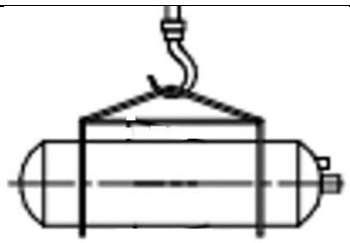
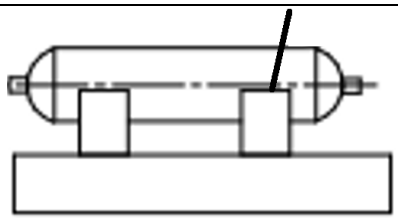
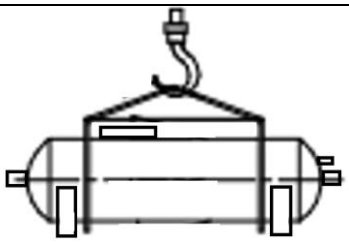
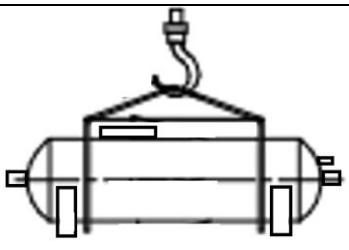
Таблиця 2.1 – Існуючий технологічний маршрут виготовлення ресивера

№	Назва операції	Ескіз	Суть технологічного переходу
1	2	3	4
005	Слюсарна		Попереднє підгинання кромок заготовки для оболонки ресивера
010	Вальцювання		Вальцювати оболонку діаметром 600 мм.
015	Транспортна		Перемістити звальцьовану заготовку на пост складання оболонки

Продовження таблиці 2.1

020	Складальна		1. Встановити заготовку на столі. 2. Зафіксувати кромки оболонки забезпечивши зазор між ними за допомогою щупа. 3. Встановити прихватки та вивідні планки.
025	Транспортна		Перемістити зібрану оболонку на пост зварювання повздовжніх швів
030	Зварювальна		Зварити повздовжній шов оболонки
035	Механічна		Зрізати вивідні планки та зачистити шов
040	Транспортна		Перемістити оболонку на пост складання ресивера
045	Складально-зварювальна		Встановити патрубок в денце та виконати зварювання
050	Складально-зварювальна		Встановити штуцер в денце та виконати зварювання

Продовження таблиці 2.1

055	Складальна		Встановити оболонку та денця в установку для зварювання, зафіксувати їх та виконати прихватки на відстані 100-150 мм одна відносно одної
060	Зварювальна		Приварити денце до оболонки. Перемістити зварювальну головку на 1000 мм та приварити інше денце.
065	Транспортна		Перемістити заготовку на пост складання ресивера
070	Зварювальна		Приварити стійки та кронштейни на ресивері
075	Транспортна		Перемістити зібраний ресивер на пост технічного контролю
080	Контрольна		Контролювати міцність зварних швів на тиск $P=1,5 \cdot P_{ном}$
085	Транспортна		Перемістити ресивер на склад готової продукції

2.3 Удосконалення технології зварювання ресивера

З метою збільшення продуктивності праці та підвищення якості процесу зварювання, яка визначається вимогами до зварних конструкцій, які працюють під тиском роботі пропонується удосконалити процес зварювання шляхом застосування установки для автоматичного зварювання лінійних і кільцевих швів. Загальний вигляд такої установки показаний на рисунку 2.1.

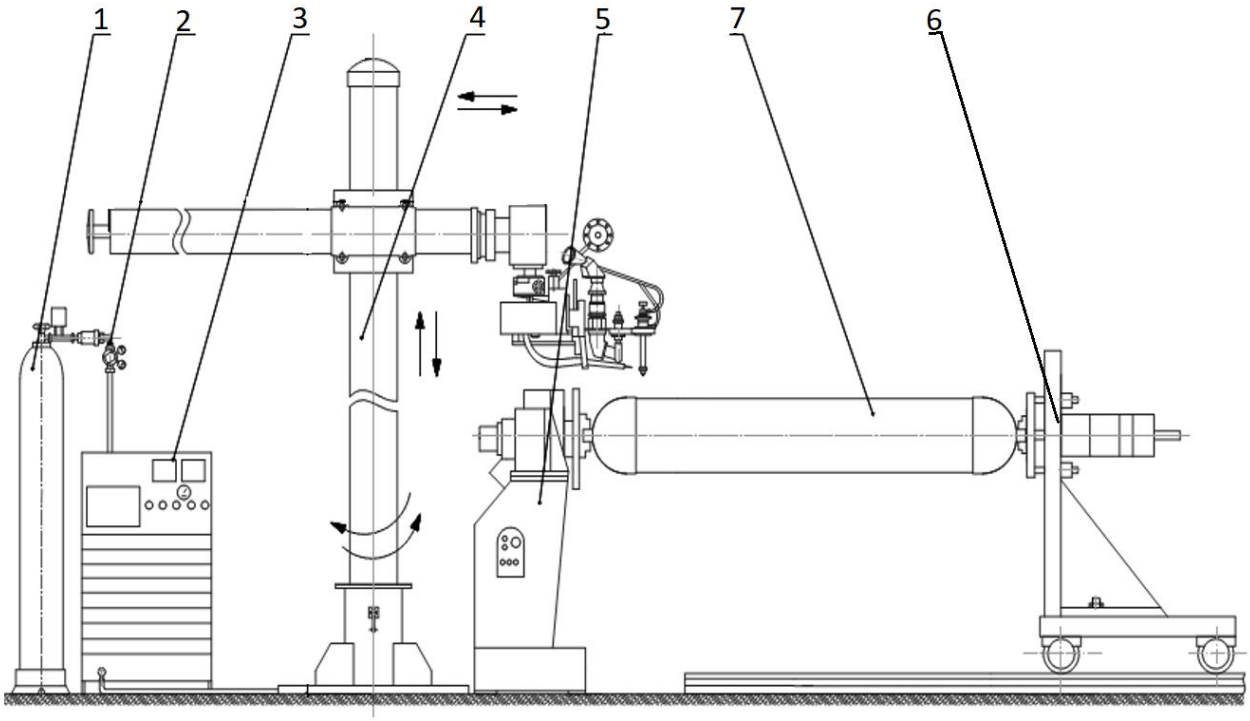
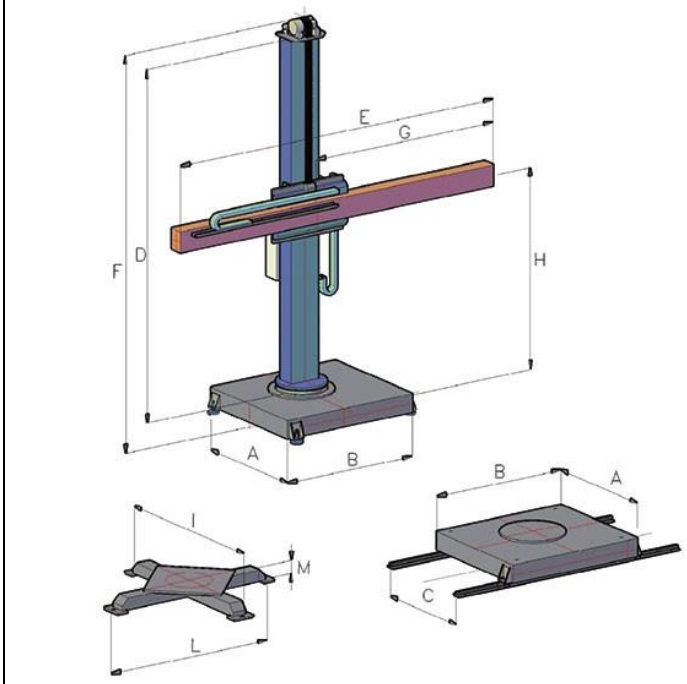


Рисунок 2.1 – Установка для автоматичного зварювання повздовжніх та кільцевих швів

1 – балон з захисним газом; 2 – газовий редуктор; 3 – зварювальне джерело живлення; 4 – зварювальна колона; 5 – обертач; 6 – відкатна опора; 7 – зварювана деталь

Зварювальна колона може бути встановлена як стаціонарно так і рухомо. Їх габарити обмежуються максимальною робочою висотою підіймання консолі та робочим вильотом консолі.

