

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«»

2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Фенканіну Максиму Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення повітрозбірника поршневого компресора КП- 300L

Керівник роботи Мариненко Сергій Юрійович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-26

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи базовий технологічний процес виготовлення повітрозбірника поршневого компресора

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Зміст. Вступ. Аналітична частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Стенд для зварювання кільцевих швів. Установка для

зварювання кільцевих швів. Установка для приварювання днищ.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорони праці</i>	<i>Комар Р.В., к.т.н., доцент</i>		

7. Дата видачі завдання 24 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Реферат</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Зміст</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Вступ</i>	<i>11.02.2026</i>	
	<i>Загально-технічна частина</i>	<i>11.02.2026</i>	
	<i>Технологічна частина</i>	<i>06.06.2026</i>	
	<i>Конструкторська частина</i>	<i>06.06.2026</i>	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>11.06.2026</i>	
	<i>Висновки</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Перелік посилань</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Графічна частина</i>	<i>14.06.2026</i>	

Студент

(підпис)

Фенканін М.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Мариненко С.Ю.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	40
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	52
ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61
ДОДАТКИ	63

ВСТУП

На сьогоднішньому етапі розвитку світової сировинної бази особливо гострого значення набула проблематика раціоналізації використання всіх наявних ресурсів, сировини, матеріалів та електроенергії. Підвищення ефективності використання саме матеріальних ресурсів має надзвичайно велике значення, як для економіки окремого взятого підприємства, так і для нашої держави в цілому. Від того, наскільки прагматично та раціонально будуть використовуватись природні ресурси, залежить розвиток економіки в цілому, і також її окремих секторів. Результативність ефективності використання матеріальних ресурсів забезпечує збільшення обсягів готової, якісної продукції, що виробляється в тих же або й менших обсягах матеріальних витрат.

Одним з основних напрямків у вирішенні цієї проблеми є застосування автоматизації процесів зварювання. В даному дипломному проекті розглядається питання складання та зварювання резервуара ресивера. У зв'язку з чим було визначено завдання роботи - розробити технологію складання та зварювання корпусу ресивера, а також здійснити вибір обладнання для реалізацій запропонованої нами технології з можливістю подальшого застосування його на діючому підприємстві.

Об'єктом розроблення є технологічний процес виготовлення металоконструкції типу корпус повітрозбірника поршневого компресора типу КП – 300 L.

Предметом розроблення є процес збирання та власне зварювання металоконструкції типу корпус повітрозбірника поршневого компресора типу КП – 300 L.

Метою проекту є розроблення технологічного процесу зварювання резервуару автоматичним зварюванням в середовищі захисних газів.

Для повноцінного досягнення поставленої нам мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- проаналізувати вихідний базовий варіант виготовлення;

- опрацювати, проаналізувати та обґрунтувати проектований спосіб зварювання виробу;
- провести всі необхідні базові розрахунки автоматичного зварювання в захисних газах;
- підібрати, оптимізувати та обґрунтувати складальне та зварювальне обладнання та оснащення;
- розробити технологію зварювання даної металоконструкції типу корпус повітрозбірника поршневого компресора.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Виріб, його характеристика і призначення

Виробом є повітрязбірник (ресивер) поршневого компресора об'ємом 300 літрів, що являє собою частину поршневого компресора, який в свою чергу призначений для нагнітання повітря і подачу його під тиском в робочу зону при потребі.

Загальний вигляд компресора представлений на рисунку 1.1



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд поршневого компресора

Технічні особливості поршневого компресора:

- чавунний поршковий блок;
- візуальний, оптичний контроль тиску в ресивері і на вихід (манометри);
- регулювання тиску на виході;

- візуальний контроль робочого мастила в компресорі через «оглядове вікно»;
- електромеханічний блок управління тиском в ресивері;
- запобіжний механічний клапан для компенсації високого тиску;
- дренажний клапан призначений для зливу конденсату;
- швидкознімний роз'єм підключення інструменту;
- зручна ручка для переміщення компресора;
- змінний повітряний фільтр.

Застосування в різних галузях:

- шиномонтажні роботи на спец. вантажних СТО;
- використання на виробничих підприємствах ;
- оснащення швейних фабрик і друкарень.

Власне в нашій роботі ми розглянемо і запропонуємо процес виготовлення ресивера компресора, конструкція якого складається з обичайки з двома півсферичними днищами (рис. 1.2), загальні зовнішні розміри якого - 1355×550мм.



