

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **“Розроблення технології автоматичного зварювання конусних  
оболонки”**

Виконав: студент IV курсу групи Маш-41

Спеціальності 133 „Галузеве машинобудування”  
(шифр і назва)

Анатолій ГАФТОН  
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Олексій ШВЕЦЬ  
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
**Гафтону Анатолію Ярославовичу**

1. Тема роботи: **“Розроблення технології автоматичного зварювання конусних оболонок”**

Керівник роботи: Швець Олексій Петрович, к.т.н., в.о. доцента

Затверджена наказом по університету від 30.12.2022 року № 453/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 23.06.2023 року

3. Вихідні дані: аналіз конструкцій та сфер застосування конусних зварних оболонок, типові технології автоматизованого зварювання; літературні джерела за тематикою автоматизованого зварювання кільцевих швів; технічні характеристики зварювального та допоміжного обладнання; методики визначення економічної ефективності впровадження нової технології у виробництво.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз конструкцій та сфер застосування конусних зварних оболонок.

2. Розробка технології автоматичного зварювання конусних оболонок.

3. Розробка та підбір обладнання для автоматизованого зварювання конусних зварних оболонок.

4. Охорона праці.

5. Розрахунок економічних затрат на впровадження технології автоматичного зварювання конусних оболонок.

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

1. Аналіз об'єкта розробки

2. Технологічна карта на процес автоматичного зварювання конусних оболонок

3. Загальний вигляд установки для автоматичного зварювання конусних зварних оболонок

4. Загальний вигляд пристрою для кріплення конусних зварних оболонок

5. Робочі креслення вузлів і деталей установки

6. Результати розрахунку економічних затрат на впровадження запропонованої технології

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Швець О.П. к.т.н., в.о. доц. кафедри машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри УПБВ			

7. Дата видачі завдання: 30.12.2022 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Виконання розділу: «Аналіз конструкцій та сфер застосування конусних зварних оболонок»</i>	23.01.23-17.02.23	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Розробка технології автоматичного зварювання конусних оболонок»</i>	20.02.23-17.03.23	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Розробка та підбір обладнання для автоматизованого зварювання конусних зварних оболонок»</i>	20.03.23-05.05.23	
4.	<i>Виконання розділу: «Охорона праці»</i>	08.05.23-26.05.23	
5.	<i>Виконання розділу: «Розрахунок економічних затрат на впровадження технології автоматичного зварювання конусних оболонок»</i>	29.05.23-16.06.23	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	19.06.23-23.06.23	

Студент \_\_\_\_\_ Анатолій ГАФТОН  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Олексій ШВЕЦЬ  
(підпис)

**Розроблення технології автоматичного зварювання конусних оболонок.**

Гафтон А.Я. - Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023.

58 с. текст. част., 25 рис., 8 табл., 29 джерел.

Проведено аналіз використання зварних конусних оболонок в конструкціях машин. Проаналізовано конструктивні особливості конусної оболонки засипного апарата, матеріал та його характеристики. Розроблено технологію автоматизованого зварювання конусної оболонки в середовищі захисних газів, складено маршрут виготовлення та підібрано необхідне обладнання. Запропоновано конструктивну розробку складально-притискного пристрою для складання заготовок оболонки перед зварюванням та кріплення їх в обертачі установки для автоматичного зварювання. Проаналізовано стан охорони праці під час виконання процесів зварювання, розроблено заходи щодо їх покращення. Розраховано затрати на конструктивне удосконалення та показники загальну собівартість розробки нового технологічного оснащення для забезпечення процесу автоматизованого зварювання конусних оболонок.

## ЗМІСТ

	Вступ	6
1	АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ВИРОБНИЦТВА	7
1.1	Аналіз форм зварних ємкостей	7
1.2	Застосування конусних поверхонь в конструкціях ємкостей	8
1.3	Аналіз конструкції та матеріалу конуса засипного апарату	11
	Висновки за розділом	13
2	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1	Вибір та обґрунтування способу зварювання	14
2.2	Вибір електродного дроту	15
2.3	Вибір захисного газу для механізованого зварювання	15
2.4	Розрахунок параметрів режиму зварювання конусної оболонки	17
2.5	Розробка технології виготовлення зварного конуса	20
	Висновки за розділом	32
3	КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	33
3.1	Опис конструктивної розробки	33
3.2	Розрахунок зварних з'єднань спеціального складально-притискного пристрою	34
3.3	Розрахунок пружини спеціального складально-притискного пристрою	36
3.4	Розрахунок гайки спеціального складально-притискного пристрою	38
	Висновки за розділом	39
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	40
4.1	Санітарно-гігієнічні характеристики зварювального виробництва	40
4.2	Характеристика мікроклімату і вентиляції робочої зони	41
4.3	Електробезпека під час зварювального виробництва	42
4.4	Пожежна безпека під час зварювання	44
4.5	Моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків	45
	Висновки за розділом	47

5	ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	48
5.1	Визначення вартості основних матеріалів	48
5.2	Визначення вартості покупних виробів	49
5.3	Розрахунок заробітної плати робітників	50
5.4	Розрахунок цехових та загальнозаводських витрат	51
5.5	Визначення повної собівартості розробки	51
	Висновки за розділом	52
	Загальні висновки і пропозиції	53
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	54
	ДОДАТКИ	57

## ВСТУП

Електродугове зварювання є однією з базових технологій індустріальної економіки, за допомогою якої створюється значна частка ВВП промислово розвинених країн. У таких країнах спостерігається сталий розвиток зварювального виробництва - зростання споживання конструкційних матеріалів, поява на ринку нових матеріалів, технологій та обладнання для зварювання.

Основним конструкційним матеріалом для виготовлення зварних конструкцій є сталь (її частка понад 90 %). Стан індустрії виробництва сталі і сплавів багато в чому визначає динаміку розвитку зварювального виробництва. Новітня економіко-статистична інформація щодо розвитку світового виробництва та споживання сталі, динаміки світового ринку зварювальних матеріалів дозволяє зробити висновок про збільшення обсягів зварювального виробництва в світі в доступному для огляду майбутньому і зростанні попиту на зварювальні матеріали. Зростання споживання зварювальних матеріалів в світі багато в чому визначається темпами розвитку зварювального виробництва в розвинутих країнах світу, набагато випереджаючого в цьому відношенні інші країни та регіони.

Розвиток зварювального виробництва призводить до поступового скорочення частки ручного дугового зварювання і більш широкого застосування напівавтоматичного й автоматичного зварювання, постійно підвищується рівень механізації і автоматизації дугового зварювання як в окремих країнах, так і в світі в цілому.

Для технічного прогресу застосування автоматизованих та роботизованих систем стає абсолютно необхідним, оскільки досягати високих результатів господарювання при екстенсивному виробництві стає неможливо. Крім того, існуючі технології, де зварювальне виробництво і продукти зварювання завдають шкоди здоров'ю зварювальника мають відійти в минуле.

# 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ВИРОБНИЦТВА

## 1.1 Аналіз форм зварних ємкостей

Для накопичення, зберігання, подачі та дозування сипких матеріалів часто застосовуються ємкості (бункери) різноманітних конструкцій. Вони повинні забезпечувати безперервність і рівномірність витікання матеріалу за незмінної його щільності, не повинні мати мертвих зон, в яких може залежуватися матеріал, і не утворювати склепінь, які перешкоджають вивантаженню матеріалу. Для забезпечення цих вимог необхідно правильно вибрати форму та геометричні параметри бункера, враховуючи при цьому закономірності руху сипкого матеріалу, а також спосіб його завантаження та вивантаження [15].

У конструкціях вертикальних бункерів кути і переходи їх вертикальних стінок до похилих повинні бути округлими. В ньому не повинно бути будь-яких виступів або інших елементів, які перешкоджають руху сипучого матеріалу, а для забезпечення мінімального тертя матеріалу об стінки бункера його внутрішня поверхня повинна бути гладкою.

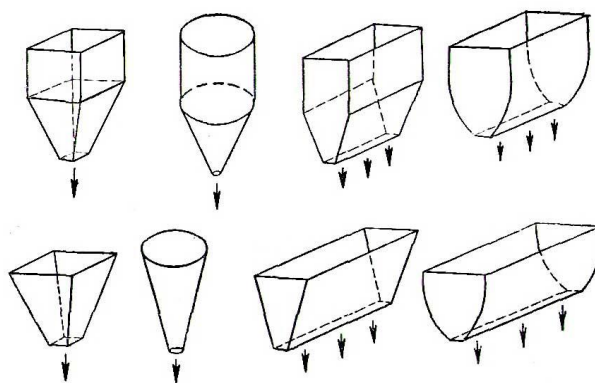


Рисунок 1.1 – Типові форми бункерів для сипких матеріалів.

На рис. 1.1 показані найбільш типові форми бункерів, які застосовуються в різних галузях промисловості. Їхня верхня частина зазвичай являє собою призму або циліндр, а нижня частина - воронку, що звужується, у вигляді конуса усіченої піраміди або півсфери. Однак для зберігання сипких матеріалів можуть застосовуватися бункери оригінальної конструкції, створення якої, як



правило, спрямоване на покращення умови витікання матеріалу та зниження схильності до утворення склепінь.

Основним недоліком бункерів для зберігання і завантажування сипких матеріалів є їх схильність до утворення склепінь. Також, через значні об'єми, а також великі терміни зберігання наявні в них матеріалу схильні до злежності, яка може перешкоджати вивантаженню матеріалу з бункера через випускний отвір. Тому місткості для зберігання сипучого матеріалу часто оснащуються зрушувачами, що збільшує складність конструкції.

## 1.2 Застосування конусних поверхонь в конструкціях ємкостей

В конструкціях різноманітних ємкостей, в яких для вивантаження з них матеріалу застосовуються закономірності руху сипкого матеріалу під дією гравітаційних сил, а саме рух по похилій площині. Для цього їх нижня частина виконується похилою у формі конуса або трапеції. Розглянемо найбільш поширені види обладнання, в яких застосовуються конусні поверхні.

Силосний бункер (рис. 1.2) - це металева ємність, яка має днище конічної форми і призначена для зберігання сипучих матеріалів (зерна, насіння, борошна, комбікорму, добрив, цементу, будівельних сумішей, піску тощо) [14]. Вертикальне розташування таких установок дозволяє економно використовувати площу виробничих приміщень та зберігати на малій території велику кількість матеріалу.



Рисунок 1.2 – Силосний бункер

Іншим різновидом обладнання для зберігання і відвантаження сипких матеріалів різного призначення і складу є бункери-живильники (рис. 1.3). Вони знайшли широке застосування в металургійній, збагачувальній, харчовій та інших галузях промисловості.



Рисунок 1.3 – Бункер-живильник



Рисунок 1.4 – Бункер-дозатор

Бункери-дозатори призначені для накопичення і дозованої подачі зернистих, сипучих, порошкоподібних і гранульованих матеріалів, які не мають схильності до налипання. Їх здебільшого використовується в харчовій, фармацевтичній, будівельній, хімічній та інших сферах промисловості [2].

Бункери-накопичувачі(рис. 1.5) призначений для тимчасового зберігання твердих побутових відходів великого розміру, а також будівельного сміття, металевого брухту, тирси, цегляного бою, залізобетонних уламків, відходів деревообробки тощо. Вони бувають відкритого чи закритого типів [12].



Рисунок 1.5 – Бункер-накопичувач

Циклон - цециліндро-конічний апарат для очищенняповітряабогазувід завислих в ньому твердих частинок (рис. 1.6) Його ще називають пиловловлювачем, в якому тверда фракція відділяється від газоподібної під впливом відцентрових сил, які виникають під дією тангенціальної подачі

вихідного газового потоку під тиском і осьовому осаджені і вивантажуванні продуктів розділення[16].



Рисунок 1.6 – Циклон



Рисунок 1.7 – Засипний конус

Конічні оболонки також часто застосовуються у вигляді завантажувальних бункерів або засипних конусів для подачі матеріалу до робочих органів переробних машин, грануляторів, подрібнювачів тощо. Без циліндричної частини такі бункери мають не великі об'єми, розміри та не значну товщину стінок.

Типова комплектація конструкції ємкостей є наступною:

- сталева ємність різної форми: циліндрична або прямокутна;
- опорні конструкції;
- майданчик обслуговування (оглядовий майданчик з огороженням);
- сходи для підняття на майданчик (з огороженням або без);
- фланець розвантажувального отвору на конусі ємності;
- люк з кришкою;
- оглядові вікна.