Таблиця 2.2 - Габаритні розміри колони SMB 2x2, мм



Розмір	Значення
A	1500
B	1600
C	1200
E	3000
F	3350
G	2500
H	650
I	1500
L	1500
M	160
↑ / ↓	750
→ /←	MIN/MAX 500/2000

Серед основних габаритних розмірів зварювальних колон розрізняють робочі, технологічні та монтажні розміри.

В якості зварювального джерела для установки вибираємо випрямляч ВДУ-506С. Його технічні характеристики наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 -Технічні характеристики випрямляча ВДУ-506С

Параметр	Значення
Напруга мережі живлення, В	3x38
Номінальний зварювальний струм при ПВ-100%, А	500
Кількість постів, шт	8
Номінальний зварювальний пост струм при ПВ-60%, А	315
Коефіцієнт одночасності роботи постів	0,5
Номінальна робоча напруга, В	63
Напруга холостого ходу, не більше В	75
Потужність, яка споживається при номін. звар. струмі, кВА	96
Коефіцієнт корисної дії, %	93
Маса, кг, не більше	310
Габаритні розміри (ДхШхВ), мм	840x505x795

Рисунок 2.2 – Зварювальний випрямляч ВДУ-506С

Для забезпечення обертання зварних конструкцій в комплекті з колоною можна застосувати обертачі малого та середнього розмірів фірми «Атлант», які призначені для повної або часткової автоматизації зварювальних процесів при напівавтоматичному (MIG/MAG) та аргоно-дуговому (TIG) зварюванні. Це обладнання спрощує проведення зварювальних робіт з кільцевих траєкторій, наприклад, приварювання фланців, зварювання стиків труб тощо. Обертачі використовуються для будь-якої серійності виробництва.

Рисунок 2.3 – Загальний вигляд зварювального обертача АТЛАНТ

1 – стійка; 2 – корпус; 3 – механізм регулювання нахилу стола; 4 – планшайба (стіл); 5 – патрон; 6 – передня панель; 7 – педаль керування

Привід обертача забезпечує електродвигун постійного струму, завдяки чому досягається висока стабільність та плавне регулювання швидкості обертання. Завдяки спеціальному контролеру із цифровим дисплеєм та вбудованому фотоелектричному датчику кутових переміщень забезпечується можливість задавати довільний кут повороту. Установка обладнана кнопкою аварійної зупинки, а зручність керування забезпечує ножна педаль. Стіл обертача може бути повернутий від 0° до 90° градусів, з фіксацією у довільному положенні.

2.4. Зварювальні матеріали

Для виконання процесу автоматичного зварювання ресивера в середовищі захисних газів вибираємо зварювальний дріт марки Св-08ХГ2С. Його технічні характеристики неведені в таблиці .

Таблиця 2.4 - Хімічний склад дроту Св-08ХГ2С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0,05 – 0,11	0,7 – 0,95	1,7 – 2,1	до 0,25	до 0,025	до 0,03	0,7 - 1	до 0,018

Як захисний газ в процесі зварювання буде застосовуватися вуглекислий газ, який поставляється на підприємства в зрідженому стані в балонах типу А місткістю 40 л при максимальному тиску 20 МПа.

2.5. Технологічний маршрут зварювання ресивера за запропонованою технологією

Технологічний маршрут виготовлення ресивера, який пропонується виконувати за наведеною вище технології відображено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Удосконалений технологічний маршрут виготовлення ресивера

№	Назва операції	Суть технологічного переходу та режим	Обладнання та режими
005	Складування	Виконати підбір матеріалу на складі	Кран-балка вантажопідйомністю 5 т
010	Різання	Виконати різання листового матеріалу	Установка для плазмового різання EX-TRACK
015	Виправлення	Виконати виправлення листів	Правильна машина МЛЧ 2825
020	Очищення	Очистити матеріал заготовок	Установка піскоструменева УПС-600
025	Вальцювання	Звальцювати оболонку	Вальцевий стан СВА-900-2
030	Зачистка	Провести зачистку кромок	Шліфмашина кутова
035	Контроль	Контролювати якість зачищення кромок під зварювання	Комплект вимірювальних приладів: - рулетка з діапазоном від 0 до 5000 мм, ціною розподілу 1,0; - штангенциркуль ШЦ-II-250-0.1; - кутомір УГ-40.
040	Складання (прихватками)	Зібрати ресивер прихватками	Зварювальний випрямляч ВДУ-506С, пальник ручний Abicor Binzel A 155 LW, механізм подачі дроту СПМ-410 I = 93А U=24В Vзв = 3.6 м / год de = 1,0 мм

Продовження таблиці 2.5

045	Зварювання	Зварити почергово повздовжній шов ресивера, приварити денця та патрубки.	Зварювальна колона SMB 2x2, головка A2 S, випрямляч ВДУ-506, обертач Атлант 2 I = 380 А U=38 В Vзв = 28,6 м/год Vпд=112,5 м/год de =1.6 мм qз.г.= 17 л/хв
050	Зварювання	Приварити раму, ручку та фланці кріплення компресора	Зварювальний випрямляч ВДУ-506С, пальник ручний Abicor Binzel A 155 LW, механізм подачі дроту СПМ-410 I = 93А U=24В Vзв = 3.6 м / год de = 1,0 мм
055	Очистка	Виконати зачистку швів після зварювання	Шліфмашина кутова
060	Контроль	Контролювати параметри зварних швів	Комплект вимірювальних приладів: - рулетка з діапазоном від 0 до 5000 мм, ціною розподілу 1,0; - шт. циркуль ШЦ-II-250-0.1; - кутомір УГ-40. - дефектоскоп OmniScan
065	Транспортна	Транспортувати готовий виріб на склад	Кран-балка вантажопідйомністю 5 т

2.6 Розрахунок режимів зварювання

Режими зварювання визначаються для процесу автоматичного зварювання суцільним стальним дротом в середовищі захисного вуглекислого газу (CO_2).

Оболонка ресивера зварюється з листового матеріалу товщиною 10 мм швом С8 (рис. 2.4).

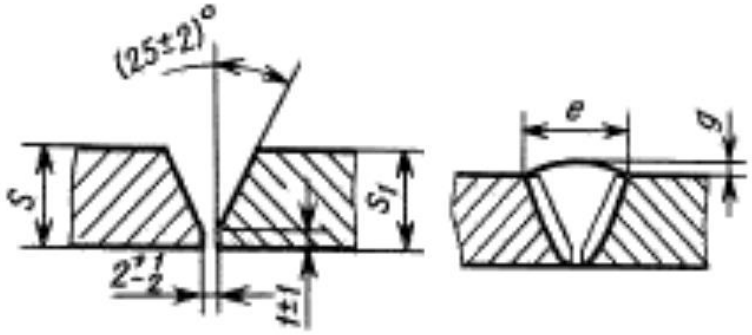


Рисунок 2.4 – Схема зварного шва С8

Згідно стандарту для товщини деталей S = 10 мм ширина шва e = 16 ± 2 мм, а величина підсилення q = 0…2 мм. Підготовку кромок слід виконати за вимогами, вказаними на рис. 2.4.

Приварювання денця до оболонки відбувається зварним швом С17 (рис. 2.5).

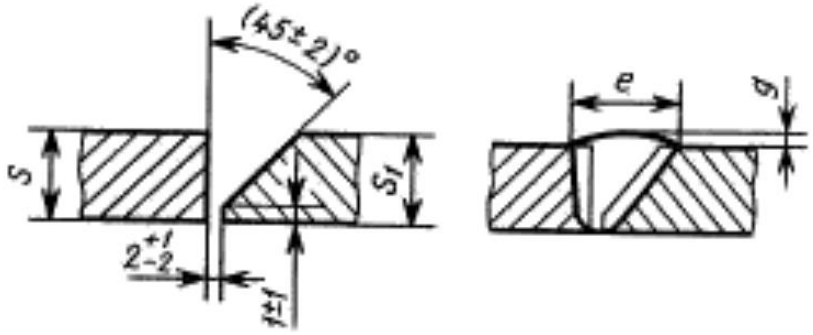


Рисунок 2.5 – Схема зварного шва С17

Згідно стандарту для товщини деталей S = 10 мм ширина шва e = 16 ± 2 мм, а величина підсилення q = 0…2 мм. Підготовку кромок слід виконати за вимогами, вказаними на рис. 2.5. Тільки на поверхні торців денець.