Рисунок 1.2 – загальний вигляд ресивера компресора

Технічні вимоги до проектного зварного виробу

Конструкція поршневого компресора повинна забезпечувати всі висунуті вимоги. Основною з яких є забезпечення необхідної герметичності виробу.

Власне процес виготовлення умовно можна розподілити на такі етапи:

- підготовчий етап;
- етап зварювання ;
- контрольний етап.

Зварювання всіх стикових зварних швів обечайки ресивера проводиться в спеціальному середовищі захисного газу. Перед проведенням основних зварювальних робіт проводяться базові підготовчі роботи, які займають суттєво більше часу, ніж власне сам процес проведення зварювальних робіт.

Контроль якості зварних з'єднань обечайки проводиться у три етапи:

- попередній;
- операційний;
- кінцевий.

Об'єкти саме попереднього контролю:

- професійна кваліфікація зварника;
- стан зварювального обладнання, та технічна відповідність складально-зварювальних пристосувань конкретним вимогам;
- повна комплектність та відповідність технічної документації;
- матеріал заготовок виробу;
- вимірювальні пристрої, устаткування та інструменти.

Об'єкти операційного контролю:

- підготовки деталей до зварювання;
- складання в пристосування;
- зварювання.

Методи кінцевого контролю якості – це методи контролю якості швів зварних з'єднань, що перебувають в залежності від характеру дефектів та технічних вимог, які ставляться до виконаних з'єднань.

Якість швів ресивера спершу перевіряється методом зовнішнього огляду, а лише потім методом газової проби має підтвердитись герметичність зварних швів.

1.2 Характеристика матеріалу для виготовлення зварного виробу

Коли вибають основний матеріал для виготовлення заданих зварних конструкцій беруть до уваги, насамперед, механічні властивості основного металу а також зварних з'єднань.

Ресивер компресора виготовляється, в нашому випадку, із сталі 16ГС, це однозначно конструкційна маловуглецева і низьколегована сталь. Яка є спокійною, тобто кристалізується без процесу кипіння, що зумовлене введенням у її склад легуючих елементів – розкислювачів. Важливою і характерною особливістю спокійної сталі є однорідність її будови. Шкідливі внутрішні домішки – сірка і фосфор розподіляються в ній рівномірніше, та в меншій кількості ніж в киплячій.

Вихідний хімічний склад обраної сталі 16ГС приведений в таблиці 1.1, а її механічні властивості – в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 16ГС у %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,12 – 0,18	0,4 – 0,7	0,9 – 1,2	0,3	0,04	0,035	0,3	0,008	0,3	0,08

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 16ГС

Сортамент	Розмір	Напр.	σ_B	σ_T	τ_5	ψ	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Лист,			450-490	275-325	21		590	

Задля забезпечення задовільної працездатності деталей необхідно, щоб вихідний матеріал володів високою конструктивною міцністю. Конструктивною міцністю називають міцність сталі в реальних експлуатаційних умовах (при використанні).

Однією з найважливіших характеристик сталі є її зварюваність (властивість металів чи їх з'єднань створювати, при встановленій технології зварювання, з'єднання, що відповідатиме вимогам, зумовленим експлуатаційними необхідностями).

Складність самого поняття про зварюваність матеріалів свідчить, що при оцінці зварюваності необхідно враховувати взаємозв'язок самої зварювальної технології з конструкцією майбутнього виробу, зварювальних металів та розхідних матеріалів. Всі матеріали поділяються на добре зварювані, задовільно зварювані, погано- чи обмежено зварювані.

Зварюваність сталі 16ГС, яку ми обрали для виготовлення конструкції, ми визначаємо за її еквівалентним вмістом вуглецю за допомогою формулою:

$$C_{екв} = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo + V + Cr}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \quad (1.1)$$

де С, Мn, Cr, Ni, Cu, Мо, V, Р, Si – вміст елементів в сталі, %;

S – товщина вихідної деталі, мм.

$$C_{екв} = 0,12 + \frac{0,4}{24} + \frac{0,9}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3+0,3}{15} = 0,39\%.$$

Еквівалентний вміст вуглецю (становить 0,38%) для сталі 16ГС, , що є меншим за $C_{екв} = 0,45\%$. Тому, робимо висновок що дана сталь володіє задовільною зварюваністю і ймовірно майже не схильна до холодних чи конструкційних тріщин в процесі перебігу зварювання та не потребує ніяких додаткових технологічних заходів.