Матеріали які застосовуються при виготовленні бункерів і силосів.

Конусні ємкості і бункери можуть виготовлятися з високоякісної сталі, нержавіючої сталі і покриті антикорозійним покриттям. Зовні металеві конструкції покриваються спеціальними фарбами для захисту від корозії і зовнішнього впливу..

### 1.3 Аналіз конструкції та матеріалу конуса засипного апарату

Конус засипного апарату (рис. 1.8) призначений для експлуатації всклад обладнання гірничодобувного комплексу. По внутрішній поверхні конуса засипного апарату транспортується сипучий матеріал за температурою до 100 °С.

Конус засипного апарату складається з корпусу – звареної конічної обичайки та двох фланців (рис. 1.8)

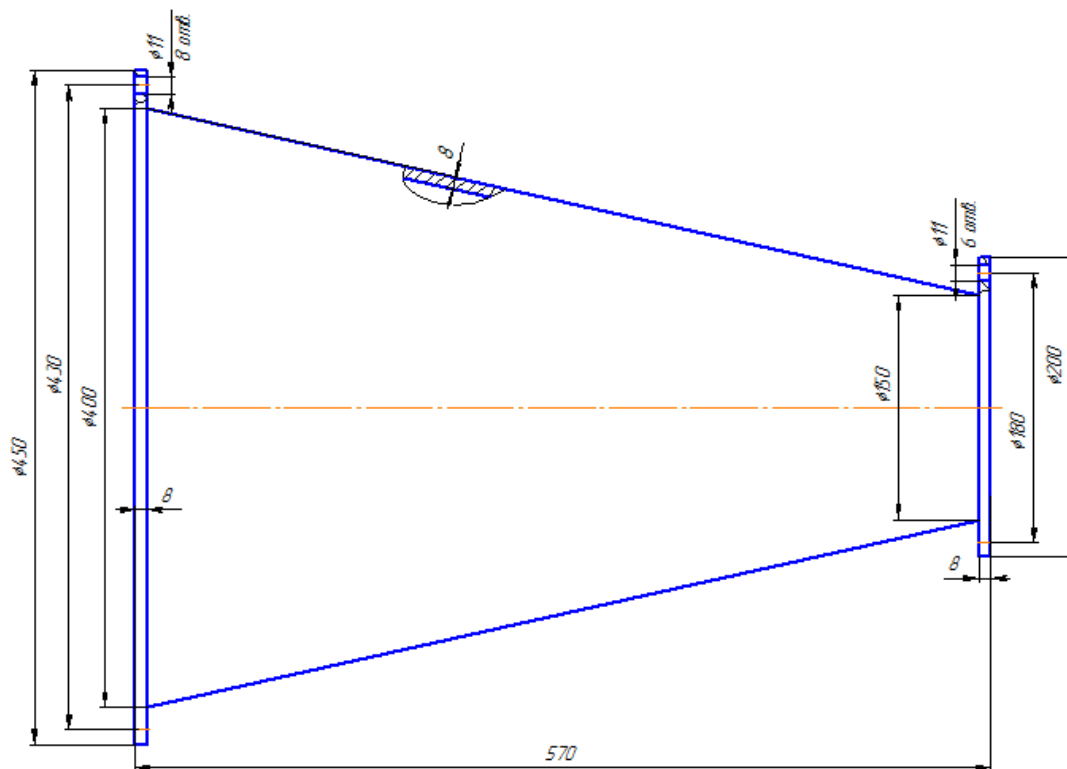


Рисунок 1.8 – Ескіз конуса засипного апарату

Заготовки конуса засипного апарату виготовляють із листового металопрокату товщиною 8 мм з конструкційної низьковуглецевої сталі марки 15ХСНД для зварних конструкцій, яка відповідає вимогам стандартів ГОСТ 19281 і ДСТУ 8541.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 15ХСНД (за ківшовою пробою), %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	As	N
0,12- 0,18	0,4- 0,7	0,4- 0,7	0,6- 0,9	0,3- 0,6	0,2- 0,4	0,03	0,035	0,08	0,008

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 15ХСНД

Клас міцності	Товщина прокату, мм	Межа текучості, Н/мм <sup>2</sup> , не менше	Тимчасовий опір, Н/мм <sup>2</sup> , не менше	Відносне видовження, %
345	≤32	345	490	21

Сталь марки 15ХСНД використовують у виробництві різних зварних металоконструкцій і деталей, що працюють при температурі від -70 до 450°С, від яких потрібна висока міцність і стійкість до корозії. Поставляється заводами-виготівниками у вигляді сортового прокату, в тому числі фасонного, товстого листа, тонкого листа, смуги, поковок та кованих заготовок. Зварювання сталі марки 15ХСНД виконується без обмежень.

Показники зварюваності сталі оцінюються:

а) схильністю металу до утворення гартових структур оцінюють за еквіваленту вуглецю  $C_{екв}$ , % [25].

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

де символи – хімічний елемент, вміст їх у сталі, %.

$$C_{екв} = 0,12 + 1,7/6 + 0,3/5 + 0,3/15 + 0,3/13 + 0,035/2 = 0,51\%$$

$C_{екв} > 0,45\%$  - сталь 15ХСНД - схильна до утворення під гартованих структур. Крім цього, аналіз науково-технічної літератури та виробничий досвід показує, що для зварювання конструкцій цієї марки сталі даної товщини не потрібно попередній підігрів і наступна термообробка.

Додатково, для запобігання утворенню холодних тріщин виконують очищення основного металу та зварювальних матеріалів від оксиду заліза, вуглеводневих сполук та інших забруднень. Після термічного різання виконувати механічну обробку та зачистку кромки.

б) Схильність металу до утворення гарячих тріщин при зварюванні оцінюють за показником Вілкінсона [25].

$$HCS = [C \cdot (S + P + Si/25 + Ni/100) \cdot 1000] / (3Mn + Cr + Mo + V), \quad (1.2)$$

де символи - хімічний елемент, вміст його в сталі, %.

$$HCS = [0,12 \cdot (0,035 + 0,035 + 0,8/25 + 0,3/100) \cdot 1000] / (3 \cdot 1,3 + 0,15) = 3,11$$

HCS<4 - сталь 15ХСНД не схильна до утворення гарячих тріщин; для тримання рівноміцного основного металу шва потрібно застосувати зварювальний дріт з хімічним складом відповідним хімічному складу основного металу.

### Висновки за розділом

Аналіз конструкцій ємкостей різноманітного призначення показав, що в більшості їх видів застосовуються конусні оболонки. Їх основне призначення – формування вихідних отворів та скатних поверхонь для забезпечення витікання матеріалу з бункерів.

Основною особливістю їх конструкцій є те, що в основному вони виготовляються зварними з листової сталі. До них приєднуються різноманітні фланці та інші конструктивні елементи.

З метою підвищення продуктивності праці, надійності виконання зварних з'єднань та підвищення якості їх виконання в роботі пропонується розробити технологію автоматизованого зварювання таких оболонок.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вибір та обґрунтування способу зварювання

Найбільш поширеними способами зварювання конструкційної низьковуглецевої сталі, є: ручне електродугове зварювання покритими електродами, зварювання під шаром флюсу, дугове зварювання в захисних газах, зварювання порошковим дротом та дротом суцільного перерізу без додаткового захисту, контактне зварювання. Перераховані способи зварювання низьковуглецевої сталі, у тих чи інших випадках мають свої переваги та недоліки. Так, з поміж інших способів зварювання в захисних газах має ряд переваг [4]:

- 1) висока якість зварних з'єднань на різноманітних металах та сплавах різної товщини;
- 2) можливість зварювання у різних просторових положеннях;
- 3) можливість візуального спостереження за утворенням шва;
- 4) відсутність операцій із засипання та збирання флюсу та видалення шлаку;
- 5) висока продуктивність та ступінь концентрації тепла джерела дозволяють значно скоротити зону структурних перетворень;
- 6) мала зона термічного впливу;
- 7) низька вартість під час використання активних захисних газів;
- 8) можливість повної механізації та автоматизації процесів.

У технології виробництва зварної конструкції конусних оболонок планується використовуватися автоматичне зварювання, так як зварні шви мають не велику довжину. Таким чином, для виготовлення конусних оболонок вибираємо автоматичне дугове зварювання в суміші захисних газів К-18 (Corgon 18) плавким електродом [7].

## 2.2 Вибір електродного дроту

Зварювальний дріт Св-08Г2С – обміднений дріт, який поставляється намотаним на каркасні та пластикові котушки різної ваги. Він виготовлений з легованої сталі, має ряд переваг перед іншими. До переваг зварювального дроту Св-08Г2С відноситься те, що він має широку сферу використання, а також високі антикорозійні властивості.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі Св-08Г2С, % [8]

C	Si	Mn	Cr	Ni	P	S	N
не більше	не більше						
0,05...0,11	0,7...0,95	1,8...2,1	0,2	0,25	0,03	0,025	0,01

Даний зварювальний дріт використовується в різних галузях, які вимагають наплавних та зварювальних робіт. Легований зварений дріт типу Св-08Г2С використовується для електродугового зварювання низьковуглецевих та низьколегованих сталей у середовищах, що складаються із захисних газів.

## 2.3 Вибір захисного газу для механізованого зварювання

На більшості машинобудівних підприємств для виготовлення виробів за допомогою зварювання з вищеперелічених матеріалів у якості захисного середовища використовується вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>).

Правильний вибір захисного газу багато в чому визначає механічні та фізико-хімічні властивості зварних з'єднань, а також зовнішній вигляд і наявність бризок та шлаку при зварюванні.

В технологічних процесах зварювання як захисні використовують: інертні гази (аргон, гелій та їх суміші), які не взаємодіють з металом при зварюванні, та активні гази (вуглекислий газ, кисень та ін), що взаємодіють з металом, а також їх суміші. Їх вибирають залежно від роду зварюваних матеріалів, технологічних завдань, вимог, які висуваються до зварних з'єднань, а також з інших умов. Технологічними перевагами є відносна простота процесу



зварювання та можливість застосування механізованого зварювання в різних просторових положеннях.

Основним недоліком при зварюванні  $\text{CO}_2$  є розбризкування металу, яке відбувається в результаті викиду дрібних бризок під час пробою прошарку між електродом і краплею, відділення залишку рідкого металу від електрода, розбризкування ванни та викиду розігрітого металу до оплавленої частини електрода (при збудженні дуги) [4, 10].

Для захисту зварювальної дуги також використовуються суміші на основі аргону, гелію та інших технічних газів. Простежуючи багаторічний досвід розвинених країн застосування газових сумішей, можна зробити висновок, що суміші за рядом параметрів значно підвищують якість зварного з'єднання порівняно з чистими газами. Крім того, використання зварювальних сумішей дозволяє знизити собівартість зварювальних робіт.

Для підвищення якості зварного шва з меншим розбризкуванням металу, а також з метою збільшення продуктивності праці доцільно застосовувати газову суміш на основі аргону та вуглекислого газу. Дослідивши ринок пропозицій захисних газів, обираємо оптимальний варіант - газова суміш  $\text{Corgon-18}$  виробництва АТ "Львівський хімзавод". Ця суміш є найбільш універсальною за своїми властивостями. Складається з 82% аргону та 18% двоокису вуглецю, підходить для електродугового зварювання як вуглецевих, так і легованих сталей.

Враховуючи вищевикладене застосування суміші K-18 дозволить значно збільшити швидкість зварювання та підвищити надійність та якість зварного шва. Це забезпечується за рахунок підвищення стабільності дуги, підвищення плинності металу та поліпшення перенесення металу у зварювальну ванну [10].

Для сертифікованих зварювальних сумішей робочий діапазон регулювання режимів зварювання, як по напрузі так і по струму, значно розширюється.

Наприклад, швидкість подачі дроту може бути збільшена з 6-7 до 12-14 м/хв. Також забезпечується практично ідеальна форма зварного. При

використанні суміші corgon-18 завдяки зниженню тиску дуги на зварювальну ванну різко зменшується ризик пропалювання тонкостінних деталей навіть при роботі на великих струмах та швидкостях зварювання.

#### 2.4 Розрахунок параметрів режиму зварювання конусної оболонки

Конусна оболонка, як зварена конструкція зібрана та зварена зварними швами Т5, згідно з ГОСТ 23518-79.