Визначаємо необхідну глибину проплавлення деталей ресивера:

$$h_p = 0{,}8S\text{-}0{,}5b \text{ , мм} \quad (2.1)$$

де b – зазор між зварюваними деталями, мм.

$$h_p = 0{,}8 \cdot 10 - 0{,}5 \cdot 1 = 7{,}5 \text{ мм}$$

Площа поперечного перерізу наплавленого металу у шві визначається за формулою:

$$F_н = F_0 + F_п, \text{ мм}^2 \quad (2.2)$$

де $F_0 = 0{,}73 \cdot e \cdot q$ - площа основного металу шва, мм^2 ;

$$F_0 = 0{,}73 \cdot 16 \cdot 2 = 23{,}36 \text{ мм}^2$$

$F_п = b \cdot S$ - площа підсилення шва, мм^2 ;

$$F_п = b \cdot S = 10 \cdot 1 = 10 \text{ мм}^2$$

Тоді

$$F_н = 23{,}36 + 10 = 33{,}36 \text{ мм}^2$$

Визначимо необхідний діаметр зварювального дроту:

$$d_{ед} = k_d \cdot F_н^{0{,}625}, \text{ мм} \quad (2.3)$$

де k_d – розрахунковий коефіцієнт, (k_d = 0,036…0,16).

$$d_{ед} = (0{,}036 \ldots 0{,}16) \cdot 33{,}36^{0{,}625} = 1{,}1 \ldots 1{,}5 \text{ мм}$$

За результатами розрахунків з отриманого проміжку приймаємо стандартний діаметр електродного зварювального дроту $d_{ед} = 1{,}2$ мм.

Розраховуємо необхідний зварювальний струм:

$$I_{зв} = \frac{h_p}{k_h} \cdot 100, \text{ А} \quad (2.4)$$

де k_h - коефіцієнт пропорційності (k_h = 2,1).

$$I_{зв} = \frac{7{,}5}{2{,}1} \cdot 100 = 380 \text{ А}$$

Необхідний виліт електрода має становити:

$$l_e = 10 \cdot d_{ед}, \text{ мм} \quad (2.5)$$

$$l = 10 \cdot 1{,}2 = 12 \text{ мм}$$

Коефіцієнт розплавлення металу визначаємо за формулою:

$$\alpha_р = 1{,}21 \cdot I_{зв}^{(0{,}32)} \cdot l^{(0{,}38)} \cdot d_{ед}^{(-0{,}64)} \text{ , г / А} \cdot \text{год} \quad (2.6)$$

$$\alpha_p = 61{,}21 \cdot 380^{(0{,}32)} \cdot 12^{(0{,}38)} \cdot 1{,}2^{(-0{,}64)} = 18{,}7 \text{ г / А} \cdot \text{год}$$

Густина струму при цьому становитиме:

$$j = \frac{I_{зв}}{F_{ед}} = \frac{4 \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_{ед}^2}, \text{ А/мм}^2 \quad (2.7)$$

де $F_{ед}$ - площа перерізу електродного дроту, мм^2 ;

$$j = \frac{4 \cdot 380}{3{,}14 \cdot 1{,}2^2} = 338 \text{ А/мм}^2$$

Коефіцієнт наплавлення становить:

$$\alpha_н = \alpha_р \cdot (100 - \varphi_в)/100 \text{ , г / А} \cdot \text{год} \quad (2.8)$$

де $\varphi_в$ – коефіцієнт втрат металу. Для зварювання в середовищі захисних газів $\varphi_в$ приймають в межах 3 %.

$$\alpha_н = 18{,}7 \ (100\text{-}3) \ / \ 100 = 18{,}2 \text{ г / А} \cdot \text{год}$$

Перевіримо результати за розрахунковим коефіцієнтом втрат:

$$\varphi_{вр} = -4{,}72 + 17{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4{,}48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2 \quad (2.9)$$

$$\varphi_{вр} = -4{,}72 + 17{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot 338 - 4{,}48 \cdot 10^{-4} \cdot 338^2 = 1{,}5 \ \%$$

Як бачимо, розрахунковий коефіцієнт втрат не перевищує прийнятий.

Для якісного виконання процесу зварювання розрахункова швидкість процесу має становити:

$$V_{зв} = \alpha_н \cdot I_{зв} \ / \ 3600 \cdot \rho \cdot F_н \text{ , м/год} \quad (2.10)$$

де ρ – густина металу шва, ρ = 7,8 г/см^3.

$$V_{зв} = 18{,}2 \cdot 380 \ / \ 3600 \cdot 7{,}8 \cdot 0{,}33 = 0{,}89 \text{ см/с} = 32 \text{ м/год}$$

Напруга на дузі визначається за формулою:

$$U_д = 15 + 0{,}05 \cdot I_{зв} \text{ , В} \quad (3.17)$$

$$U_д = 15 + 0{,}05 \cdot 380 = 38 \text{ В}$$

Погонна енергія, яка затрачається на зварювання становитиме:

$$q_п = \frac{I_{зв} \cdot U_д \cdot \eta}{V_{зв}}, \text{ Дж/см} \quad 2.11()$$

Прийнявши $\eta = 0{,}75$ матимемо:

$$q_п = \frac{380 \cdot 38 \cdot 0{,}75}{0{,}89} = 14570 \text{ Дж/см}$$

Визначимо коефіцієнт форми провару:

$$q_{пр} = K' \cdot (19 - 0{,}01 \cdot I_{зв}) \frac{U_д \cdot d_{ед}}{I_{зв}}, \quad (2.12)$$

де *K'*– коефіцієнт, який залежить від виду струму та його полярності.

Для зварювання на постійному струмі зворотньої полярності

$$K' = 0{,}367 \cdot 120^{0{,}1925} = 0{,}92$$

Тоді

$$q_{\text{пр}} = 0{,}92 \cdot (19 - 0{,}01 \cdot 380)\frac{380 \cdot 1{,}2}{380} \approx 1{,}55$$

Перевіряємо виконання умови забезпечення глибини проплавлення за один прохід:

$$h_1 = 0{,}081\sqrt{\frac{14570}{1{,}55}} = 7{,}8 \text{ мм}$$

7,8 мм > 7,5 мм отже буде забезпечуватись повний провер деталей.

Необхідну швидкість подачі зварювального дроту визначаємо за формулою:

$$V_{\text{ед}} = \frac{4 \cdot V_{\text{зв}} \cdot F_{\text{н}}}{\pi \cdot d_{\text{ед}}^2}, \text{ м/год} \qquad (2.13)$$

$$V_{\text{ед}} = \frac{4 \cdot 32 \cdot 33}{3{,}14 \cdot 1{,}2^2} = 738, \text{ м/год}$$

Витрата захисного газу визначається за формулою:

$$q_{\text{зг}} = 0{,}2 \cdot I_{\text{св}}^{0{,}75}, \text{ л/хв} \qquad (2.14)$$

$$q_{\text{зг}} = 0{,}2 \cdot 380^{0{,}75} \approx 17 \text{ л / хв}$$

Розраховані параметри процесу зварювання підходять як для операцій автоматичного зварювання, так і для виконання прихваток під час складання металоконструкції.

2.7. Визначення технологічних норм часу на процес зварювання поздовжніх

Загальний час виконання зварювальної операції $T_{\text{шт. к}}$, (год) складається з декількох компонентів і визначається за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{пз}} + t_{\text{д}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{п}}, \qquad (2.15)$$

де $T_{\text{шт-к}}$ - штучно-калькуляційний час на виконання зварювальної операції,год;

$t_{\text{осн}}$ – основний час зварювання, год;

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

$t_{\text{д}}$ - допоміжний час, год;

$t_{\text{обс}}$ – час на обслуговування робочого місця, год;

$t_{\text{п}}$ – час перерв на відпочинок та особисті потреби, год.

Основний час $t_{осн}$ – це час на безпосереднє виконання зварювальної операції. Його визначають за формулою:

$$t_{осн} = \frac{L_ш}{V_{зв}} \quad (2.16)$$

де $L_ш$ – довжина шва, м;

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

Сумарна довжина зварного шва, який необхідно виконати під час зварювання ресивера $\Sigma L_ш$ = 23,34 м.