Технічні умови на проектне виготовлення зварного виробу (або зварної конструкції)

Вимоги до виготовлення проектного виробу:

- базові вимоги до матеріалів та вихідних напівфабрикатів, що використовуються для виготовлення даного зварного виробу;
- базові вимоги до складання;
- проєктні вимоги до утворених зварних з'єднань;
- проєктні вимоги до контролю якості з'єднання;

Задовільну зварюваність сталі в першу чергу змає забезпечуватись технологією її виготовлення та вихідним хімічним складом. При виготовленні заданого зварного виробу враховують різноманітні властивості, якими повинен володіти матеріал виробу, щоб забезпечити відповідні міцність, надійність та технологічність конструкції.

Технологічною може вважатись конструкція, яка забезпечує просте, швидке та економічно доцільне виготовлення, з дотриманням необхідних кінцевих значень міцнісних та експлуатаційних властивостей. Отже досягнення високої технологічності завжди є головною метою технологічного процесу виготовлення конструкцій, що проводиться лише в період підготовчого виробництва.

На практиці (реально) існують два методи відпрацювання зварної конструкції на технологічність. Один полягає в аналізуванні технічної документації, що проводиться після завершення проектування та розроблення робочого проекту заданого виробу. А за іншим - відпрацювання технологічності виготовлюваної конструкції є постійним, неперервним процесом, який починається із задумки про створення виробу та повноцінно продовжується на всіх стадіях в межах його проектування та виготовлення. Така робоча система дозволяє навіть при підготовці виробництва суттєво покращити якість конструкції.

Вихідний метал необхідно ретельно та відповідально зачищати перед процесом зварювання від іржі, мастила, можливого шару окалини та інших потенційних забруднень. Особлива увага має відводитись до зачищення саме торців зварюваних кромek. Всі зачищення поверхонь виконують лише механічним способом. Відстань (допустима) між кромками 0-1 мм.

Основні вимоги до якості самого зварного з'єднання завжди не допускають ніяких похідних зварних дефектів.

Основні вимоги до вихідних матеріалів

Основа та базові вузли виробу повинні виготовлятися у повній відповідності до технічних креслень, державних або галузевих стандартів, та нормативно-технічної документації.

Оскільки розглянутий виріб працюватиме під дією високого тиску, то для виготовлення ресивера нашого компресора - вибираємо вихідні матеріали, що відповідатимуть комплексу високих фізико-механічних властивостей, які здатні забезпечити надійну та тривалу роботу в умовах підвищеного внутрішнього тиску.

Вихідні напівфабрикати та деталі необхідно зберігати в закритих приміщеннях розміщеними на дерев'яних чи металевих стелажах, з дотриманням умов зберігання.

Всі вихідні та розхідні матеріали чи напівфабрикати обов'язково повинні мати сертифікати якості від постачальників або супроводжуючі паспорти, за відсутності котрих вони не мають права використовуватись на виробництві, без попередніх технологічних випробувань з метою встановлення чіткої відповідності стандартам встановленим на постачання.

Вимоги до форми та початкових розмірів

Основною вимогою перед початком складання є дотримання вихідних розмірів деталей у повній відповідності до креслень.

Під терміном точність виготовлення всі розуміють ступінь відповідності геометричних розмірів, форми та величин, а також розміщення та шорсткості певної поверхні нашого виробу заданим на кресленні деталі параметрам. Все повинно знаходитись в межах технологічних допусків.

Вимоги до власне зварних з'єднань виготовлюваного виробу

Зварним з'єднанням літературно називають частину спроектованої конструкції, в котрій окремі її деталі з'єднані за допомогою технологічних процесів зварювання. Саме від якості зварного з'єднання залежать

відповідно працездатність та довговічність розроблюваного зварного виробу, тому, відповідно й безпечність та ефективність її експлуатації для навколишнього середовища чи людей протягом всього повного терміну роботи.

Головні зварні з'єднання, що формуються при виготовленні обичайки компресора - є стиковими, а тому можуть зазнавати статичного навантаження спричиненого внутрішнім тиском. Стикові з'єднання розташовані у нижній частині обичайки компресора мають витримувати вище навантаження, що зумовлено власною масою виробу.

Якщо розглядати в загальному то всі з'єднання проектного виробу слід вважати особливо відповідальними. За конфігурацією, основні шви є кільцевими (з великим радіусом кривизни) та прямим.

До, власне, зварних з'єднань традиційно ставлять наступні вимоги, такі як:

- дотримання геометричної форми та розмірів самого з'єднання;
- метал створеного зварного шва має бути рівномірним з основним металом;
- геометричне розміщення утворених з'єднань має бути максимально технологічно доцільним та виправданим;
- відсутність післязварних дефектів;
- забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей, таких як міцність та надійності з'єднань металу.