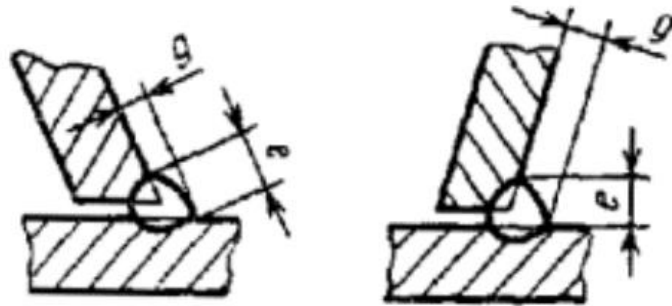


Рисунок 2.1 – Схема зварного шва згідно з ГОСТ 23518-79

Висота зварного шва, мм:

$$H = g + \delta \quad (1.3)$$

де:  $g$  - висота посилення;

$\delta$  - задана товщина металу.

$$H = 0 + 8 = 8 \text{ мм.}$$

Площа наплавленого металу,  $\text{мм}^2$ :

$$F_n = F_{nl} + F_{\Delta} = g \cdot e \cdot 0,735 + F_{\Delta}, \quad (1.4)$$

де:  $F_{\Delta}$  - площа поперечного перерізу обробки,  $\text{мм}^2$ ;

$F_{nl}$  - площа обробки під висотою посилення,  $\text{мм}^2$ ;

$$F_n = 0,8 \cdot 2 \cdot 0,735 + 39 = 39 \text{ мм}^2.$$

Розрахункова глибина проплавлення, мм:

$$h_p = H - F_n / (0,735 \cdot e), \quad (1.5)$$

де:  $H$  - висота зварного шва, мм;

$F_n$  - площа наплавленого металу,  $\text{мм}^2$ ;

$e$  - ширина шва.

$$h_p = 11 - 39 / (0,735 \cdot 8,2) = 4,3 \text{ мм.}$$

Зварювальний струм, А:

$$I_{зв} = (80 \dots 100) \cdot h_p = (80 \dots 100) \cdot 4,3 = (349 \dots 430) \text{ А}; \quad (1.6)$$

Приймаємо  $I_{зв} = 340 \text{ А}$ .

Діаметр електрода призначаємо залежно від допустимої густини струму [19],  $d_e = 1,6 \text{ мм}$ .

Визначаємо напругу дуги, В:

$$U_\delta = 18 + [(50 \cdot 10^{-3} \cdot I_{зв}) / (d_{ел})^{0,5}] \pm 1; \quad (1.7)$$

де:  $I_{зв}$  - зварювальний струм, А;

$d_{ел}$  - діаметр електрода, мм.

$$U_\delta = 18 + [(50 \cdot 10^{-3} \cdot 340) / (1,6)^{0,5}] \pm 1 = 29 \pm 1$$

Приймаємо  $U_\delta = 28 \text{ В}$ .

Швидкість зварювання, м/год:

$$V_{зв} = A / I_{зв}; \quad (1.8)$$

де:  $A$  - коефіцієнт залежить від діаметра електрода;

$$V_{зв} = (8 \dots 12) \cdot 10^3 / 340 = 24 \dots 35 \text{ м/год};$$

Приймаємо:  $V_{зв} = 24 \text{ м/год}$ .

Погонна енергія зварювання, Дж/см:

$$q_n = (I_{зв} \cdot U_\delta \cdot \eta_n) \cdot 36 / V_{зв}, \quad (1.9)$$

де:  $I_{зв}$  - зварювальний струм, А;

$U_\delta$  - напруга дуги, В;

$\eta_n$  - ефективний тепловий ККД;

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

$$q_n = 340 \cdot 28 \cdot 0,7 \cdot 36 / 24 = 6854 \text{ Дж/см.}$$

Коефіцієнт глибини проплавлення:

$$\varphi = k^1 \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{зв}) \cdot (d_{ел} \cdot U_\delta / I_{зв}), \quad (1.10)$$

де:  $k^1$  - коефіцієнт, який залежить від роду, полярності струму та його щільності в електроді;

$d_{ел}$  - діаметр електрода, мм;

$U_\delta$  - напруга дуги, В;

$I_{зв}$  - зварювальний струм, А.

$$\varphi = 0,9 \cdot (19 - 0,01 \cdot 340) \cdot (2,0 \cdot 28 / 340) = 2,1.$$

Фактична глибина проплавлення, мм:

$$h_p = 0,081 \cdot (q_n / \varphi)^{0,5}, \quad (1.11)$$

де:  $q_n$  – погонна енергія зварювання, Дж/см;

$\varphi$  – коефіцієнт глибини проплавлення.

$$h_p = 0,081 \cdot (6854 / 2,1)^{0,5} = 4,6 \text{ мм.}$$

При зварюванні в суміші з вмістом у вуглекислому газі близько 80% аргону глибина проплавлення знизиться 1,05[23]:

$$h_p = 4,6 / 1,05 = 4,4 \text{ мм (необхідна 4,3 мм).}$$

Швидкість подачі електродного дроту, м/год

$$V_n = (I_{зв}(U_a + \varphi) + I_{зв}^2 \cdot \rho \cdot l_{ел} / F_{ел}) \cdot 36 / F_{ел} \cdot \gamma_{ел} \cdot \Delta h_{ел}, \quad (1.12)$$

де:  $I_{зв}$  – зварювальний струм, А;

$U_a$  – анодне падіння напруги, В;

$\varphi$  – потенціал іонізації, еВ;

$\rho$  – питомий електроопір електродного металу, мкОм·см<sup>2</sup>/мм;

$l_{ел}$  – виліт електрода, мм;

$F_{ел}$  – площа поперечного перерізу електрода, см<sup>2</sup>;

$\gamma_{ел}$  – щільність металу електрода, г/см<sup>3</sup>;

$\Delta h_{ел}$  – зміна ентальпії металу електрода при температурі  $\approx 17000$  °, Дж/г.

$$V_n = [(340 \cdot (5 + 5) + 340^2) \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 20 / 0,03] / (0,03 \cdot 7,85 \cdot 1700) \approx 320 \text{ м/год.}$$

Фактична площа наплавленого металу, мм<sup>2</sup>

$$F_n = F_{ел} \cdot V_n \cdot (1 - \Delta) / V_{зв}, \text{ мм}^2, \quad (1.13)$$

де:  $F_{ел}$  – площа поперечного перерізу електрода, мм<sup>2</sup>;

$V_n$  – швидкість подачі електродного дроту, м/год;

$\Delta$  – втрати електродного металу;

$V_{зв}$  – швидкість зварювання, м/год.

$$F_n = 3,1 \cdot 320 \cdot (1 - 0,05) / 24 = 28,6 \text{ мм}^2$$

Ширина зварного шва, мм:

$$e = \varphi \cdot h_p, \quad (1.14)$$

$$e_l = 2,1 \cdot 4,4 = 9,2 \text{ мм (необхідна 8,2 мм).}$$

Фактична висота посилення, мм:

$$g = (F_H - F_\Delta) / e \cdot 0,735, \quad (1.15)$$

де:  $F_\Delta$  - площа поперечного перерізу обробки,  $\text{мм}^2$ ;

$e$  – ширина шва, мм.

$$g = (28,6 - 39) / 8,2 \cdot 0,735 = -1,7 \text{ мм (необхідна 0 мм)}.$$

Коефіцієнт зосередженості дуги  $\text{см}^{-2}$ :

$$k = 4 \cdot (\ln h_p' + 3,5) / e^2, \quad (1.16)$$

де  $h_p'$  – наведена глибина проплавлення, см;

$e$  – ширина шва, див.

$$k = 4 \cdot (\ln 1,08 + 3,5) / 0,922 = 11 \text{ см}^{-2}$$

Площа проплавлення,  $\text{мм}^2$ :

$$F_{np} = (h_p' \cdot (\pi/k)^{0,5}) \cdot 100 - F_\Delta, \quad (1.17)$$

де  $h_p'$  - наведена глибина проплавлення, см;

$k$  – коефіцієнт зосередженості дуги,  $\text{см}^{-2}$ ;

$F_\Delta$  - площа обробки,  $\text{мм}^2$ .

$$F_{np} = ((1,08 \cdot (3,14/11))^{0,5}) \cdot 100 - 39 = 18,7 \text{ мм}^2.$$

## 2.5 Розробка технології виготовлення зварного конуса

### 2.5.1 Технологія заготівельних робіт

1) Заготівельна операція:

а) Виготовити заготовку корпусу конуса відповідно докреслення; ескіз заготовки представлений на рис. 2.2.

б) Обладнання та інструмент:

- установка для термічного (плазмового, газокисневого) розділювального різання листового металопрокату;

- рисувалка, крейда, керно;

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 1000 мм, ціною поділки 1,0 мм; штангенциркуль; кутомір.

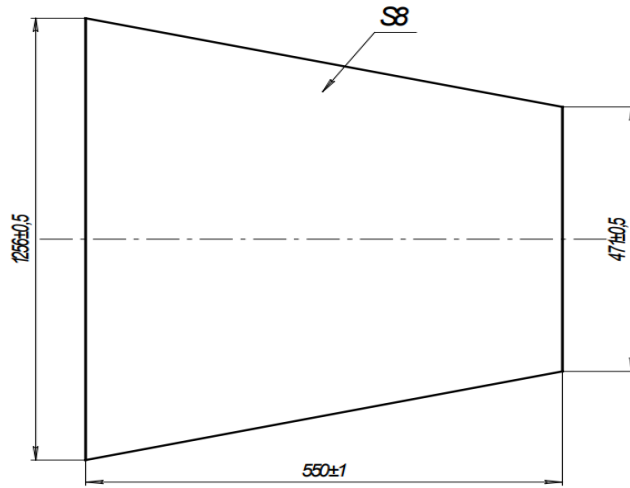


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки корпусу

2) Контроль:

а) Контролювати геометричні розміри заготовки конуса та якість обробки поверхонь;

б) Інструмент:

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 1000 мм, ціною поділки 1,0 мм; штангенциркуль; кутомір.

3) Вальцювання:

а) Вальцювати лист 1000×111×8мм у конічну оболонку у відповідність до ескізу (рисунок 2.3);

б) Обладнання та інструмент:

- тривалкова вальцювальна машина;  
 - комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 1000 мм, ціною поділки 1,0 мм; штангенциркуль.

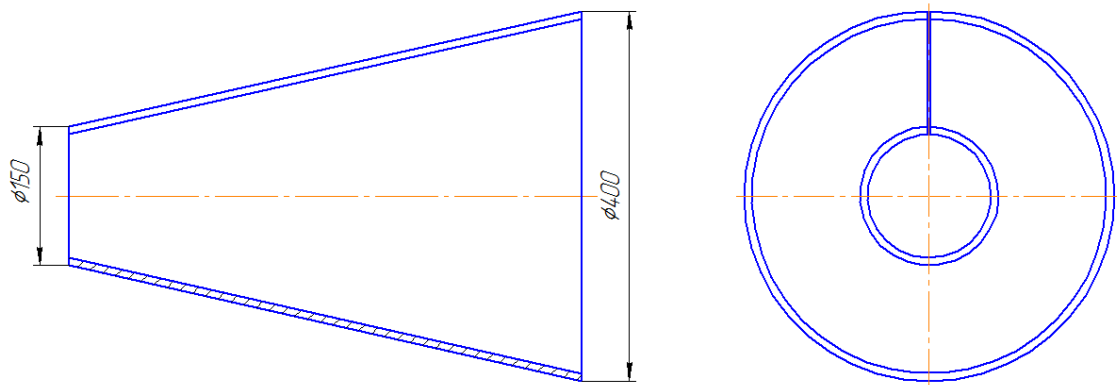


Рисунок 2.3 – Ескіз звальцьованої оболонки

4) Контроль:

а) Контролювати геометричні параметри звальцьованої оболонки рис. 2.3.

б) Інструмент:

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 1000 мм, ціною поділки 1,0 мм; штангенциркуль.

5) Зачистка:

а) Зачистити зварні кромки прилеглі поверхні на відстані не менше 25 мм з обох боків. Торці країв зачистити до металевого блиску;

б) Обладнання та інструмент:

- машинка кутошліфувальна;

- щітка металева дискова.

6) Контроль:

а) Контролювати якість підготовки кромки під зварювання.