Отже, основний час зварювання за щапропонованою технологією становитиме:

$$t_{осн} = \frac{23{,}34}{32} = 0{,}73 \text{ год}$$

Підготовчо-заключний час $t_{пз}$ включає в себе такі операції, як отримання виробничого завдання, інструктаж, отримання та здавання інструментів, огляд та підготовка обладнання до роботи тощо. При його визначенні загальний норматив підготовчо-заключного часу ділиться на кількість деталей, випущених за зміну. Для проектного варіанту технології приймемо:

$$t_{пз} = 10\% \text{ від } t_{осн}$$

Отже

$$t_{пз} = 0{,}073 \text{ год.}$$

Допоміжний час $t_д$ включає час на заправку касети з електродним дротом $t_е$, огляд та очищення зварних кромок $t_{кр}$, очищення швів від шлаку та бризок $t_{бр}$, таврування швів $t_т$, встановлення та поворот виробу, його закріплення $t_{вст}$:

$$t_д = t_е + t_{кр} + t_{бр} + t_{вст} + t_т \text{ , год} \quad (2.17)$$

Під час напівавтоматичного та автоматичному зварювання у допоміжний час входить час для заправлення касети з електродного дроту. Це час можна прийняти рівним

$$t_е = 5 \text{ хв} = 0{,}083 \text{ год.}$$

Час зачистки кромок або шва $t_{кр}$ обчислюють за такою формулою:

$$t_{кр} = L_ш\,(0{,}6 + 1{,}2 \cdot (n_С - 1)) \quad (2.18)$$

де $n_С$ – кількість шарів при зварюванні за кілька проходів.

Так як зварювання буде відбуватись за один прохід, розраховуємо час зачистки кромок або шва за формулою :

$$t_{кр} = 23{,}34 \cdot 0{,}6 = 14 \text{ хв}$$

Час встановлення клейма $t_т$ приймають 0,03 хв. на 1 знак, $t_т = 0{,}21$ хв.

Час на встановлення, поворот та зняття виробу $t_{вст}$ залежить від його маси. Рекомендації щодо його вибору наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 − Норма часу на встановлення, поворот та зняття виробу в залежності від його маси

Елементи робіт	Вага виробу, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100
	Час, хв						
	вручну				краном		
Встановити, повернути, зняти складальну одиницю і віднести на місце складування	1,3	3,0	4,3	6,0	5,2	6,3	8,4

За таблицею 2.6 приймаємо

$$t_{вст} = 0{,}14 \text{ год.}$$

Отже, допоміжний час складе:

$$t_д = 0{,}083 + 0{,}14 + 0{,}14 + 0{,}21 + 0{,}14 = 0{,}713 \text{ год}$$

Час на обслуговування робочого місця $t_{обс}$ включає час на встановлення режиму зварювання, налагодження автомата, прибирання інструменту і приймається рівним:

$$t_{обс} = (0{,}06 \ldots 0{,}08) \cdot t_{осн} \text{ , год} \qquad (2.19)$$

Час на обслуговування робочого місця становитиме:

$$t_{обс} = 0{,}07 \cdot 073 = 0{,}051 \text{ год.}$$

Час перерв на відпочинок та особи,сті потреби залежить від становища, в якому зварювальник виконує роботи. При зварюванні у зручному положенні:

$$t_п = 0{,}07 \cdot t_{осн} \qquad (2.20)$$

$$t_п = 0{,}07 \cdot 0{,}73 = 0{,}051 \text{ год.}$$

Таким чином, загальний штучно-калькуляційний час на виконання зварювальної операції становитиме:

$$T_{\text{шт-к}} = 0{,}73 + 0{,}073 + 0{,}713 + 0{,}051 + 0{,}051 = 1{,}618 \text{ год.}$$

Визначаємо загальну трудомісткість річної виробничої програми $Q_{\text{р.п.}}$ виготовлення ресиверів за операціями технологічного процесу при програмі випуску $N = 1000$ шт.

$$Q_{\text{р.п.}} = 1{,}618 \cdot 1000 = 1618 \text{ год.}$$

Отримані результати будуть використані для розробки технологічної документації, нормування та обліку праці робітників, а також для визначення економічних показників пропонованої технології.

Висновки за розділом

Для виконання процесу автоматизованого зварювання ресивера за удосконаленою технологією пропонується комплект технологічного обладнання у складі зварювальної колони SMB 2x2 зі зварювальною головкою A2 S Mini Master, зварювального випрямляча ВДУ-506С з механізмом подачі дроту СПМ-410, обертача Атрант 0,5, зварювальних затискачів та вимірювальних пристроїв. Дана технологія та підібране для неї обладнання дозволяє виконувати зварювання зі швидкість 28,6 м/год та забезпечити провар на глибину 7,8 мм, що при товщині металу S = 10 мм і скосі кромок швів С17 під кутом $\alpha = 45^{\circ}\pm2$ гарантує необхідну якість з’єднання.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Аналіз вимог техніки безпеки під час зварювальних робіт

До роботи зварювальником допускати осіб, які досягли 18-річного віку, навчені і атестовані на II кваліфікаційну групу з електробезпеки, пройшли медичний огляд, вступний і первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці, які вже оволоділи безпечними методами виконання робіт і пройшли перевірку знань вимог охорони праці.

Зварювальник повинен бути забезпечений необхідними засобами індивідуального захисту відповідно до типових норм.

Перебуваючи у зварювально-монтажному цеху, необхідно:

- звертати увагу на сигнали, що подаються з вантажопідіймальних кранів, кантувачів і рухомого транспорту;

- не стояти і не проходити під вантажем, піднятим краном, а також між верстатами, колонами, огорожами, стінами будівлі і ін., близько розташованими до пересувного вантажу;

- під час руху по цеху користуватися тільки встановленими проходами, що не перелазити через конвеєри, рольганги і т.п.

Перед початком роботи обов’язково слід одягти спецодяг, перевірити справність обладнання, електропроводки, трубопроводів та газової арматури, наявність і справність заземлення.

Витяжна вентиляція повинна бути встановлена над столом для зварювання.

Про всі помічені недоліки, несправності в обладнанні і про виниклі небезпеки повідомити майстру. До роботи можна приступати тільки після усунення всіх несправностей і дозволу майстра.

Не слід дивитися на дугу незахищеними очима. Необхідно користуватися захисною маскою зі світлофільтром.

Забороняється залишати без нагляду установку з підключеними стисненим повітрям і включеним напругою.

Під час роботи забороняється тримати шланги під пахвою, на плечах або затискати ногами. Забороняється допускати зіткнення шлангів з струмопровідними проводами.

При перегрів зварювального апарата робота повинна бути зупинена до повного його охолодження.

Не допускати попадання на шланги іскор, вогню або важких предметів, а також впливу високих температур.

Забороняється приєднання до шлангів вилок, трійників і т.п. для живлення декількох апаратів.

Не допускати проведення ремонту апаратури у робочому стані. У разі несправності негайно припинити роботу і повідомити майстру.

При щоденному обслуговуванні необхідно перевіряти справність підвідних проводів; справність контактних затискачів і роз'ємів на панелі з затискачами; заземлення джерела живлення; заземлення зварної конструкції або столу.

Справність захисних засобів слід перевіряти перед кожним застосуванням. Захисні засоби, у яких закінчився термін чергового випробування, застосовувати забороняється.

Для запобігання виникненню пожеж необхідно дотримуватися таких вимог:

- не захаращувати доступи і проходи до протипожежного інвентарю, вогнегасників, гідрантів;

- зберігати горючі та легкозаймисті речовини в спеціально відведених місцях з дотриманням заходів пожежної безпеки;

- палити тільки в спеціально відведених місцях, забезпечених протипожежним інвентарем і урнами;

- використаний обтиральний матеріал зберігати в металевому ящику з щільно закривається кришкою;

- не підходити з відкритим вогнем до шлангів і балонів;

- не чистити і не прати робочий одяг бензином і іншими легкозаймистими рідинами.

При виникненні ситуацій, які можуть привести до аварій і нещасних випадків (наприклад, при пробої ізоляції в ланцюзі, протіканні шлангів), необхідно припинити роботу, відключити подачу електроенергії, вивести з небезпечної зони людей і повідомити про виниклу ситуацію керівнику робіт.

При виникненні аварії негайно вжити заходів з надання потерпілим першої допомоги, викликати машину швидкої допомоги.

При виявленні пожежі негайно повідомити в пожежну охорону по телефону 101, сповістити керівництво і до прибуття пожежних приступити до ліквідації вогнища пожежі наявними засобами в залежності від загорівся матеріалу.

При нещасному випадку надати потерпілому першу долікарську допомогу, повідомити про подію керівництву. По можливості зупинити обстановку, якщо це не призведе до аварії або травмування інших людей. При необхідності викликати бригаду швидкої допомоги по телефону 103 або допомогти доставити потерпілого в медичний заклад.

3.2. Моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними.

Статистично залежні події - це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, може з'явитися незалежно одна від одної, то такі події є статистично незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні – послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) події [2].