Вимоги до процесу складання під зварювання

Складанням під з'єднання називається процес послідовного усвідомленого стикування та закріплення базових деталей між собою в послідовному порядку прописаному в технологічних картах на виріб.

При механізованому виробничому складанні виробу особливу увагу потрібно приділяти ділянкам підвищеної жорсткості, де високоїмовірні похибки складання необхідної конструкції.

При складанні заданого виробу потрібно не припускати:

- нетехнологічних згинань та перекосів;
- утворення збільшених зазорів при складанні;
- неточне встановлення деталей стосовно складальних креслень.

Складання завжди виконують за допомогою спеціальних технологічних пристосувань.

На власне зварюваних поверхнях чи в зазорах між складеними під зварювання деталями, не допускається наявність слідів мастил, різноманітного бруду, вологи чи іржі.

Вимоги до якості зварювання

Якість виготовленої продукції це базова здатність її властивостей задовольняти всі, визначені технічною документацією, експлуатаційні вимоги.

При кінцевому контролі якості отриманих зварних з'єднань та придатності їх до подальшої експлуатації необхідно визначити максимальний вплив зовнішніх чи внутрішніх визначальних факторів на експлуатаційні та міцнісні характеристики виробу.

Технологічний процес виготовлення заданого виробу повинен забезпечити необхідну фінальну якість отриманих зварних з'єднань, тобто отримання такого зварного шва що відповідатиме заданим розмірам, без критичних дефектів.

1.3 Аналіз існуючого технологічного процесу

У вихідному варіанті виготовлення виробу відбувалось двома способами.

Ручним дуговим зварювання покритими електродами і напівавтоматичним зварюванням в захисних газах.

Розглянемо переваги і недоліки цих способів зварювання.

Ручне дугове зварювання.

Складові частини резервуара можна зварювати ручним дуговим зварюванням покритим електродом. На сьогоднішній день велика частка зварювальних робіт виконується вручну з використанням покритих електродів. В залежності від необхідних показників міцності деталей із зварюваної сталі та вимог до цілої зварної конструкції можуть призначати певний тип електродів. Доволі широкого застосування останніми роками для зварювання конструкції з низьколегованої сталі набули певні електроди типу Е46Т (з рутиловим покриттям - АНО-3; АНО-4; ОЗС-4; МР-3,..).

Для особливо відповідальних, за потреби, зварних конструкцій використовують електроди із фтористо-кальцієвим чи фтористо-кальцієво-рутиловим покриттям (типу Е42А, марок УОНИ-13/45 і СМ-11), що можуть забезпечити максимально підвищену стійкість металу зварного шва проти утворення кристалізаційних тріщин та більш відчутно вищі пластичні властивості. Суттєвим недоліком таких електродів типу УОНИ-13/45 можна вважати зварювання на постійному струмі (зворотної полярності), а також знижена стійкість від утворення пор в металі шва при наявності іржі на зварюваних кромках.

Найбільшим недоліком процесу ручного дугового зварювання покритим металевим електродом є невисока продуктивність процесу, а також суттєва залежність якості виконуваного зварного шва від практичних навиків та кваліфікації зварника.

Ручний дуговий спосіб зварювання доцільно застосовувати переважно для коротких швів, що можуть знаходитись в різних просторових положеннях у дрібносерійному виробництві, або при ремонтних роботах. На виїзних монтажах застосування ручного зварювання максимально виправдане при невеликому об'ємі робіт (навіть для виготовлення більш якісних швів).

Напівавтоматичне зварювання під захистом газового середовища є суттєво надійнішим способом виготовлення нашої конструкції враховуючи переваги процесу над ручним дуговим зварюванням.

Основними перевагами способу зварювання в газі є:

1. Висока продуктивність процесу за рахунок раціонального використання тепла дуги.
2. Висока якість зварених швів.
3. Можливість зварювання в різноманітних просторових положеннях як напівавтоматичним так і автоматичним зварюванням.
4. Низька вартість захисного газу.
5. Можливість зварювання металу малих товщин та зварювання електрозаклепками.
6. Можливість зварювання в будь якому просторовому положенні без підкладки.