7) Складання:

а) Встановити звальцьовану оболонку в притискач клавійного типу намідні підкладки (рисунок 2.4)[1, 9].

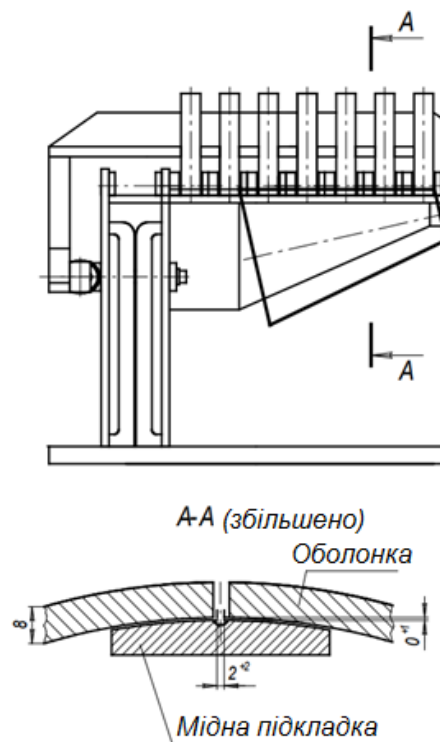


Рисунок 2.4 – Схема складання оболонки

б) Обладнання:

- установка для механізованого дугового зварювання плавким електродом у захисному газі.

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 300 мм, ціною поділки 1,0 мм; штангенциркуль; набір щупів.

8) Контроль:

а) Контролювати якість складання оболонки на рис. 2.3.

б) Інструмент

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 300 мм, ціною поділки 1,0 мм; штангенциркуль; набір щупів.

9) Зварювання:

а) Виконати зварювання поздовжнього шва корпусу;

б) Обладнання:

- установка для механізованого дугового зварювання плавким електродом у захисному газі.

в) Зварювальні матеріали:

- дріт зварювальний діаметром 1,2;1,4;1,6; мм марки Св-08Г2С;

- захисний газ: суміш К18;

г) Тип зварного з'єднання С4 згідно з ГОСТ 14771-76

д) Режим зварювання:

- Зварювальний струм, А -  $240 \pm 10$ ;

- Напруга дуги, В, -  $22 \pm 1$ ;

- Швидкість зварювання, м/год  $22 \pm 0,5$ ;

- Витрата захисного газу, л/хв -  $24 \pm 1$ ;

- Діаметр електрода, мм - 1,6;

- Виліт електрода, мм -  $30 \pm 1$ .

10) Зачистка:

а) Зачистити зварне з'єднання від шлаку, окалини, бризок розплавленого металу, нальоту зварювального аерозолі;



б) Обладнання та інструмент:

- молоток зубильний;
- машинка кутошліфувальна з абразивним армованим зачиснимкругом;
- щітка металева.

11) Контроль:

а) Виконати контроль геометричних параметрів зварного шва та якості його формування за рис.2.5. Тріщини, пори, несплавлення та подрізи в зварному з'єднанні неприпустимі;

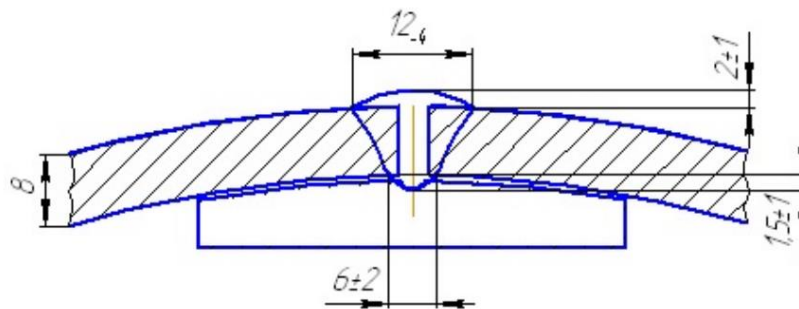


Рисунок 2.5 – Схема зварного шва

б) Виконати контроль геометричних параметрів корпусу оболонки за рис.2.6.

в) Інструмент:

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 1000 мм, ціною поділки 1,0 мм;
- універсальний шаблон зварювальника.

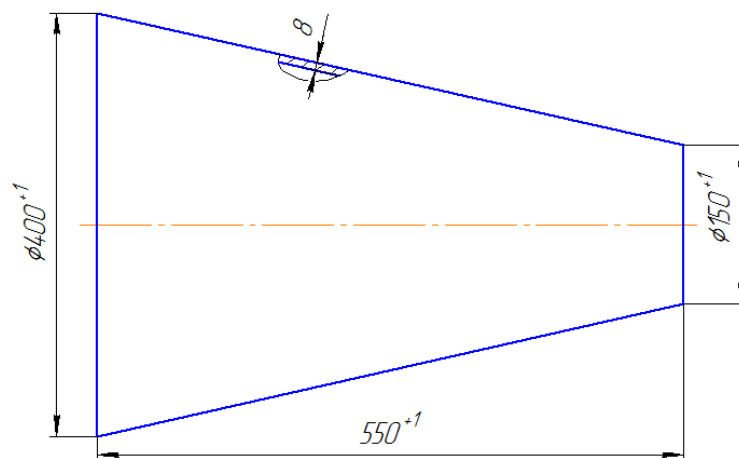


Рисунок 2.6 – Ескіз корпусу конусної оболонки

## 2.5.2 Технологія зварювання конусної оболонки

1) Заготівельна операція:

а) Виготовити заготовки фланців конусної оболонки відповідно докреслення; ескізи заготовок представлені рис.2.7.

б) Обладнання та інструмент:

- установка для термічного (плазмового, газокисневого) розділювального різання листового металопрокату[1];

- рисунка, крейда, керно;

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 1000 мм, ціною поділки 1,0 мм;

- штангенциркуль;

- кутомір.

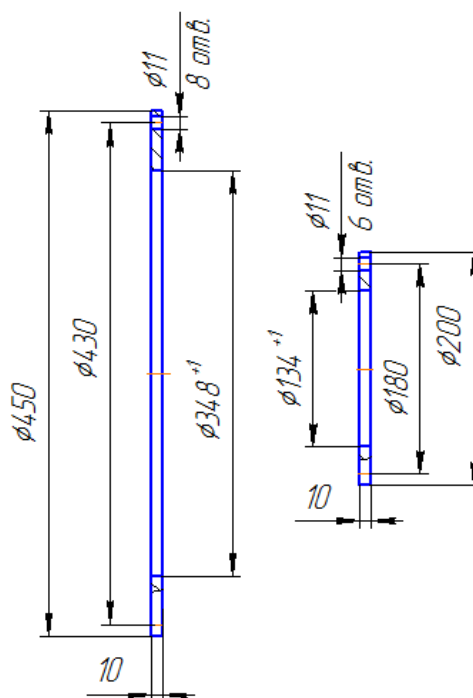


Рисунок 2.7 – Ескізи фланців конусної оболонки

2) Контроль:

а) Контролювати геометричні розміри фланців конусної оболонки та якість обробки поверхонь;

б) Інструмент:

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 1000 мм, ціною поділки 1,0 мм; штангенциркуль; кутомір.

3) Зачистка:

а) Зачистити зварні кромки і прилеглі поверхні від різного типу забруднень у відповідність до рис.2.8. Торці кромок зачистити дометалевого блиску; потовщеними лініями вказані місця зачистки.

б) Обладнання та інструмент:

- машинка кутошліфувальна;
- щітка металева дискова.

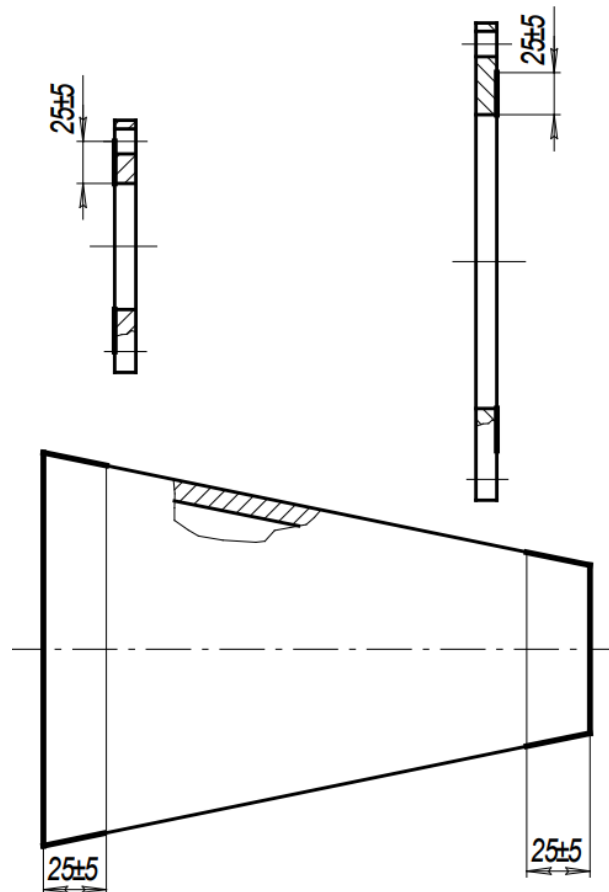


Рисунок 2.8 – Схема зачистки заготовок під зварювання

4) Контроль:

а) Контролювати якість підготовки кромок під зварювання

5) Складання:

а) Виконати складання конусної оболонки із заготовок у спеціальному складальному пристрої (рис.2.9).

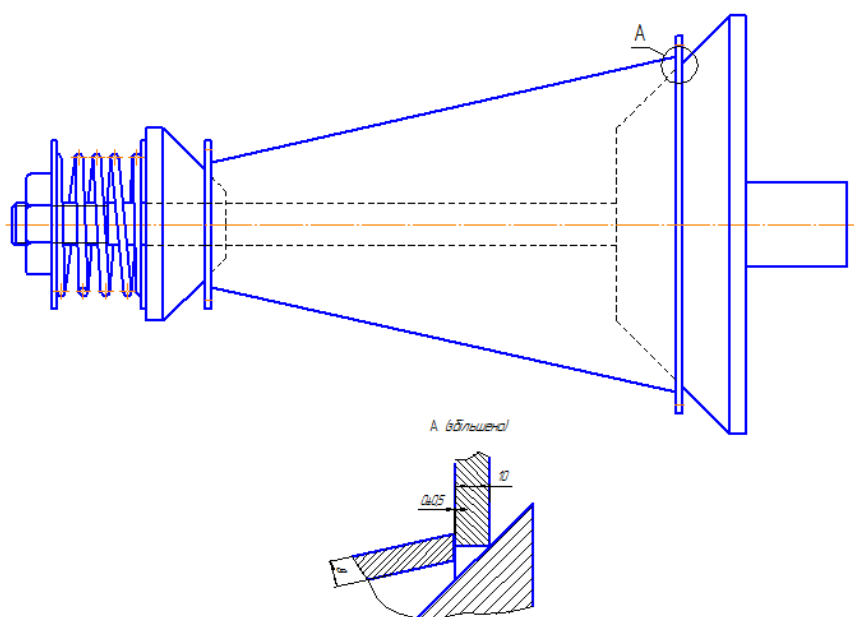


Рисунок 2.9 – Схема складання корпусу та фланців

б) Встановити зібраний конус в притискач, встановлений на планшайбі зварювального маніпулятора.

в) Налаштувати кут нахилу планшайби маніпулятора та кут нахилу мундштука в положення для зварювання кільцевого шва таврового зварного з'єднання № 1 у відповідність до рис.2.10 (перемістити зварювальний апарат в положення для зварювання зварного з'єднання № 1).