Таблиця 3.1 - Логічна модель виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час зварювання ресивера

Вид роботи, виробничий підрозділ	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
1	2	3	4	5	6
Зварювання ресивера, зварюваль-ний цех підприємства	$НУ_1$- порушення ізоляцій. $НУ_2$- відсутність заземлення.	НД - Поява струму на корпусі зварювального апарата	НС – Контакт зварювальника з корпусом зварювального апарата	Т - Ураження струмом зварювальника	Заземлення струмо-ведучих частин і якісна їх ізоляція
$НУ_1 \rightarrow НУ_2 \rightarrow НД \rightarrow НС \rightarrow Т$					
Зварювання ресивера, зварюваль-ний цех підприємства	НУ- відсутність або несправ-ність штучної вентиляції робочого місця	НД - знаходження працівника в загазованій зоні без засобів захисту	НС- вдихання операто-ром шкідливих газів	Т – отруєння оператора шкідливими газами З – вироб-ниче захворювання	Обладнання робочого місця штучною вентиляцією
НУ→ НД→ НС→ Т (З)					
Зварювання ресивера, зварювальний цех підприємства	НУ – підвищений рівень яскравості світла тощо	НД - робота без засобів індивідуального захисту	НС – вплив спалахів дуги на органи зору зварюваль-ника	З – виробни-че захво-рювання	Робота в засобах інд. захисту (окулярах, захисному щитку тощо)
НУ → НД→ НС→ З					
Зварювання ресивера, зварювальний цех підприємства	НУ – висока температура деталей та заготовок і обладнання	НД - робота без спеціального одягу	НС – зварюваль-ника гарячими поверхня-ми	Т – отримання опіків	Робота в спецодязі та рукавицях
НУ → НД→ НС→ З					

Логічна модель може стати основою для розробки графічної моделі виникнення травмонебезпечної чи аварійної ситуації.

3.3 Рекомендації щодо покращення безпеки праці

Для запобігання небезпеки ураження електричним струмом необхідно, щоб джерела живлення мали автоматичні пристрої, що відключають їх при обриві дуги протягом не більше 0,5 с.

З метою зменшення небезпеки ураження електричним струмом зварювальнику слід дотримуватися наступних заходів [5]:

- надійна ізоляція всіх, проводів, пов’язаних з живленням джерела струму і зварювальної дуги;

- надійний пристрій електродотримача з гарною ізоляцією, яка гарантує, що не буде випадкового контакту струмоведучих частин електродотримача зі зварним виробом або руками зварника;

- робота у справно-сухому спецодязі і рукавицях. При роботі в тісних відсіках і замкнутих просторах обов’язкове використання гумових калош і килимків, джерел освітлення з напругою не більше 6-12 В;

Для запобігання небезпеки ураження бризками розплавленого металу і шлаку використовують спецодяг (брюки, куртку і рукавиці) з брезентової або спеціальної тканини. Куртки при роботі не слід вправляти у штани, а взуття повинне мати гладкий верх, щоб бризки розплавленого металу не потрапляли всередину одягу, так як в цьому випадку можливі важкі опіки.

Висновки за розділом

Впровадження рекомендацій щодо покращення безпеки праці в систему охорони праці на зварювальному виробництві дозволить уникнути небезпечних ситуацій та травматизму, передбачених логічною моделлю.

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок технологічної собівартості виробу

Технологічна собівартість формується з прямих витрат, пов'язаних з витратами ресурсів під час виконання зварювальних робіт у цеху. Розрахунок технологічної собівартості проводимо за формулою:

$$C_{\text{Т}} = M_{\text{З}} + З_{\text{Е}} + З_{\text{пр}}, \quad (4.1)$$

де $M_{\text{З}}$ - витрати на всі види матеріалів, основних, комплектуючих та напівфабрикатів;

$З_{\text{Е}}$ – витрати на технологічну електроенергію (паливо);

$З_{\text{пр}}$ - витрати на заробітну плату з відрахуваннями на соціальні потреби (соціальний внесок - 30% від фонду оплати праці).

4.1.1. Розрахунок матеріальних витрат

До матеріальних витрат відносяться витрати на сировину, матеріали, енергоресурси на технологічні цілі.

Матеріальні витрати розраховуються за формулою:

$$M_{\text{З}} = C_{\text{ом}} + C_{\text{ен}} + C_{\text{ін}}, \quad (4.2)$$

де $C_{\text{ом}}$ - вартість основних матеріалів у розрахунку на один виріб, грн.;

$C_{\text{ен}}$ - вартість електроенергії, яка затрачається на виконання технологічної операції зварювання виробу, грн.

$C_{\text{ін}}$ - вартість інших компонентів у розрахунку на один виріб.

Вартість основних матеріалів з урахуванням транспортно-заготівельних витрат розраховується за формулою:

$$C_{\text{ом}} = [C_{\text{км}} + C_{\text{е}} + C_{\text{зг}} + C_{\text{ед}})]\, K_{\text{тр}} \quad (4.3)$$

де $K_{\text{тр}}$ - коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати (приймаємо $K_{\text{тр}}$ = 1,05...1,08).

Вартість конструкційних матеріалів (конструкційну сталь 14ХГС) визначаємо за формулою:

$$C_{км} = m_к \cdot Ц_{км} \quad (4.4)$$

де $m_к$ – маса конструкції, т;

$Ц_{км}$ – ціна однієї тони конструкційного матеріалу, грн.

$$C_{км} = 0,17 \cdot 71186 = 12101,62 \text{ руб.}$$

Розрахунок витрат на електродний дріт Св-08А проводимо по формулі:

$$C_{ед} = M_{нм} \cdot \psi \cdot Ц_{ед} \cdot K_{тр}, \text{ грн} \quad (4.5)$$

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

Ψ - коефіцієнт розбризкування електродного металу (зварювання в середовищі CO_2 характеризується розбризкуванням електродного металу Ψ = 1,15-1,20);

$Ц_{ед}$ - оптова ціна 1 кг зварювального дроту, грн.;

Маса наплавленого металу розраховується за формулою:

$$M_{нм} = V_{нм} \cdot \rho_{нм}, \quad (4.6)$$

де $V_{нм}$ - об’єм наплавленого металу, $см^3$;

$\rho_{нм}$ - щільність наплавленого металу, ($\rho_{сталі}$ = 7,8 г/$см^3$).

$$M_{нм} = 933,6 \cdot 7,8 = 7282 \text{ г} = 7,282 \text{ кг}$$

Об'єм наплавленого металу розраховується за формулою

$$V_{нм} = L_ш \cdot F_0, \quad (4.7)$$

де F_0 - площа поперечного перерізу наплавленого металу, $см^2$;

$L_ш$ – довжина зварного шва, см.

$$V_{нм} = 2334 \cdot 0,4 = 933,6 \text{ см}^3$$

Вартість електродного дроту, яка затрачається на один ресивер становитиме:

$$C_{ед} = 7,282 \cdot 1,2 \cdot 68,8 \cdot 1,05 = 631,26 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на захисний газ виконаємо за формулою:

$$C_{ін} = t_{осн} \cdot q_{зг} \cdot k_в \cdot Ц_{зг} \cdot K_{тр}, \quad (4.8)$$

де $t_{осн}$ – основний час зварювання для одного виріб, хв.;

$$t_{осн} = 0,73 \cdot 60 = 43,8 \text{ хв}$$

$q_{зг}$ - витрата захисного газу, л/хв.;

$k_в$ – коефіцієнт витрати газу; $k_в$ = 1,1;

$Ц_{зг}$ - ціна газу за один літр, грн.;

$$C_{ін} = 43,8 \cdot 1,7 \cdot 1,1 \cdot 32,5 \cdot 1,05 = 86 \text{ грн}$$

Розрахунок витрат на електроенергію під час виконаннч операції зварювання проводимо за формулою

$$З_е = \alpha_е \cdot W \cdot Ц_е, \text{ грн} \quad (8.9)$$

де $\alpha_е$ - питома витрата електроенергії на 1 кг наплавленого металу,кВт · год / кг;

W - витрата електроенергії, кВт · год;

$Ц_е$ – ціна за 1 кВт/год; $Ц_е$ = 4,6 грн.

$$З_е = 5 \cdot 7{,}282 \cdot 4{,}6 = 167{,}49 \text{ грн.}$$

Матеріальні витрати на основні матеріали, необхідні на один виріб становлять:

$М_з$ = 12101,62 + 631,26 + 167,49 +86 = 12986,37 грн.