Коефіцієнт наплавлення при зварюванні в газовому середовищі вищий, ніж при такому ж зварюванні під флюсом. А при зварюванні (прямої полярності) постійним струмом коефіцієнт переважає у 1,5-1,8 рази вищий, ніж зварюванні на зворотній полярності. Сам процес зварювання відрізняється високою робочою продуктивністю, яка може досягати до 19 кг/год наплавленого металу. Швидкість зварювання сягає більше 55 м/год. Продуктивність зварювання у вуглекислому газі у 1,5...4 рази вища, ніж продуктивність при ручному зварюванні покритими електродами, та, як мінімум, у 1,5 рази вища, ніж при зварюванні під флюсом. Іноді добавки в вуглекислий газ аргону (деколи в цю суміш вводять і кисень) змінюють технічні властивості зварної дуги (глибину проплавлення та форму з'єднання, стабільність горіння дуги тощо) що дозволяє регулювати концентрацію введення легуючих елементів в металі шва.

В базовому варіанті виготовлення резервуару використовували ручне дугове а також механізоване зварювання в захисному газовому середовищі.

Зварювання проводили напівавтоматом PATON™ ProMIG-630-15-4-400V зображення якого показано на рисунках 1.3, 1.4, 1.5 та 1.6, а технічні характеристики приведено в таблиці 1.3.



Рисунок 1.3 – загальний вигляд напівавтомата 1 (PATON™ ProMIG-630-15-4-400V)



Рисунок1.4 – загальний вигляд напівавтомата 2 (PATON™ ProMIG-630-15-4-400V)



Рисунок1.5 – загальний вигляд напівавтомата 3 (PATON™ ProMIG-630-15-4-400V)



Рисунок 1.6 – загальний вигляд напівавтомата 4 (PATON™ ProMIG-630-15-4-400V)

PATON™ ProMIG-630-15-4-400V - професійний сучасний зварювальний апарат для **MIG/MAG, MMA, TIG** для зварювання у захисних газах. Завдяки цифровому управлінню, він може забезпечувати максимально точне налаштування режимів для зварювання.

Основні характеристики

- Номінальний струм до 630А, для роботи з електродами різного діаметру діаметром (1,6-8 мм).
- Напівавтоматичне зварювання дротом (0,6-2 мм).
- Двокорпусна конструкція, для зручності роботи в різних режимах (MMA і TIG).

Функції та зручність

Синергетичне керування, в імпульсному режимі, автоматично налаштовує параметри для стабільного горіння дуги та виконання якісного

шва. Металевий 4-ох роликовий механізм подачі ел. дроту з герметичним двигуном та універсальним роз'ємом KZ-2 типу "ЄВРО" дозволяють підключати пальники від самих різних виробників. Потужний кронштейн підтримує корпус котушки до 15 кг. Легкий та компактний, з РК-екранами для зручного технологічного налаштування.

Таблиця 1.3 Характеристики зварювального напівавтомата
PATON™ ProMIG-630-15-4-400V

Мінімальний діаметр електроду (мм)	1,6 мм
Максимальний діаметр електроду (мм)	8,0 мм
Номінальна зварювальна напруга (А)	630А
Мінімальна зварювальна напруга (А)	18А
Максимальний зварювальний струм (А)	800А
Діапазон зварювального струму	18А - 630А
Тривалість навантаження	70 %
Напруга холостого ходу (В)	75В
Діаметр зварювального дроту, мм	0,6 - 2,0
Кількість роликів	4
Напруга живлення (В)	380 В
Ступінь захисту IP	IP23
Вага інструменту	38,4 кг

Комплектація

- Джерело живлення зварювальної дуги
- Механізм подачі дроту Feeder 15-4
- Мідний кабель (5 м) з клемою "маса" ABICOR BINZEL
- Штуцер для газового шланга
- Інструкція з експлуатації
- Фірмовий гофрокороб RATON™
- Комплекти роликів для сталевого та алюмінієвого дроту

Проаналізувавши всі переваги та недоліки існуючого технологічного процесу – приходимо до висновку, що для забезпечення підвищення продуктивності виготовлення даної конструкції та задля підняття серійності виробництва доцільним буде більше автоматизувати процес виготовлення ресивера компресора.

Рекомендовано виготовляти задану конструкцію автоматичним зварюванням у середовищі захисних газів.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Визначившись з вибором способу зварювання описуваної конструкції у вигляді корпусу ресивера для пневно-компресора, підберемо обладнання та устаткування для виконання зварювальних робіт.

Перш за все, оскільки обичайка ресивера компресора це циліндрична листова конструкція, оберемо листопрямильне, листозгинальне та відрізне обладнання.