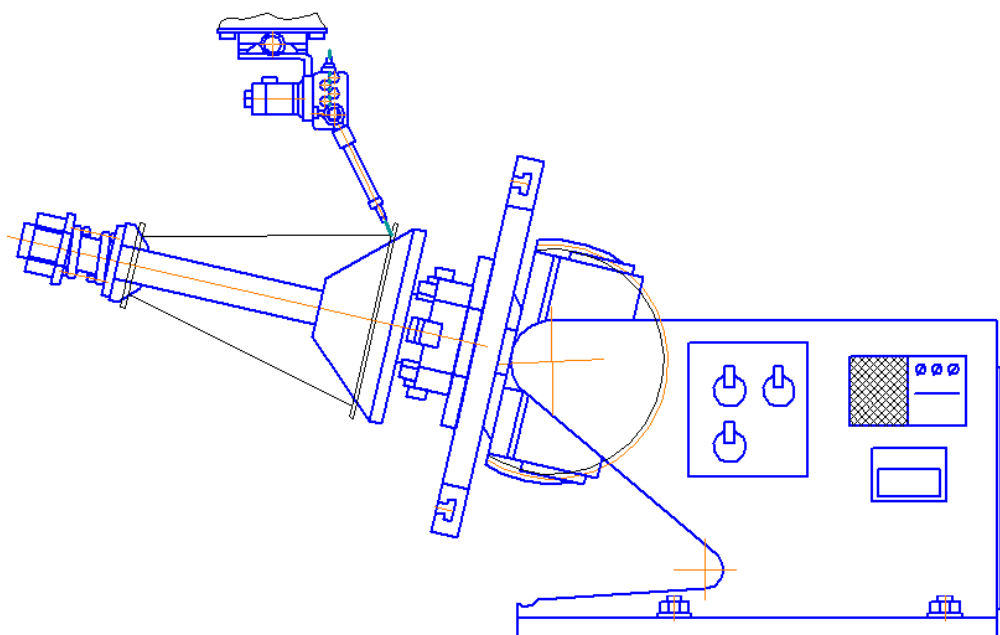


Рисунок 2.10 – Схема налаштування обладнання для зварювання

г) Обладнання та інструмент:

- установка для механізованого дугового зварювання плавким електродом у захисному газі[1, 9];

- набір ключів гайкових;

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 300 мм, ціною поділки 1,0 мм; набір щупів; штангенциркуль; кутомір.

б) Контроль:

а) Контролювати якість складання конусної оболонки відповідно до рис.2.9.

б) Інструмент

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 300мм, ціною поділки 1,0 мм; штангенциркуль; набір щупів; кутомір.

7) Зварювання:

а) Виконати зварювання зварного з'єднання № 1;

б) Обладнання:

- установка для механізованого дугового зварювання плавким електродом у захисному газі.

в) Зварювальні матеріали:

- дріт зварювальний діаметром 1,6 мм марки Св-08Г2С;

- захисний газ: Суміш К18;

г) Геометричні параметри на рис.2.11;

д) Режим зварювання:

- Зварювальний струм, А –  $240 \pm 10$ ;

- Напруга дуги, В - $22 \pm 1$ ;

- Швидкість зварювання, м/год  $24 \pm 0,5$ ;

- Витрата захисного газу, л/хв  $24 \pm 1$ ;

- Діаметр електрода, мм 1,6;

- Виліт електрода, мм  $30 \pm 1$ .

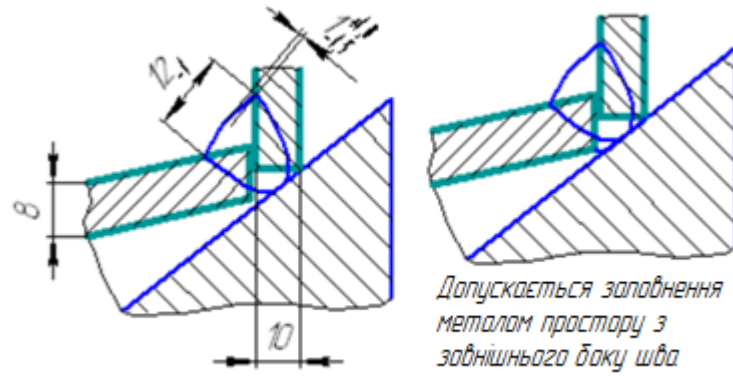


Рисунок 2.11 – Ескіз зварного шва. Геометричні параметри

8) Кантування:

а) Налаштувати кут нахилу планшайби маніпулятора та кут нахилумундштука в положення для зварювання кільцевого шва таврового зварногоз'єднання № 2 відповідно до рис.2.12 (перемістити зварювальний апарат в положення для зварювання зварного з'єднання сполуки № 2).

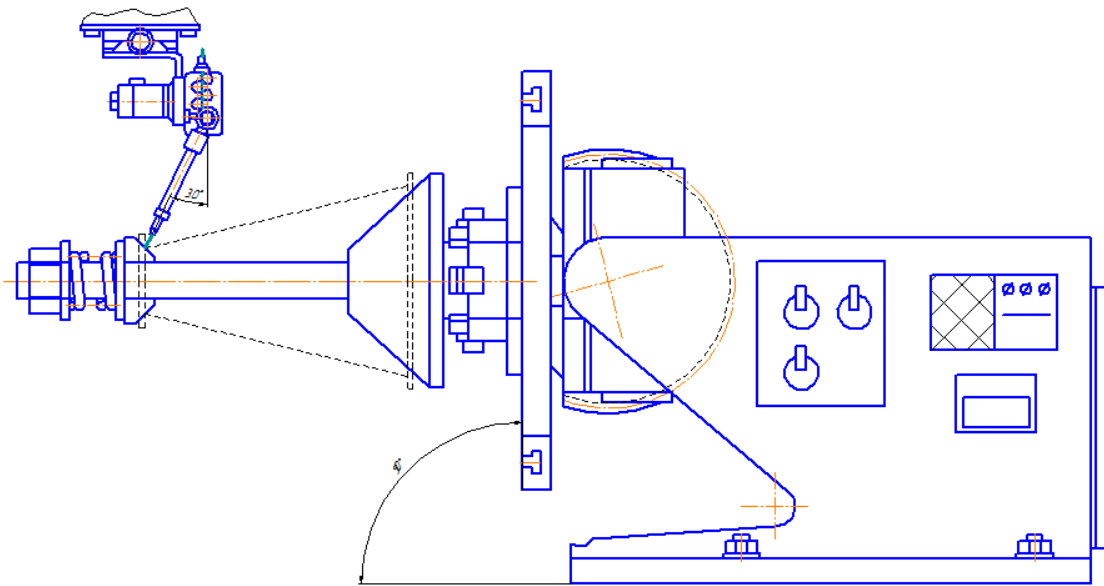


Рисунок 2.12 – Схема налаштування обладнання для зварювання

б) Обладнання та інструмент:

- установка для механізованого дугового зварювання плавким електродом у захисному газі;
- набір ключів гайкових;

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 300 мм, ціноюподілки 1,0 мм; кутомір.

9) Контроль:

а) Контролювати положення виробу щодо наконечника зварювального апарата за кутом нахилу планшайби маніпулятора:

б) Інструмент

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 300 мм, ціноюподілки 1,0 мм; кутомір.

10) Зварювання:

а) Виконати зварювання зварної сполуки № 2;

б) Обладнання:

- установка для механізованого дугового зварювання плавким електродом, у захисному газі.

в) Зварювальні матеріали:

- дріт зварювальний діаметром 1,6 мм марки Св-08Г2С;

- захисний газ: суміш К18;

г) Геометричні параметри на рис.2.5)

д) Режим зварювання:

- Зварювальний струм, А –  $240 \pm 10$ ;

- Напруга дуги, В –  $22 \pm 1$ ;

- Швидкість зварювання, м/год –  $24 \pm 0,5$ ;

- Витрата захисного газу, л/хв –  $24 \pm 1$ ;

- Діаметр електрода, мм - 1,6;

- Виліт електрода, мм -  $30 \pm 1$ .

11) Зачистка:

а) Зачистити зварні з'єднання від шлаку, окалини, бризок розплавленого металу, нальоту зварювального аерозолі;

б) Обладнання та інструмент:

- молоток зубильний;

- машинка кутошліфувальна з абразивним армованим зачисним кругом;

- щітка металева.

12) Контроль:

а) Виконати контроль геометричних параметрів зварних швів та якості його формування за рис. 2.5:

- Геометричні параметри шва зварного з'єднання № 1:

- ширина шва, мм  $11_{-1}$ ;
- висота посилення, мм  $1^{+1}_{-1,5}$ ;

- Геометричні параметри шва зварного з'єднання №2:

- ширина шва, мм  $9_{-1}$ ;
- висота посилення, мм  $1^{+1}_{-1,5}$ ;

Тріщини, пори, несплавлення та підрізи у зварних з'єднаннях неприпустимі;

б) Виконати контроль геометричних параметрів конусної оболонки за рис. 2.13.

в) Інструмент:

- комплект вимірювальних приладів: лінійка металева з діапазоном вимірювання від нуля до 1000 мм, ціною поділки 1,0 мм; штангенциркуль; універсальний шаблон зварювальника.

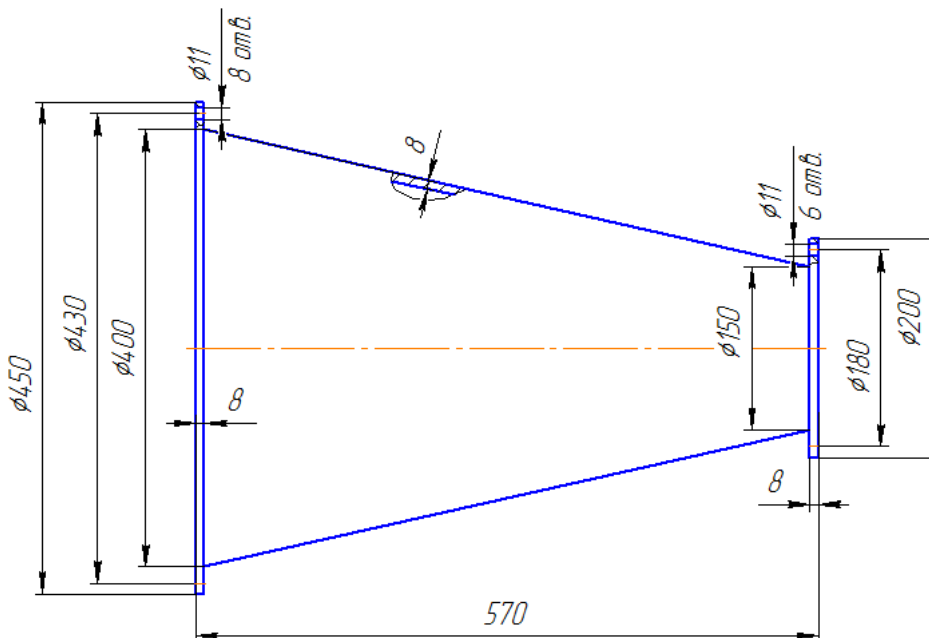


Рисунок 2.13 – Ескіз конусної оболонки



## Висновки за розділом

В даному розділі запропоновано технологію автоматизованого електродугового зварювання конусної оболонки засипного апарату. Для реалізації даної технології пропонується використовувати зварювальну колону в тандемі з обертачем, обладнаним спеціальним складальним пристроєм.

В конструкції установки застосовується апарат для автоматизованого зварювання в середовищі захисних газів. Застосування обертача дозволяє виконувати як повздовжні так і кільцеві шви.

## 3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 3.1 Опис конструктивної розробки

З метою забезпечення виконання технологічного процесу автоматизованого зварювання конусної оболонки використовується наступний комплект обладнання: зварювальна колона КСА 1,0x1,0, обладнана апаратом для електродугового зварювання в середовищі захисних газів та механізмом подачі електродного дроту, зварювальний маніпулятор (обертач) ВСУ-4, обладнаний планшайбою з чотирикулачковим патроном, спеціальний складально-притискний пристрій.

Спеціальний складально-притискний пристрій (рис. ) призначений для складання деталей зварної конструкції перед зварюванням, позиціонування їх одна відносно одної, кріплення заготовки на зварювальному маніпуляторі та підтримання її в процесі зварювання.