4.1.2. Розрахунок чисельності робітників

Визначаємо число виробничих робочих (складальників, зварювальників). Чисельність основних робітників визначається для кожної операції за формулою:

$$Ч_{ор} = \frac{Q_{р.п}}{Ф_д \cdot К_в}, \quad (4.10)$$

де $Q_{р.п}$ - трудомісткість виробничої програми, год;

$Ф_д$ - дійсний фонд часу виробничого робітника ($Ф_д$ = 1870 год);

$К_в$ - коефіцієнт виконання норм виробітку ($К_в$ = 1,1 ... 1,3).

$$Ч_{ор} = \frac{1618}{1870 \cdot 1{,}1} = 0{,}79$$

Число робітників заокруглюємо до цілого числа з урахуванням кількості обладнання.

За базовою проектованою технологією приймаємо 1 зварювальник.

При поточній організації виробництва кількість основних робочих визначається за кількістю одиниць обладнання з урахуванням його завантаження, можливого суміщення професій та планованих невиходів з поважних причин.

4.1.3. Розрахунок заробітної плати робітників та відрахувань на соціальні потреби

Цей розділ передбачає розрахунок основної та додаткової зарплати робітників, відрахувань на соціальні потреби (соціальних внесків), тобто податкових виплат, що включаються до собівартості.

Витрати на оплату праці розраховуються за формулою:

$$З_{пр} = З_{по} + З_{пд}, \quad (4.11)$$

де $З_{по}$ - основна заробітна плата, грн;

$З_{пд}$ - додаткова заробітна плата, грн.

Основна та додаткова заробітна плата робітників з відрахуваннями на соціальне страхування при виготовлені одиниці виробу визначається за формулою:

$$З_{по} = Р_с + К_{пр} + К_д + К_{сп} + Д_ш, \quad (4.12)$$

де $Р_с$ – сумарна відрядна розцінка за одиницю виробу, грн;

$К_{пр}$ - коефіцієнт преміювання, ($К_{пр}$ = 1,5);

$Д_ш$ – доплата за шкідливі умови праці, грн.;

$К_{сп}$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні потреби (соціальний внесок), $К_{сп}$ = 1,3;

$К_д$ - коефіцієнт, що визначає розмір додаткової заробітної плати, $К_д$ = 1,13.

Тарифна ставка залежить від кваліфікації зварювальника. Для зварювальника автоматичного зварювання - 180 грн/год.

Сумарна відрядна розцінка на виготовлення одиниці виробу визначається за формулою:

$$Р_с = \frac{Т_{ст} \cdot Т_{шт.к.}}{60}, грн \quad (4.13)$$

де $Т_{ст}$ – тарифна ставка, грн/год;

$Т_{шт-к}$ - штучно-калькуляційний час виконання зварювальних робіт з розрахунку на один виріб, хв.

$$Р_с = \frac{180 \cdot 69,71}{60} = 209,13 \text{ , грн}$$

Доплата за шкідливі умови праці розраховуються за формулою:

$$Д_{ш} = \frac{Т_{ст} \cdot Т_{ш} \cdot (0,1 \ldots 0,31)}{100 \cdot 60}, \text{ грн} \quad (4.14)$$

де $Т_{ш}$ – час роботи у шкідливих умовах праці, хв. $Т_{ш} = T_{шт\text{-}к}$ (0,1 ... 0,31), хв;

$$Д_{ш} = \frac{180 \cdot 69,71 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,42 \text{ , грн}$$

Отже

$$З_{по} = 209,13 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 4,42 = 408,22 \text{ грн}$$

Розраховуємо додаткову заробітну плату робітників за формулою:

$$З_{пд} = К_{д} \cdot З_{по} \cdot К_{сп}, \quad (4.15)$$

$$З_{пд} = 1,13 \cdot 408,22 \cdot 1,3 = 599,68 \text{ грн}$$

Витрати на заробітну плату основних робітників складають:

$$З_{пр} = 408,22 + 599,68 = 1007,9 \text{ грн.}$$

Зведемо розрахункові дані технологічної собівартості виготовлення річного обсягу випуску ресиверів (N = 1000 шт.) до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Дані для розрахунку технологічної собівартості річного випуску ресиверів

№	Статті витрат	Значення
1	Витрати основні матеріали, $С_{км}$, грн	12818880
2	Витрати на технологічну електроенергію, $С_{ен}$, грн	167490
3	Витрати на заробітну плату з відрахуваннями на соціальні потреби, $З_{пр}$, грн	1007900
4	Технологічна собівартість річного випуску, $С_{т}$, грн	13994270

4.2. Розрахунок повної собівартості виробу

Перед розрахунком повної собівартості виготовлення ресивера розраховується технологічна, а потім виробнича собівартість виробництва одного виробу.

Виробнича собівартість включає витрати на виробництво продукції, обслуговування та управління виробництвом. Її розрахунок виконаємо за формулою:

$$С_{пр} = С_{т} + Р_{пр} + Р_{госп} \quad (4.16)$$

де $С_т$ - технологічна собівартість, грн;

$Р_{пр}$ - загальновиробничі (цехові) витрати, грн;

$Р_{госп}$ – загальногосподарські витрати, грн.

Загальновиробничі витрати визначаються за формулою:

$$Р_{пр} = С_А + С_р + С_{вп}, \quad (4.17)$$

де $С_А$ – витрати на амортизацію обладнання, грн;

$С_р$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання,грн;

$С_{вп}$ - витрати на утримання виробничих приміщень (опалення, освітлення).

У статтю «Загальновиробничі витрати» включаються витрати на:

- оплату праці управлінського та обслуговуючого персоналу цехів, допоміжних робітників;

- амортизацію обладнання;

- ремонт основних засобів;

- охорону праці працівників;

- утримання та експлуатацію обладнання, сигналізацію, опалення, освітлення, водопостачання цехів та ін.

Витрати на амортизацію устаткування розраховуємо за формулою:

$$С_А = \frac{К_{об} \cdot Н_А \cdot n_о \cdot Т_{шт.к}}{100 \cdot Ф_д \cdot К_в} \cdot К_о, \quad (4.18)$$

де $К_{об}$ – балансова вартість одиниці обладнання, грн;

$Н_А$ - норма річних амортизаційних відрахувань, %. Для установок для механізованого та автоматичного зварювання $Н_А$ = 14,7 %;

$Ф_д$ - дійсний ефективний річний фонд часу роботи обладнання, $Ф_д$ = 1914 год;

$К_о$ – коефіцієнт завантаження обладнання, $К_о$ = 0,9;

$n_о$ – кількість обладнання, шт.;

$К_в$ – коефіцієнт, що враховує виконання норм часу, $К_в$ = 1,1.

Витрати на амортизацію, що припадають на один виріб:

$$С_А = \frac{616000 \cdot 14,7 \cdot 1 \cdot 0,73}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 31,4 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання розраховуємо за формулою:

$$С_р = \frac{К_{об} \cdot Д}{100}, \quad (4.19)$$

де $К_{об}$ - капітальні вкладення у обладнання та технологічну оснастку, грн;

Д – коефіцієнт відрахування на ремонт (приймається рівним 3%).

$$С_р = \frac{616000 \cdot 3}{100} = 18480 \text{ грн}$$

на виробничу програму або 18,48 грн з розрахунку на один ресивер.

Витрати на утримання виробничих приміщень (опалення, освітлення) визначаються формулою:

$$Р_{пр} = \frac{\%Р_{пр} \cdot З_{по}}{100}, \quad (4.20)$$

де $З_{по}$ - основна заробітна плата робочих,грн;

$\%Р_{пр}$ - відсоток загальновиробничих витрат на утримання виробничих приміщень та інших цехових витрат, %. $Р_{пр}$ = 10.

$$Р_{пр} = \frac{1007900 \cdot 10}{100} = 10790, \text{ грн}$$

Отже, агальновиробничі витрати становитимуть:

$$Р_{пр} = 31,4 + 18480 + 10790 = 29301,4 \text{ грн.}$$

До статті «Загальногосподарські витрати» включаються: витрати на оплату праці, пов'язані з управлінням підприємства в цілому, відрядження ні; канцелярські, поштово-телеграфні та телефонні витрати; амортизація; витрати на ремонт та експлуатацію основних засобів, опалення, освітлення, водопостачання, заводоуправління, на охорону, сигналізацію, утримання легкового автотранспорту, обов'язкове страхування працівників від нещасних випадків на виробництві та профзахворювань.