В якості такого можна застосовувати листопрямильну машину Bendmak BPSM 15/04, загальний вигляд якої приведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – загальний вигляд листопрямильної машини Bendmak BPSM 15/04

Схема розташування валків машини показана на рисунку 2.2

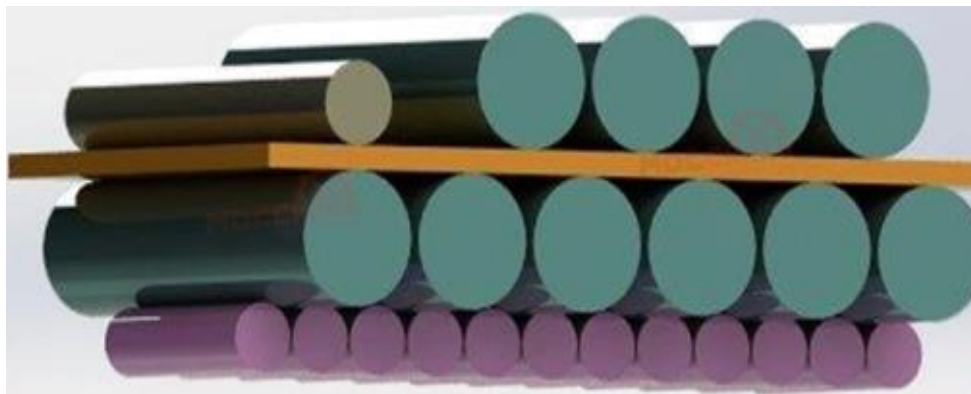


Рисунок 2.2 - Схема розташування листопривільних валків машини

Основні характеристики

- Виробник BENDMAK
- Країна-виробник Туреччина
- Робоча довжина 1500 мм
- Товщина металу, мм
- Діаметр правильних валків 120 мм
- Параметри підключення
- Потужність двигуна 3 кВт

Особливості

- Листопривільная машина Bendmak BPSM 15 застосовується для виправлення листового металопрокату шириною до 1500 мм і товщиною до мм;
- Міцний зварний корпус верстата виконаний із сталі St-52.
- Встановлені якісні сферичні підшипники, які забезпечують меншу силу тертя.
- Нижні правильні валки підтримуються посередині фіксованими опорними роликками для збільшення діапазону товщини.
- Це дозволяє уникнути деформації листового металу;
- Оснащений правильними валками діаметром 120 мм. Опціонально за запитом на верстат можуть бути встановлені 5, 7 або 9 правильних валків (кількість валків впливає на швидкість прокатів листа).

- У 9-валковою машині лист випрямляється за 1 прокатку, в 7-валковою через 3-4 рази, до 5-валковою через 5-6 разів; Регулювання валків здійснюється за допомогою гідравлічної системи. Гідравлічний бак надійно захищений від зовнішніх впливів, що дозволяє зберігати масло всередині чистим.
- Електрична система контролює всю роботу верстата.
- Також передбачені заходи захисту електричної системи від перевантажень;
- Управління листоправильним верстатом здійснюється за допомогою виносного пульта управління, що дозволяє дистанційно виконувати всі необхідні операції.

Після проведення листоправильних операцій ми маємо просвести розмітку по шаблонах або проекційну, відрізати листи згідно заданих технологічних розмірів і відправити на листозгальні операції.

Різання вихідних листових деталей товщиною до 40 мм можна проводити, на спеціальних гільйотинних ножицях HATS3212 (див. рис. 2.3). А для поперечного технологічного різання фасонних профілів часто використовують горизонтальну порталну машину автоматичну MONOTEC Type-1530 (рис. 2.4).



Рис. 2.3 – Загальний вигляд спеціальних гільйотинних ножиць **HATS3212**



Рис. 2.4 – Загальний вигляд порталної машини MONOTEC Type-1530

Оскільки конструкція нашого корпусу ресивера циліндрична то маємо обрати відповідне обладнання.

В даному випадку нам у пригоді може стати машина листозгинальна з поворотною гнучкою балкою типу IB2145, загальний вигляд приведено на рисунку 2.5.

Технічні дані IB2145:

- Найбільша товщина листа, що згинається — **4 мм**
- Найбільша ширина листа, що згинається — **3200 мм**
- Найменший радіус згину — **1,25 мм**
- Сумарна потужність — **10,07 кВт**
- Вага — **7,8 т**



Рисунок 2.5 – загальний вигляд листопрямильної машини з поворотною гнучкою балкою типу IB2145

Після згинання виправлених листів у циліндричну заготовку відбувається складання, позиціонування і прихвачування заготовки перед зварюванням.