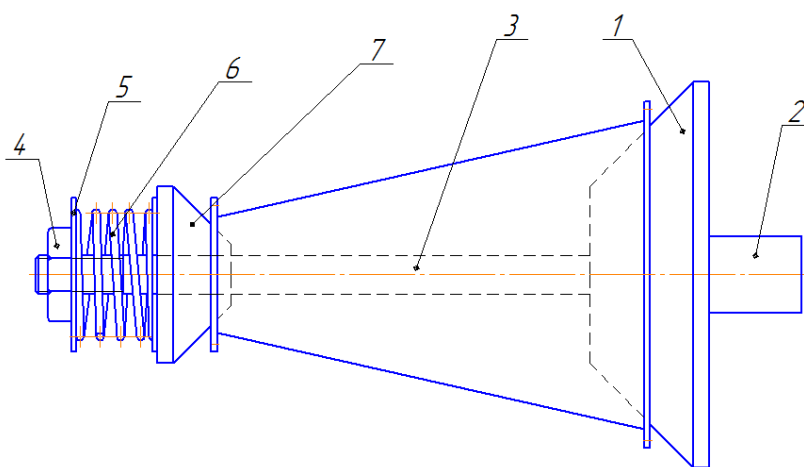


Рисунок 3.1 – Спеціальний складально-притискний пристрій

Спеціальний складально-притискний пристрій запропонованої конструкції складається з конусної основи 1, до більшої сторони якої приварений фланець 2, за допомогою якого вся конструкція кріпиться в чотирикулачковому патроні зварювального маніпулятора. З меншої (тоншої) сторони основи 1 приварений консоль 3 діаметром мм. Довжина консолі має

бути такою, щоб забезпечити можливість встановлення усіх заготовок під час складання конструкції.

На вільному кінці консолі виконана метрична різьба М48, на яку нагвинчується притискна гайка 4, яка через притискну шайбу 5 та пружину стиску 6 діє на рухомий центр 7.

Складання та затискання заготовок відбувається за рахунок їх защемлення на конусних поверхнях основи 1 та рухомого центра 7 під дією зусилля, яке створює пружина стиску 6 під дією осьового її навантаження притискною гайкою 4.

Процес складання відбувається наступним чином. З консолі згвинчується гайка 4 та знімається шайба 5 з пружиною 6 та центром 7. На основу 1 встановлюється фланець більшого діаметра, на нього встановлюють конусну оболонку ширшою стороною до більшого фланця, а потім встановлюють менший фланець. Далі встановлюють рухомий центр 7, пружину 6, шайбу 5 та нагвинчують гайку 4 до тих пір, поки стиснута пружина 6 не забезпечить необхідного зусилля притискання заготовок між собою та утримання їх в стійкому положенні.

В залежності від розмірів та маси зварної конструкції, її складання може відбуватися як на спеціальному складально-притискному пристрої, встановленому на зварювальному маніпуляторі, так і окремо з наступним встановленням усієї конструкції на маніпулятор за допомогою кран-балки.

### 3.2 Розрахунок зварних з'єднань спеціального складально-притискного пристрою

У конструкції спеціального складально-притискного пристрою зварні з'єднання використовуються для з'єднання основи 1 з фланцем 2 та консоллю 3. Деталі зварюються між собою кутовим швом.

Якщо спеціальний складально-притискний пристрій встановлений в патроні маніпулятора, то під дією ваги закріплених на ньому заготовок зварний

шов буде навантажений згинальним моментом  $M$  у площині приварювання (рис. 3.2). В такому випадку розрахунок зварного шва виконують за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{6M}{(0,7 \cdot k \cdot l^2)} \leq [\tau_{зр}] \quad (3.1)$$

де  $M$  – згинальний момент;

$k$  - катет поперечного перерізу шва;

$l$  - довжина шва;

$[\tau_{зр}]$  - допустиме напруження шва на зріз.

$$M = G \cdot L = m \cdot g \cdot L, \quad (3.2)$$

де  $m$  – маса пристрою з закріплених на ньому заготовками, кг (для розрахунків приймаємо  $m = 50$  кг);

$L = 300$  мм – відстань прикладання сили ваги.

$$M = 50 \cdot 10 \cdot 0,3 = 150 \text{ Нм}$$

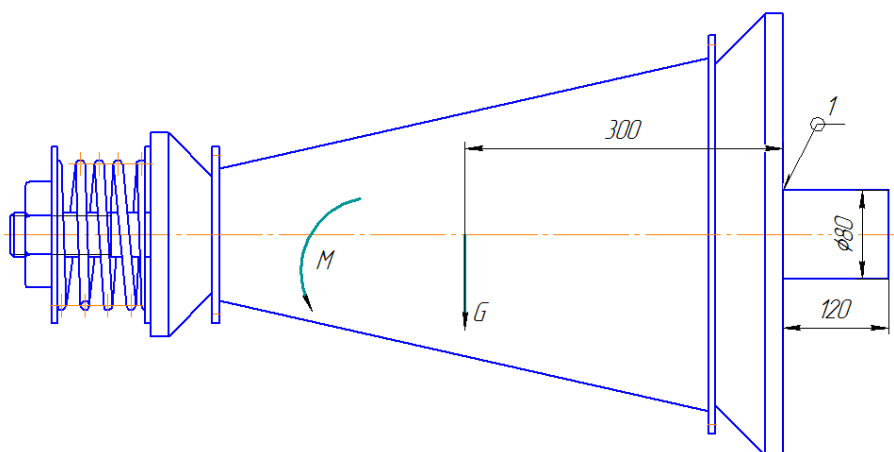


Рисунок 3.2 – Схеми для розрахунку кутового шва за умови дії на нього згинального моменту

При йнявши, що зварний шов виконано по замкнутому контуру довжина зварного шва становитиме:

$$l = \pi \cdot D = 3,14 \cdot 80 = 251,2 \text{ мм}$$

Відповідно до [23] обчислюємо допустиме напруження для зварного шва при зрізі:

$$[\tau_{зр}] = 0,6 \cdot [\sigma_p] \quad (3.3)$$

де  $\sigma_p = \frac{\sigma_T}{[s]}$  – допустиме напруження розтягу, МПа;

$\sigma_T$  - межа текучості основного металу (приймаємо для сталі Ст 3  $\sigma_T = 240$  МПа) [25];

$[s]$  - допустимий коефіцієнт запасу міцності ( $[s] = 1,2 \dots 1,8$  для низьковуглецевих і  $[s] = 1,5 \dots 2,2$  для низьколегованих сталей)[23].

Отже

$$\sigma_p = \frac{240}{1,45} = 165 \text{ МПа}$$

Тоді

$$[\tau_{зр}] = 0,6 \cdot 165 = 99 \text{ МПа}$$

Підставивши отримані значення у вираз (3.1), отримаємо:

$$\tau_{зр} = \frac{6 \cdot 150}{(0,7 \cdot 5 \cdot 251,2^2)} = 4,08 \leq 99 \text{ МПа}$$

Отже міцність шва виконується.

На зварний шов, яким шток приєднується до основи діє осьова сила, створена притискною пружиною. Розрахункова схема наведена на рис. 3.3.

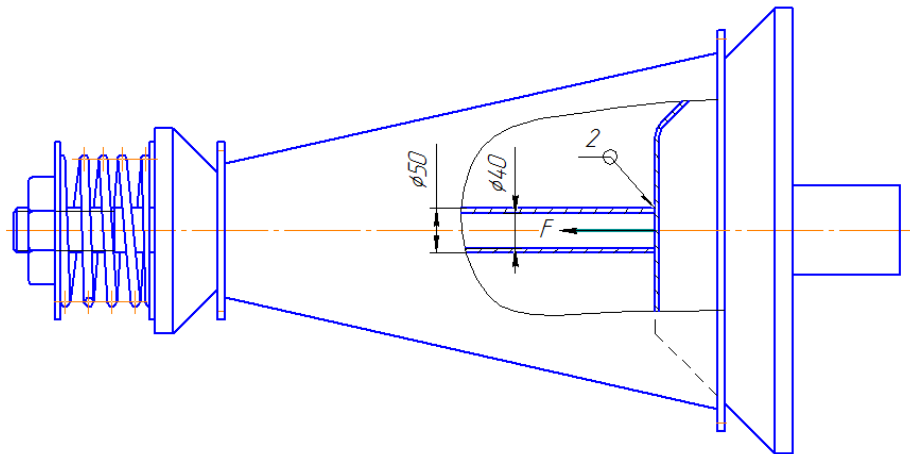


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема кріплення консолі

Емова міцності зварного шва має вигляд:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{0,7 \cdot k \cdot l} \leq [\tau_{зр}] \quad (3.4)$$

приймаючи  $k = 4$  мм,  $l = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 50 = 157$  мм отримуємо

$$\tau_{зр} = \frac{175}{0,7 \cdot 4 \cdot 157} = 0,4 \text{ МПа}$$

Отже міцність шва виконується.

### 3.3. Розрахунок пружини спеціального складально-притискового пристрою

Для проектування пружини спеціального складально-притискового пристрою використовуємо методику розрахунку пружинного притискача, який

використовується в якості технологічної оснастки для зварювання [22]. Такі притискачі дозволяють забезпечувати дозовану силу притискання за рахунок регулювання попереднього стиску пружини. На рис. наведено розрахункова схема для розрахунку пружини.

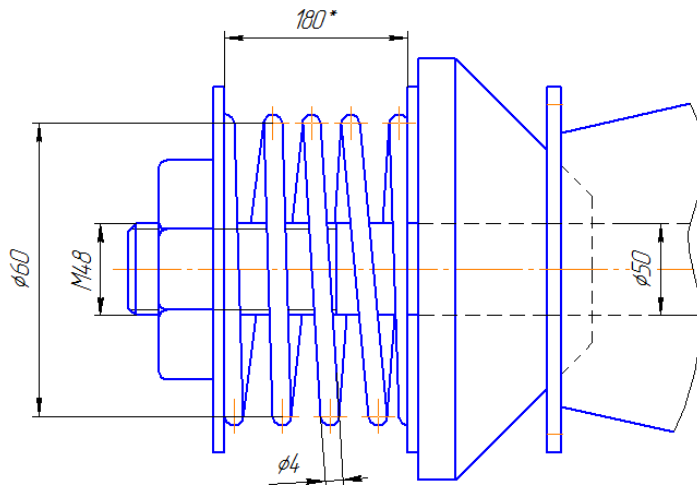


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема пружини

Циліндрична пружина перетворює вихідну силу приводу  $W$ , створену осьовою силою під час загвинчування гайки на силу притискання  $Q$ , причому  $Q < Q_{дон}$ . Сила  $Q$  забезпечує стискання пружини на необхідну величину  $f_n$ .

Необхідний діаметр пружини та діаметр дроту вибирають стандартними або розраховують на кручення.

При статичному навантаженні циліндричної пружини осьовою силою в поперечному перерізі її витків виникають дотичні навантаження кручення. Тоді сила стискання пружини визначається за формулою:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^3}{8D} [\tau_k], \quad (3.5)$$

де  $Q$  – сила стискання пружини, Н;

$d$  – діаметр дроту, мм;

$D$  – середній діаметр пружини, мм;

$[\tau_k]$  – допустиме напруження кручення, МПа.

Допустиме напруження кручення визначаються за допустимими напруженнями згину для матеріалу пружини:

$$[\tau_k] = [\sigma_3] / 1,25, \quad (3.6)$$

Згідно ГОСТ 9389-75 для виготовлення пружин використовують дрiт з пружинної сталі марок 65Г, 60С2 та 60С2А, для яких допустимі напруження згину становлять 450...600 МПа [25].

$$[\tau_k] = 520 / 1,25 = 416 \text{ МПа}$$

Тоді

$$Q = \frac{3,14 \cdot 4^3}{8 \cdot 60} \cdot 416 = 174,7 \text{ МПа}$$

Укорочення пружини при її стисканні силою  $Q$  визначається за формулою:

$$f_{\Pi} = \frac{8 \cdot Q \cdot D^3}{G \cdot d^4} \cdot i, \quad (3.7)$$

де  $G$  – модуль зсуву, МПа (для сталей приймаємо  $G = 0,8 \cdot 10^4$  МПа);

$i$  – кількість витків пружини;

$d$  – діаметр дроту, мм.

$$f_{\Pi} = \frac{8 \cdot 175 \cdot 60^3}{0,8 \cdot 10^4 \cdot 4^4} \cdot 10 = 147,7 \text{ мм.}$$

Висота пружини і вільному стані визначається за емпіричною формулою:

$$H_{\Pi} = i \cdot t + d, \quad (3.8)$$

де  $t$  – крок витків пружини.

Щоб не виникала втрата стійкості висоти пружини стиску і вільному стані обмежується відношенням  $H_n/D = 3$ .

Звідси 
$$H_n = 3 \cdot D = 3 \cdot 60 = 180 \text{ мм.}$$

### 3.4 Розрахунок гайки спеціального складально-притискного пристрою

Кількість витків різьби в гайці визначаємо за формулою:

$$n = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_{BH}^2)} \cdot p_0 \quad (3.9)$$

де  $p_0 = 9 \dots 13$  МПа, питомий тиск в різьбі для сталеві гайки та сталеві гвинта.

$$n = \frac{175}{\frac{3,14}{4}(48^2 - 41,866^2)} \cdot 10 = 4,85$$

Кінцево приймають ціле число витків із заокругленням до більшого.