Ці витрати розраховуються у відсотках від основної заробітної плати виробничих робітників за формулою:

$$Р_{госп} = \frac{\%Р_{госп} \cdot З_{по}}{100}, \quad (4.21)$$

де $\%Р_{госп}$ - відсоток загальногосподарських витрат, ($Р_{госп}$ = 25 %).

При виготовленні одного ресивера:

$$Р_{госп} = \frac{25 \cdot 408,22}{100} = 102,06 \text{ грн}$$

Виробнича собівартість річного випуску ресиверів розраховується за формулою

$$С_{пр} = 13994270 + 29301,4 + 10206 = 14033777,4 \text{ грн}$$

У статтю «Комерційні витрати» включаються витрати на виробництво або придбання тари, упаковку, навантаження продукції та доставку її до станції, рекламу, участь у виставках. Ці витрати розраховуються за формулою:

$$Р_к = \frac{\%Р_к \cdot С_{пр}}{100}, \quad (4.22)$$

де $\%Р_к$ - відсоток комерційних витрат від виробничої собівартості, ($\%Р_к$ = 0,1-0,5%).

$$Р_к = \frac{0,1 \cdot 14033777,4}{100} = 14033,78 \text{ грн}$$

Повна собівартість річного обсягу випуску ресиверів включає витрати на виробництво і комерційні витрати та розраховується за формулою:

$$С_п = С_{пр} + Р_к, \quad (4.23)$$

$$С_п = 14033777,4 + 14033,78 = 14047811,18 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.2

Таблиця 4.2 - Калькуляція повної собівартості річного випуску ресиверів

№	Статті витрат	Значення
1	Об’єм річного випуску продукції N, шт	1000
2	Витрати основні матеріали $С_{км}$, грн	12986370
3	Витрати на заробітну плату з відрахуваннями на соціальні потреби $З_{пр}$, грн	1007900
4	Технологічна собівартість річного випуску $С_т$, грн	13994270
5	Загальновиробничі витрати $Р_{пр}$, грн	10790000
6	Загальногосподарські витрати $Р_{госп}$, грн	102060
7	Виробнича собівартість $С_{пр}$, грн	14033777,4
8	Комерційні витрати $Р_к$, грн	14033,78
9	Повна собівартість $С_п$, грн	14047811,18

Висновки за розділом

За результатами розрахунків встановлено, що повна собівартість річного випуску ресиверів 1000 шт/рік становить 14047811,18 грн.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Аналіз конструкції та призначення ресиверів показав високі вимоги до якості виконання операцій зварювання в технологічних процесах їх виготовлення, оскільки виробництво, експлуатація та ремонт місткостей, які працюють під тиском перебуває під особливим контролем Державного нагляду.

Забезпечити високу якість виконання зварних з'єднань деталей машин, які працюють під тиском, можливо шляхом впровадження автоматизованих процесів зварювання, зокрема в середовищі захисних газів.

Збільшення продуктивності праці та підвищення якості процесу зварювання, визначеної вимогами до зварних конструкцій, які працюють під тиском, забезпечується шляхом застосування установки для автоматичного зварювання лінійних і кільцевих швів.

Для виконання процесу автоматизованого зварювання ресивера підібрано комплект технологічного обладнання у складі зварювальної колони SMB 2x2 зі зварювальною головкою A2 S Mini Master, зварювального випрямляча ВДУ-506С з механізмом подачі дроту СПМ-410, обертача Атрант 0,5, зварювальних затискачів та вимірювальних пристроїв.

Розроблена технологія та підібране для неї обладнання дозволяє виконувати зварювання зі швидкість 28,6 м/год та забезпечити провар на глибину 7,8 мм, що при товщині металу S = 10 мм і скосі кромок швів С17 під кутом $\alpha = 45^{o} \pm 2$ гарантує необхідну якість з'єднання.

За результатами розрахунку затрат на виготовлення ресивера за запропонованою технологію встановлено, що собівартість виробництва становить 14,05 тис. грн. При ціні компресора з ресивером на 200 л 44-57 тис. грн це складатиме в межах 28-32 % від його вартості. Враховуючи, що всі інші операції з виготовлення компресора будуть складальними і допоміжними, отримана собівартість свідчить про ефективність запропонованої технології та доцільність її впровадження у виробництво.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Березін Л.Я., Хоменко М.М., Карпенко А.С. Засоби технологічного оснащення зварювального виробництва. Навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2003. 142 с.

2. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР ”Магістр” студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.

3. Гуменюк І.В. Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.

4. Драган С.В., Лабарткава А.В. Практикум зі зварювання: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 68 с.

5. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 26 с.

6. 3321:2023. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2023-12-08]. Вид. офіц. Київ:, 2025. 48 с.

7.

8. ДСТУ ISO 14175:2004 Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання (ISO 14175:1997, IDT): http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50209

9. ДСТУ EN ISO 14171:2015 Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дріт електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація (EN ISO 14171:2010, IDT; ISO 14171:2010, IDT): http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82838

10. Зворикін К. О., Гаєвський В. О. Виробництво зварних конструкцій: Практикум (Частина 1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ.

спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 114 с.

11. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. Київ: Арістей, 2006. 272 с.

12. Квасницький В. В. Спеціальні способи зварювання. Навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.

13. Контроль якості та технічна діагностика зварних конструкцій. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для підготовки бакалаврів з прикладної механіки за спеціалізацією «Технології та устаткування зварювання». /Укл. Болотов Г.П., Болотов М.Г. Чернігів: ЧНТУ, 2019. 31 с.

14. Кривов Г.О., Зворикін К.О. Виробництво зварних конструкцій: Підручник. Київ: КВІЦ, 2012. 896 с. ISBN 978-966-2003-75-8.

15. Комплексний підхід до вирішення завдань автоматичного та напівавтоматичного зварювання. Welding_Automation_Argus.pdf (arguslimited.com.ua)

16. Компресор. Інструкція з експлуатації. https://e-ukrservice.com/image/catalog/data/SIGMA/manual-25058.pdf

17. Компресори поршневі. Інструкція з експлуатації. https://mirinstrumenta.ua/files/products_instructions/pt-0011-12-13-14-16-17-36-40-50-52-storm-manual2021web.pdf

18. Лисак В.В. Складально-зварювальне оснащення-2. Проєктування складально-зварювальної оснастки. Курсовий проєкт: рекомендації до виконання: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 67 с.

19. Пермяков В.О., Нілов О.О., Шимановський О.В. та ін. Металеві конструкції: підручник. Київ: Видавництво «Сталь», 2008. 812 с. ISBN 978-966-1555-05-0.

20. Прокопов М. Г., Ванєєв С. М., Козін В. М., Мерзляков Ю. С. Конструкції елементів пневмоагрегатів: навчальний посібник/ Суми: Сумський державний університет, 2020. 146 с.

21. Повітряні ресивери. https://shelf.ua/products/air-reseivers/

22. Складально-зварювальне оснащення. Методичні вказівки та завдання до курсового проектування для студентів спеціальностей 7.05050401, 8.05050401 – Технології та устаткування зварювання. /Укл.: Л.Я.Березін. Чернігів: ЧНТУ, 2015, 60 с.

23. Сливінський О.А. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів: навчальний посібник Київ: НТУУ «КПІ», 2010. 260 с. ISBN 978-966-622- 354-1.

24. Чертов І.М. Зварні конструкції: підручник. Київ: Арістей, 2006. 376 с. ISBN 966-8458-88-5.