Далі проводиться власне сам процес зварювання поздовжнього шва для зварювання циліндричної заготовки. А другим етапом проводиться приварювання двох півсферичних днищ до циліндричного корпусу майбутнього корпусу ресивера.

Оскільки ми визначились що для підвищення продуктивності запропонуємо автоматизувати процес зварювання корпусу ресивера в середовищі захисних газів то підберемо та запропонуємо все необхідне обладнання та устаткування саме для зварювання в газовому захисному середовищі.

Отже для автоматизації зварювання нашої конструкції пропонуємо використати зварювальну колону серії MAB/MBL 50/40, призначену для зварювання швів в різних просторових положеннях.

Зварювальні колони виготовляються з горизонтальним та вертикальним робочим ходом згідно необхідного способу зварювання (MIG/MAG, TIG, плазмового зварювання, зварювання під флюсом) та навантаження робочої консолі в горизонтальному положенні.

Така колона монтується на підставці за допомогою сталевих підшипників, які дають змогу забезпечити поворот вручну на 360°. Власне фіксація такої колони в будь якому положенні забезпечується ручним механічним фрикційним пристроєм. На самій колоні наявні підставки для джерела живлення та блоку керування.

Загальний вигляд такої колони наведено на рисунку 2.6, а технічні характеристики приведено у таблиці 2.1.

Вертикальний підйом завжди виконується на постійній, рівній швидкості за рахунок самогальмуючого двигуна-редуктора змінного струму.

Привід консолі складається з двигуна-редуктора змінного струму.
Швидкість варіюється 0,2 м/хв - 2 м/хв в обидвох напрямках.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд зварювальних колони серії МАВ/МВЛ

При відсутності потреби в процесі зварювання робоча консоль завжди рухається на максимальній швидкості.

Можливі три типи базування колони:

- Фіксований, коли основа розташована з розпірною системою в підлозі та закріплена установочними гвинтами;
- Базування холостого ходу, з фрикційним притисканням для фіксування положення колони в потрібному моменті;
- Привідний, коли наша підставка, переміщається по напрямних за допомогою двигуна-редуктора змінного струму. В комплекті постачається пульт електричного дистанційного керування.

Для обмеження зайвого ходу консолі встановлюються блокувальні вимикачі на консолі та на підставі.

Стандартне електроживлення колони – 380 В, наявні 3 фази, частотою приблизно 50 Гц. А напруга елементів управління частково знижується до 24 з міркувань безпеки.

В якості зварювальної головки пристосовуємо на вибрану консоль головку типу A1406. Призначену для автоматичного зварювання в газовому середовищі.

Таким чином, задля автоматичного зварювання корпусу ємності в середовищі захисних газів приймемо автоматичну зв. голівку для зварювання типу A1406

Зображення головки представлено на рисунку 2.7

А технічні характеристики приведені нижче, у таблиці 2.1.

А також в комплекті із зварювальним автоматом працює випряляч дуговий КИУ – 501. Зображення якого і технічні характеристики приведено на рисунку 2.8 та у таблиці 2.2 відповідно.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд автомата, А 1406

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика зварювального автомата А 1406

Найменування базового параметру		Значення
Номінальна напруга мережі живлення, В		..380
Захист зони проведення зварювання		Захисний газ
Номінальна частота, Гц		..50
Електродний дріт	Діаметр, мм	1,2...2
	Швидкість подачі, м/год	16...550
Номінальний, зварювальний струм при ПВ=60%, А		..500
Межі регулювання струму зварювання, А		60...500
Джерело живлення		ВДГ_303
Витрати захисного газу л/год		500..960



Рисунок 2.8 – Загальний вигляд випрямляча КИУ – 501

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика зварювального випрямляча КИУ – 501

Границі регулювання робочого зварювального струму, А□	50...500□
Номінальний робочий зварювальний струм, → А□	500□
Режими роботи, → → → → ПН·%□	60□
Номінальна робоча напруга, → → → В□	-□
Границі регулювання робочої напруги, → В□	22...46□
Напруга холостого ходу, → → → → В□	85□
Номінальна напруга мережі, → → → В□	3×380□
Первинна потужність, → → → → КВ...А□	40□
Габаритні розміри, → → → → мм□	730×590×830□
Маса, → → → → кг□	230□

А на рисунку 2.9 представлено роликовий обертач за допомогою якого відбувається обертання кріпсу заготовки в процесі автоматичного зварювання.