Приймаємо  $n = 5$ .

Висотугайки при кількості заходів різьби  $m=1$  визначають за формулою:

$$H = \frac{n \cdot S}{m}; \quad (3.10)$$

де  $S$  – крок різьби [28].

$$H = \frac{5 \cdot 5}{1} = 25 \text{мм}$$

### Висновки за розділом

Для забезпечення технологічного процесу автоматизованого зварювання запропоновано конструкцію спеціального складально-притискного пристрою. Його роботоздатність підтверджується проектними та перевірочними розрахунками. Необхідне зусилля притискання заготовок між собою забезпечується достатньою жорсткістю пружини пристрою. Крім того, запропонована конструкція дозволяє виконувати позиціювання заготовок в процесі їх складання перед зварюванням.



## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Санітарно-гігієнічні характеристики зварювального виробництва

Потужне ультразвукове або світлове випромінювання зварювальної дуги впливаючи на очі працівника може призвести до запального захворювання очного яблука (електроофтальмія), а при тривалому впливі - до ураження сітківки очей (кон'юнктивіт). Інфрачервоні короткохвильові промені можуть викликати хронічне захворювання - помутніння кришталика ока (катаракта). Шкідливі впливи променів зварювальної дуги на органи зору можуть чинити вплив в радіусі до 10 метрів [6].

Шкіру захищають звичайним робочим одягом, лице і частина шії - щитком або шоломом. Очі захищаються спеціальними темними скельцями - світлофільтрами, які вставляють в щиток або шолом. Ці скельця зовсім не пропускають ультрафіолетові промені, а інфрачервоні пропускають в межах від 0,1 до 4%, що не чинить шкідливого впливу на зір зварювальника.

При захворюванні очей від світлової радіації, необхідно негайно звернутися до лікаря, а при неможливості отримання швидкої медичної допомоги слід робити примочки очей слабким розчином питної соди.

Крім опіків променями електричної дуги, зварника можуть бути заподіяні опіки бризками розплавленого металу. Щоб уникнути опіків, необхідно надягати робочий одяг з щільної брезентової матерії. Одяг не повинна мати складок. Штани треба носити тільки на випуск, щоб вони закривали черевики. Щоб запобігти пропалювання спецодягу бризками розплавленого металу, тканина просочується спеціальними речовинами, які підвищують її вогнестійкість.

Під час виконання зварювальних робіт в результаті вигорання обмазки електрода і елементів легування підвищується загазованість робочого місця. Для запобігання цьому необхідно встановлювати пристрої витяжної вентиляції в зоні дихання зварника. Викидати повітря потрібно за межі робочих зон. Для видалення газів і пилу застосовується як місцева вентиляція робочого місця, так

і припливно-витяжна вентиляція всього приміщення. Припливне повітря повинне надходити розсіяно в робочу зону приміщень, в основному на незварювальні ділянки, а також там, де витяжна вентиляція здійснюється за допомогою місцевих відсмоктувачів. Швидкість руху повітря, на робочих місцях повинна бути не більше 0,3 м/с [6].

#### 4.2 Характеристика мікроклімату і вентиляції робочої зони

Норми виробничого мікроклімату встановлені системою стандартів безпеки праці «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» [6]. У цих нормах окремо нормується кожен компонент мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення: температура, відносна вологість, швидкість повітря в залежності від здатності людини до акліматизації в різні пори року, характеру одягу, інтенсивності праці і характеру тепловиділень в робочому приміщенні.

Шкідливими основними речовинами, які виділяються під час зварювання сталей, є: окис вуглецю, хром, марганець і з'єднання фтору. У таблиці 4.1 представлені класи небезпек шкідливих речовин, які виділяються під час зварювання сталей.

Таблиця 4.1 – Класи небезпек шкідливих речовин, які виділяються під час зварювання сталей

Речовина	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Агрегатний стан
Марганець	0,05	1	аерозолі
Хром	0,1	1	аерозолі
З'єднання фтору	0,5	2	аерозолі
Окис вуглецю	20	4	пари або газу

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони виробничих приміщень не повинна перевищувати величин, зазначених в таблиці 4.1.

У зварювальних цехах на стаціонарних робочих постах, а також, де це можливо, на нестаціонарних постах слід встановлювати місцеві відсмоктувачі.

Швидкість руху повітря, створювана місцевими відсмоктувачами біля джерел виділення шкідливих речовин, повинна відповідати нормам, наведеним у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Швидкість руху повітря, створювана місцевими відсмоктувачами біля джерел виділення шкідливих речовин

Процес	V, м/с
Зварювання ручне	> 0,5
Зварювання в захисних газах	< 0,3

Кількість шкідливих речовин, локалізованих місцевими відсмоктувачами становить для витяжних шаф не більше 90%, а для місцевих відсмоктувачів інших видів не більше 75%. Решта шкідливих речовин (10 - 20%) має розбавлятися до ГДК за допомогою загальнообмінної вентиляції.

У нашому випадку робоче місце зварника за ГДК, відноситься до 2 класу небезпеки.

#### 4.3 Електробезпека під час зварювального виробництва

Причини і практичні умови виникнення електроуражень, незважаючи на їх значну кількість, можна об'єднати в наступні 5 груп:

- дотик до оголених струмоведучих частин, які знаходяться під напругою. При цьому слід відрізняти провідну частину електроустановки від її струмоведучих частини;

- дотик до корпусів електрообладнання і конструктивно пов'язаних з ними металевих предметів і споруд, які нормально не перебувають під напругою, але можуть опинитися під її впливом внаслідок пошкодження ізоляції проводів (кабелів). Зазначені корпуси і металеві предмети відповідно з термінологією, прийнятою в ПУЕ, відносяться до відкритих провідних частин (ВПЧ);

- дотик до відключеного, але електрично зарядженого обладнання (до конденсаторів, кабелів тощо);

- знаходження в недопустимій близькості від місця замикання проводу (кабелю) на землю. Забороняється наближатися на відстань менше 8 м до обірваного проводу, який лежить на землі, щоб уникнути попадання під крокову напругу;

- всі ураження, пов'язані з дією електричної дуги і продуктів її згоряння, а також з впливом електричних і магнітних полів підвищеної напруженості.

Зварнику на своєму робочому місці доводиться працювати з обладнанням, що знаходиться під напругою 220 В і 380 В частотою 50 Гц, тому виникає небезпека ураження електричним струмом. У нашому випадку, це зварювальний апарат, КШМ, автомати для зварювання - все це становить потенційну загрозу для людини. Все обладнання повинно бути виконано відповідно до вимог [6].

Основними умовами, які забезпечують усунення електротравм є:

- а) правильна будова електроустановок;
- б) навченість персоналу;
- в) дотримання правил з безпечного обслуговування електроустановок;
- г) нагляд за виконанням робіт в електроустановках.

Для запобігання ураження електричним струмом необхідно дотримуватися наступних правил техніки безпеки:

- необхідно надійно заземлювати корпуси джерел живлення і установок, а також виріб, який зварюється;

- заборонено торкатися голими руками (без діелектричних рукавичок) струмопровідних частин зварювальних установок, а також проводів без ізоляції або з пошкодженою ізоляцією;

- перед початком робіт необхідно перевіряти справність ізоляції зварювальних проводів, зварювального інструменту та обладнання, а також надійність всіх контактних з'єднань зварювального кола;

- при тривалих перервах джерело зварювального струму слід відключати;

- при прокладанні зварювальних проводів і при кожному їх переміщенні не допускати: пошкодження ізоляції, зіткнення проводів з водою, маслом, сталевими канатами, рукавами (шлангами) і трубопроводами з горючими газами і киснем, а також з гарячими трубопроводами;

- не можна ремонтувати зварювальне обладнання та установки, які знаходяться під напругою;

- зварювальник не повинен самостійно підключати джерело живлення зварювальної дуги до силової мережі, або проводити в ній ремонт, пов'язаний з роботою джерела живлення. Всі ці роботи виконують тільки електрики цехів.

Все електрообладнання зварювальних цехів і дільниць повинно відповідати «Правил будови електроустановок» (ПУЕ). Крім того, слід виконувати вказівки щодо експлуатації і безпечного обслуговування електрозварювальних установок [4]. Обслуговування електроустановок доручається особам, які пройшли медичний огляд і спеціальне навчання.

У разі ураження зварника електричним струмом необхідно терміново відключити струм найближчим вимикачем або відокремити потерпілого від струмопровідних частин, використовуючи сухі підручні матеріали (жердину, дошку тощо). Після цього покласти його на теплу підстилку і по можливості зігріти. Негайно викликати медичну допомогу, враховуючи, що зволікання понад 5-6 хвилин може привести до непоправних наслідків. При несвідомому стані потерпілого слід звільнити від тісного одягу і негайно почати робити штучне дихання, також необхідно перебувати поруч з постраждалим до прибуття лікаря.

#### 4.4 Пожежна безпека під час зварювання

Причиною виникнення пожеж в зварювальних цехах машинобудівних підприємств можуть бути:

- порушення технологічного режиму;
- несправність електрообладнання;
- іскри;

- несправність запірної арматури і відсутність заглушок на апаратах і трубопроводах;
- реконструкція установок з відхиленням від технологічних схем;
- самозаймання промасленого ганчір'я та інших легкозаймистих матеріалів.

Основи протипожежного захисту підприємств визначені стандартом ГОСТ 12.1.010-76 «Вибухобезпека. Загальні вимоги».

Заходи з пожежної профілактики поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні. Пожежна безпека об'єкта регламентується, будівельними нормами і правилами, міжгалузевими правилами пожежної безпеки. Пожежна безпека може бути забезпечена заходами пожежної профілактики і активним пожежним захистом. Поняття профілактики включає в себе комплекс заходів, необхідних для запобігання пожежі або зменшення його наслідків. У зварювальному виробництві в цехах збірні конструкції виконують з негорючого і важкогорючого матеріалу. Приміщення в зварювальному виробництві відносяться до другого ступеня вогнестійкості споруд по категорії «Г».

Для швидкої ліквідації пожежі нормами первинних засобів пожежогасіння зварювального цеху на кожні 200 м<sup>2</sup> передбачається один вогнегасник ОУ-2, ящик з піском місткістю 0,5 м<sup>3</sup> і дві лопати. Пожежні крани та інші засоби пожежогасіння повинні бути у справному стані і перебувати в конкретних місцях.

#### 4.5 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.

Таблиця 4.3 – Логічна модель виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час зварювання металоконструкцій

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 метало-конструкції, зварювальний цех підприємства	НУ <sub>1</sub> - порушення ізоляцій. НУ <sub>2</sub> - відсутність заземлення.	НД - Поява струму на корпусі зварювального апарата	НС – Контакт зварювальника з корпусом зварювального апарата	Т - Ураження струмом зварювальника	Заземлення струмоведучих частин і якісна їх ізоляція
НУ <sub>1</sub> → НУ <sub>2</sub> → НД → НС → Т					
Зварювання метало-конструкції, зварювальний цех підприємства	НУ- відсутність або несправність штучної вентиляції робочого місця	НД - знаходження працівника в загазованій зоні без засобів захисту	НС- вдихання оператором шкідливих газів	Т – отруєння оператора шкідливими газами (З – виробниче захворювання)	Обладнання робочого місця штучною вентиляцією
НУ → НД → НС → Т (З)					
Зварювання метало-конструкції, зварювальний цех підприємства	НУ – підвищений рівень яскравості світла тощо	НД - робота без засобів індивідуального захисту	НС – вплив спалахів дуги на органи зору зварювальника	З – виробниче захворювання	Робота в засобах інд. захисту (окулярах, захисному щитку тощо)
НУ → НД → НС → З					
Зварювання метало-конструкції, зварювальний цех підприємства	НУ – висока температура деталей та заготовок і обладнання	НД - робота без спеціального одягу	НС – зварювальника гарячими поверхнями	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.

## Висновки за розділом

В даному розділі розглянуто процес автоматизованого електродугового зварювання з точки зору виникнення небезпечних ситуацій. Проаналізовано основні фактори, які можуть призвести до виникнення аварій або травм. Розроблені схеми процесів виникнення небезпечних ситуацій дозволяють враховувати їх під час планування виробництва та планово-попереджувачих заходів з охорони праці.