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

26. https://www.maxima-metall.com.ua/ua/balka/balka-dvotavrova-45m-st1-3ps-sp

ДОДАТКИ

ГОСТ 3.1105-84 Форма 2

						8	1
				ЛНУП Маш-41			
					Ресивер повітряний		

ПОГОДЖЕНО

Нач. тех. відділу

МОН України

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СКЛАДАННЯ-ЗВАРЮВАННЯ

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Нач. ВТК

Інженер ОП і ТБ

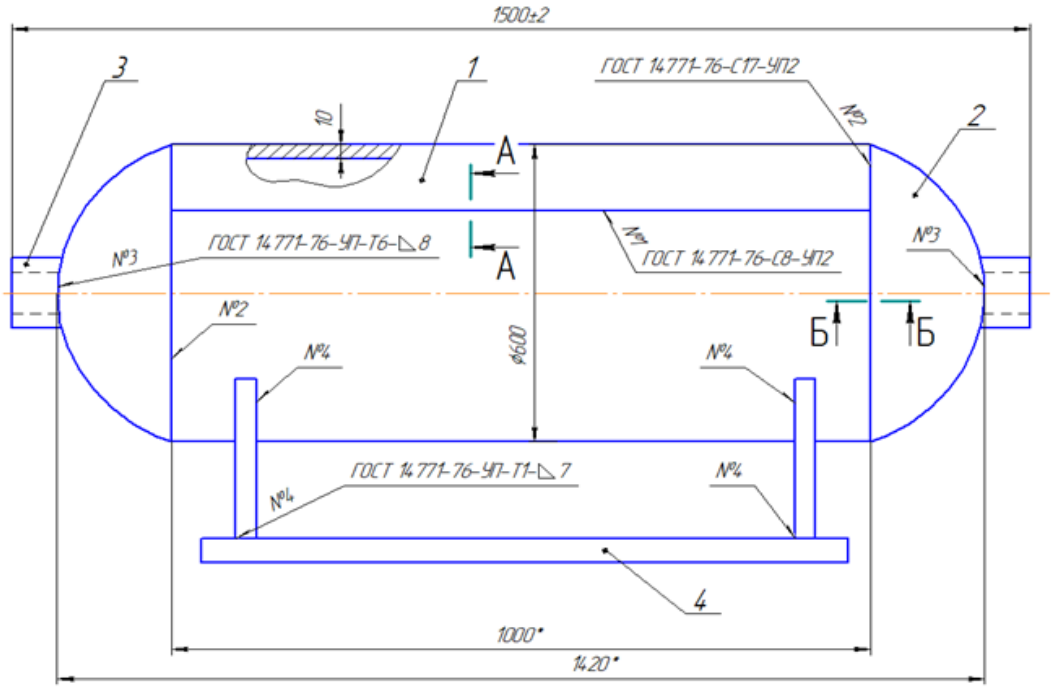
Інженер-метролог

Впроваджено увиробництво
Акт №_____Дата_____

Технолог:
Варениця В.М.

ГОСТ 3.1105-84 Форма 7

Дубл.													
Зм.													
Ориг.													
												2	1
Розроб.	Варениця			ЛНУП Маш-41									
Перевір.	Швець												
				Ресивер повітряний									045
Н. конт.													



КЭ	Дугового зварювання	2

Дубл.															
Зм.															
Ориг.															
													2	2	
Розроб.	Варениця			ЛНУП Маш-41											
Перевір.	Швець														
Н. конт.				Ресивер повітряний											045

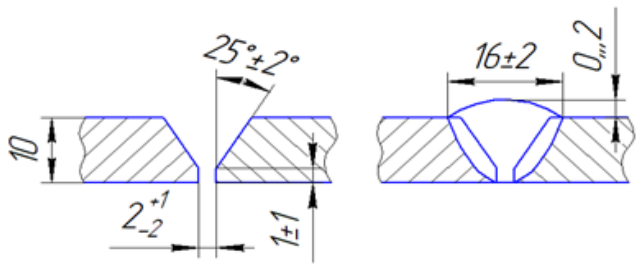


Схема зварного шва С8

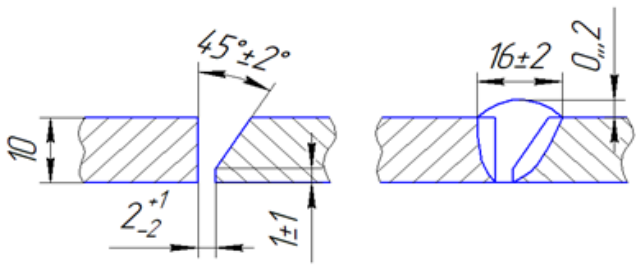


Схема зварного шва С17

КЭ	Підготовка зварних кромок	3

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1

Дубл.															
Зм. Ориг.															
														4	1
Розроб.	Варениця			ЛНУП Маш-41											
Перевір.	Швець														
Н. конт.					Ресивер повітряний										
М 01															
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КІМ	Код загот.	Профіль та розміри				КД	МВ		
М 02		166		1											
	Цех	Діл	Опер	Код, найменування операції		Позначення документа									
	Код, назва обладнання				см	Проф.	Р	УТ	КР	КОІД	ЕН	ОП	Кшт.	Т п.З	Т шт.
А 03			005	Складування		ІОТ №									
Б 04				Кроан-балка 5т			2		1						
О 05				Виконати підбір матеріалу на складі											
Т 06				Тара цехова, рукавиці спец. Тип Б ГОСТ 12.4.010-75											
07															
А 08			010	Різання		ІОТ №									
Б 09				Установка для плазмового різання EX-TRACK			2		1						
О 10				Виконати різання листового матеріалу											
Т 11				Рукавиці спец. Тип Б ГОСТ 12.4.010-75, окуляри захисні											
12				ГОСТ 12.4.13-85											
13															
А 14			015	Виправлення		ИОТ №1									
Б 15				Правильна машина МЛЧ 2825			3		1		1				
О 16				Виконати виправлення листів											
Т 17				Рукавиці спец. Тип Б ГОСТ 12.4.010-75											
МК/КТП															4

2

А	Цех	Діл.	Опер	Код, найменування операції		Позначення документа								
Б	Код, назва обладнання				см	Проф.	Р	УТ	КР	КОІД	ЕН	ОП	Кшт.	Т пз	Т шт.
к-м	Назва деталі, ск. одиниці або матеріалу					Позначення, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КІ	Н. роз.
А 01			020	Очищення		ІОТ №									
Б 02				Установка піскоструменева УПС-600		2		1							
О 03				Очистити матеріал заготовок											
Т 04				Рукавиці спец.Тип Б ГОСТ 12.4.010-75; окуляри захисні ГОСТ 12-4-013-85.											
05															
А 06			025	Вальцювання		ІОТ №									
Б 07				Вальцевий стан СВА-900-2		3		1							
О 08				Звальцювати оболонку											
Т 09				Рукавиці спец.Тип Б ГОСТ 12.4.010-75.											
10															
А 11			030	Зачистка		ІОТ №									
Б 12				Машина шліфувальна пневматична ИП-2014Б-41.1 ТУ22-166-13-88											
О 13				Провести зачистку кромок											
Т 14				Рукавиці спец.Тип Б ГОСТ 12.4.010-75; окуляри захисні ГОСТ 12-4-013-85.											
15															
А 16			035	Контрольна		ІОТ №									
Б 17				Візуальний контроль по ОСТ 106-934-82		2		1							
О 18				Перевірити якість зачистки кромок під зварювання.											
Т 19				Лінійка металева 500 ГОСТ 427-75; кутомір УГ-40											
20															
21															

МК/КТП		5

																			4
А	Цех	Діл.	Опер	Код, найменування операції							Позначення документа								
Б	Код, назва обладнання										см	Проф.	Р	УТ	КР	КОІД	ЕН	ОП	Кшт.	Т пз	Т шт.
к-м	Назва деталі, ск. одиниці або матеріалу										Позначення, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КІ	Н. роз.
А 01				055	Зачистка							ІОТ №									
Б 02	Машина шліфувальна пневматична ИП-2014Б-41.1 ТУ22-166-13-88																				
О 03	Провести зачистку кромок																				
Т 04	Рукавиці спец.Тип Б ГОСТ 12.4.010-75; окуляри захисні ГОСТ 12-4-013-85.																				
05																					
А 06				060	Контрольна							ІОТ №									
Б 07	Візуальний контроль по ОСТ 106-934-82												2		1						
О 08	Перевірити якість зварних швів та розміри складальної одиниці згідно карти ескізів.																				
Т 09	Лінійка металева 1000 ГОСТ 427-75																				
10																					
А 11				065	Транспортування							ІОТ №									
Б 12	Кран-балка 5т																				
О 13	Транспортувати готовий виріб на склад																				
Т 14	Тара цехова, рукавиці спец. Тип Б ГОСТ 12.4.010-75																				
15	Рукавиці спец. Тип Б ГОСТ 12.4.010-75, окуляри захисні																				
16																					
17																					
18																					
19																					
МК/КТП																					7

ГОСТ 2.503-90 Форма 3

Дубл.														
Зм.														
Ориг.														
													1	1
Розробив				ЛНУП Маш-41										
Перевірив														
Н.контр.														

Зм.	Номери листів (сторінок)				Всього листів (сторінок) в документі	№ документа	Вхідний № супровідного документа та дата	Підпис	Дата
	змінених	замінених	Нових	анульованих					