## 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Основним показником, який визначає економічну доцільність конструктивної розробки є собівартість її виготовлення. Визначення собівартості виробництва додаткового обладнання для зварювання будемо проводити за наступними статтями:

- Сировина та основні матеріали;
- Покупні вироби та напівфабрикати;
- Транспортно-заготівельні витрати;
- Основна заробітна плата робітників;
- Додаткова заробітна плата робітників;
- Нарахування на заробітну плату;
- Цехові витрати;
- Загальнозаводські витрати;
- Невиробничі витрати.

### 5.1 Визначення вартості основних матеріалів

Вартість основних матеріалів визначаємо за загальною формулою;

$$B_{ом} = Ц_{ом} \cdot K_{ом}; \quad (5.1)$$

де  $Ц_{ом}$  - ціна одного кілограма матеріалу, грн;

$K_{ом}$  - норма витрати матеріалу, кг.

Визначаємо вартість листа гарячекатаного товщиною 4 мм зі сталі Ст3:

$$B_{ом} = 18,52 \cdot 5,64 = 104,45 \text{ грн}$$

де  $Ц_{ом} = 18,52$  грн. – ціна одного кілограма вибраного сортаменту;

$K_{ом} = 5,64$  кг. - норма витрати обраного сортаменту.

Визначаємо вартість листа гарячекатаного товщиною 10 мм зі сталі Ст3:

$$B_{ом} = 18,54 \cdot 12,55 = 232,68 \text{ грн}$$

де  $Ц_{ом} = 18,54$  грн. – ціна одного кілограма вибраного сортаменту;

$K_{ом} = 12,55$  кг. - норма витрати обраного сортаменту.

Визначаємо вартість труби 50x5 мм зі сталі 20:

$$B_{om} = 49,5 \cdot 4,1 = 202,95 \text{ грн}$$

де  $Ц_{om} = 49,5$  грн. – ціна одного кілограма вибраного сортаменту;

$K_{om} = 4,1$  кг. - норма витрати обраного сортаменту.

Визначаємо вартість труби 80x8 мм зі сталі 20:

$$B_{om} = 53,95 \cdot 1,24 = 66,9 \text{ грн}$$

де  $Ц_{om} = 53,95$  грн. – ціна одного кілограма вибраного сортаменту;

$K_{om} = 1,24$  кг. - норма витрати обраного сортаменту.

Визначаємо вартість виливків із чавуну марки СЧ15:

$$B_{om} = 70 \cdot 4,8 = 336 \text{ грн}$$

де  $Ц_{om} = 70$  грн. – ціна одного кілограма вибраного сортаменту;

$K_{om} = 4,8$  кг. - норма витрати обраного сортаменту.

Вартість консервації  $B_{om} = 192,63$  грн.

Вартість зварювальних електродів  $B_{om} = 350$  грн.

Вартість лакофарбових матеріалів  $B_{om} = 221,4$  грн.

Вартість інших матеріалів  $B_{om} = 135,26$  грн.

Визначаємо загальну вартість основних матеріалів

$$\begin{aligned} B_{om} &= 104,45 + 232,68 + 202,95 + 66,9 + 336 + 192,63 + 350 + 221,4 + 135,26 = \\ &= 1842,27 \text{ грн} \end{aligned}$$

## 5.2 Визначення вартості покупних виробів

Вартість покупних виробів та напівфабрикатів визначаємо за загальною формулою:

$$B_n = \Sigma(Ц_{не} \cdot K_{не}), \quad (5.2)$$

де  $Ц_{не}$  - ціна однієї покупної одиниці, грн.;

$K_{не}$  - необхідна кількість покупних одиниць, шт.

Результати розрахунків вартості покупних виробів і напівфабрикатів представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вартість покупних виробів та напівфабрикатів

Найменування	Кількість	Ціна за штуку, грн	Вартість, грн
Гайка М48х25 БП	1	380	380
Пружина 180х60х4	1	225	225
Шайба 50х4	1	67	67
Разом			672

Приймаємо транспортно-заготівельні витрати рівними 7,5% від вартості сировини, основних матеріалів, покупних та комплектуючих виробів

$$B_{mз} = (B_{ом} + B_n) \cdot 0,075 \quad (5.3)$$

$$B_{mз} = (1842,27 + 672) \cdot 0,075 = 188,57$$

### 5.3 Розрахунок заробітної плати робітників

Основна заробітна плата робітників формується з тарифної частини основної заробітної плати і доплат (50% до тарифної заробітної плати).

Тарифний фонд основної заробітної плати відповідно до тарифних ставок і норм часу становить формується з переліку та характеристика операцій, передбачених технологією виготовлення (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Характеристика виконання робіт

Види робіт	Трудомісткість люд. год.	Розряд	Тарифна ставка, грн.	Тарифний фонд, грн.
Слюсарні	3,3	IV	6,3	20,79
Верстатні	4,5	IV	7,4	33,3
Зварювальні	2,1	IV	7,8	16,38
	$\Sigma = 9,9$			$\Sigma = 70,47$

Сумарні затрати праці на виготовлення робочого обладнання складатимуть  $Z_n = 9,9$  люд. год.

Основна заробітна плата робітників (тариф + доплати) складе

$$Z_{осн} = 70,47 \cdot 1,5 = 105,7 \text{ грн.}$$

Приймаємо додаткову заробітну плату виробничих робітників, що дорівнює 30% від основної, тоді

$$Z_{дод} = Z_{осн} \cdot 0,3 = 105,7 \cdot 0,3 = 31,71 \text{ грн}$$

Розрахунок нарахування на зарплатню.

Приймаємо нарахування на заробітну плату рівними 34% від основної та додаткової заробітної плати, тоді

$$Z_{нзн} = (Z_{осн} + Z_{дод}) \cdot 0,34 \quad (5.7)$$

$$Z_{нзн} = (105,7 + 31,71) \cdot 0,34 = 46,72 \text{ грн}$$

#### 5.4 Розрахунок цехових та загальнозаводських витрат

Приймаємо цехові витрати рівними 350% від основної заробітної плати виробничих робітників, тоді

$$Z_{ц} = Z_{осн} \cdot 3,50 = 3,50 \cdot 105,7 = 369,95 \text{ грн} \quad (5.8)$$

Приймаємо загальнозаводські витрати рівними 300% від основної заробітної плати виробничих робітників, тоді

$$Z_{з} = Z_{осн} \cdot 3,0 = 3,0 \cdot 105,7 = 317,1 \text{ грн}$$

#### 5.5 Визначення повної собівартості розробки

Виробнича собівартість виробу визначається за формулою

$$\begin{aligned} C_{вр} &= B_{ом} + B_n + B_{тз} + Z_{осн} + Z_{дод} + Z_{нзн} + Z_{ц} + Z_{з} = \\ &= 1842,27 + 672 + 188,57 + 105,7 + 31,71 + 46,72 + 369,95 + 317,1 = 3574,02 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Приймаємо позавиробничі витрати рівними 1,25% від виробничої собівартості, тоді

$$Z_{нв} = C_{вр} \cdot 0,0125 \quad (5.9)$$

$$Z_{нв} = 3574,02 \cdot 0,0125 = 44,68 \text{ грн}$$

Визначаємо повну собівартість

$$C_{повн} = C_{вр} + Z_{нв} \quad (5.10)$$

$$C_{повн} = 3574,02 + 44,68 = 3618,7 \text{ грн}$$

## Висновки за розділом

Результати розрахунку собівартості виготовлення спеціального складально-притискного пристрою свідчать, що собівартість становить 3618,7 грн. такі затрати не є занадто високими, а тому виробництво таких пристроїв в умовах підприємства дозволить суттєво підвищити продуктивність процесу зварювання та його якість.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Проведений аналіз основних форм та конструкцій конусних оболонок показав, що найбільш поширеною сферою їх застосування є різноманітні ємкості для зберігання, накопичення, подачі та дозування різноманітних матеріалів.

Для технології автоматичного зварювання конусної оболонки було вибрано автоматизоване зварювання в середовищі захисних газів. В запропонованій технології пропонується використовувати зварювальну колону КСА 1,0x1,0 в комплекті з обертачем ВСУ-4, обладнаним спеціальним складально-притискним пристроєм. Дане обладнання дозволяє виконувати автоматичне зварювання як повздовжніх так і кільцевих швів в різних просторових положеннях.

Для забезпечення процесу зварювання в конструктивній частині роботи розроблено конструкцію спеціального складально-притискного пристрою, який кріпиться в патроні обертача і забезпечує надійну фіксацію заготовок без необхідності виконання прихваток. Його роботоздатність підтверджується проектними та перевірочними розрахунками. Необхідне зусилля притискання заготовок між собою забезпечується достатньою жорсткістю пружини пристрою. Крім того, запропонована конструкція дозволяє виконувати позиціонування заготовок в процесі їх складання перед зварюванням.

Розрахувавши затрати на виготовлення спеціального складально-притискного пристрою було встановлено, собівартість його виготовлення становить 3618,7 грн. Це говорить про те, що даний пристрій можна виготовляти в умовах будь яких зварювальних виробництв за незначних затрат коштів.

## 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. Вагові дозатори. Джерело:<https://artmash.ua/category/dozatory>
3. 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.
4. Гуменюк І.В. Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
5. Драган С.В., Лабарткава А.В. Практикум зі зварювання: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 68 с.
6. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 48 с.
7. 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](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50209)
8. ДСТУ EN ISO 14171:2015 Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дрiт електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація (EN ISO 14171:2010, IDT; ISO 14171:2010, IDT): [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=82838](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82838)
9. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. Київ: Арістей, 2005. 268 с.
10. Квасницький В. В. Спеціальні способи зварювання. Навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.

11. Конспект лекцій з дисципліни «Зварні конструкції» для студентів напряму 6.050504 «Зварювання» / Укладач Ю.А.Гасило. Кам, янське: ДДТУ 2016. 72 с.
12. Металеві силоси для зберігання зерна. Джерело: <https://neuro-ukraina.com.ua/category/metallicheskie-silosy-dlya-hraneniya-zerna-145226/>
13. Постольник Ю.С., Огурцов А.П., Решетняк І.С. Основи металургійної термомеханіки. Дніпродзержинськ: Вид. ДДТУ, 1998. 360с.
14. Силоси і бункери.  
Джерело:<https://zeosokol.com.ua/uk/products/silos-i-bunker/>
15. Цизь І.Є., Дідух В.Ф. Дозування сипких зв'язних матеріалів під час виробництва органо-мінеральних добрив: Монографія. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. 184 с.
16. Циклони. Джерело:<https://ventilator.ua/category/ciklony-/>
17. Швець О.П. Вивчення обладнання для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG): методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 19 с.
18. Швець О.П., Власюк І.В., Федорина Д.І. Вивчення технології ручного електродугового зварювання: методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 13 с.
19. Швець О.П. Зварювання сталей в середовищі вуглекислого газу: методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208



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

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

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

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

23. 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.

24. КАТАЛОГ НД УКРАЇНИ on-line ВЕРСІЯ +: <http://csm.kiev.ua/>

25. <https://evak.org/>

26. <https://stkengineering.com.ua/ua/>

27. <https://utmk.com.ua/>

28. <https://krepsila.com/ua/>

29. <https://flagma.ua/>

## ДОДАТКИ

### Зварювальна колона КСА 1,0x1,0



Технологічна характеристика	Показник
1	2
Вантажопідйомність, кг	300
Горизонтальне переміщення консолі, мм	1000
Швидкість горизонтального переміщення консолі, мм/хв	1000
Вертикальне переміщення консолі, мм	1000
Швидкість вертикального переміщення консолі, мм/хв	1000
Кут повороту, град	±180
Висота, мм	3297
Ширина, мм	900
Довжина, мм	2530
Мінімальна висота консолі над підлогою, мм	863
Мінімальний виліт консолі від колони, мм	265
Маса, кг	1530

## Зварювальний обертач ВСУ-4



Технологічна характеристика	Показник
1	2
Вантажопідйомність, кг	1000
Швидкість обертання, хв <sup>-1</sup>	0,063-3,15
Діаметр планшайби, мм	1000
Кут повороту планшайби, град	360
Кут нахилу планшайби, град	135
Маса, кг	420