Рисунок 2.9 - Роликовий зварювальний обертач універсальний NHTR-1000

Контроль отриманих з'єднань

На початках – це може бути візуальний огляд конструкції. Але по завершенню зварювання, найбільш оптимальним, з точки зору технологічності, видається ультразвуковий метод контролю якості. Апаратура для цього виду контролю може бути портативна та максимально надійна, з високими техніко-економічними показниками. Ультразвукові хвилі мають здатність суттєво спотворюватись від дефектної структури яку оминають, як то непровари, чи шлакові включення, які можуть трапляються на їхньому шляху. Отже коливання, котрі відбиваються поверхнею металу, можуть транслюватися на спеціальні електронні пристрої (екрани). В місцях виявлених дефектів має з'являтися пік сигналу.

Ультразвуковий контроль можна умовно поділити на ехо-імпульсний, тіньовий або дзеркально-тіньовий. Найбільш доступний та

раціональний спосіб це ехо-імпульсний. Він має дуже високу технічну чутливість до всіх видів наявних внутрішніх дефектів, дуже високу точність визначення координат кожного такого дефекту.

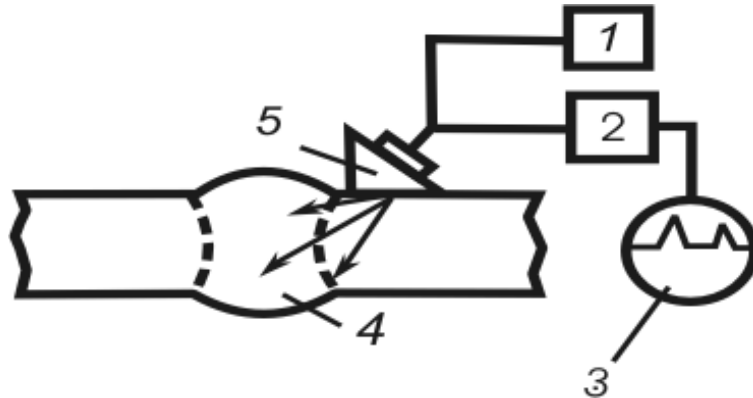


Рисунок 2.10 – Схема ультразвукового ехо-імпульсного методу
1- генератор; 2- підсилювач; 3- індикатор; 4- зварний шов; 5- перетворювач.

В нашому випадку обираємо портативний переносий ультразвуковий невеликий дефектоскоп NOVOTEST УД-3701.

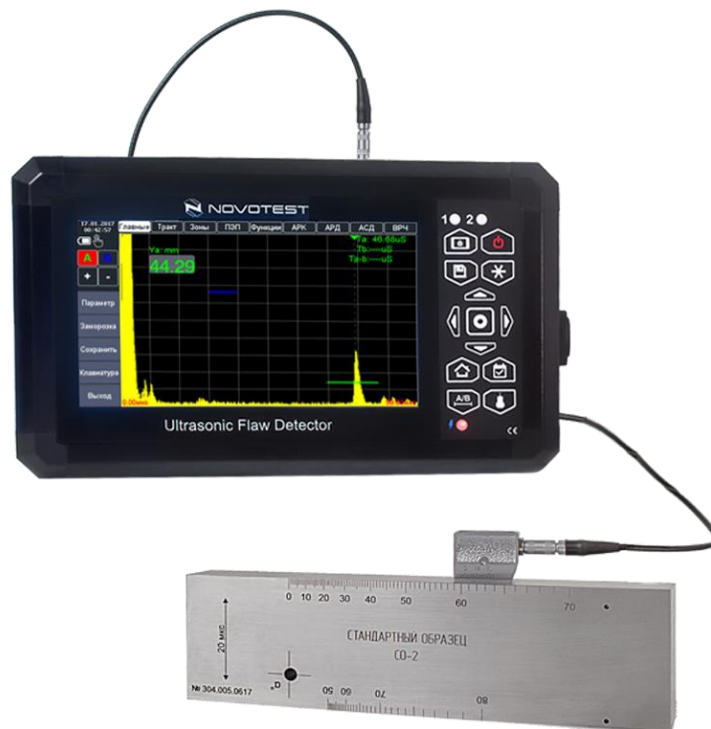


Рисунок 2.11 – Зовнішній вигляд вибраного дефектоскопа
NOVOTEST УД-3701

Який призначено для виявлення всіляких дефектів різного типу та глибини координат їх залягання, та вимірювання товщини, так і вимірювання швидкості поширення, і так само загасання хвильових ультразвукових коливань в досліджуваному матеріалі.

2.2 Параметри режиму процесу зварювання

Схематичне зображення проектного стикового шва представлено на рисунку 2.12.

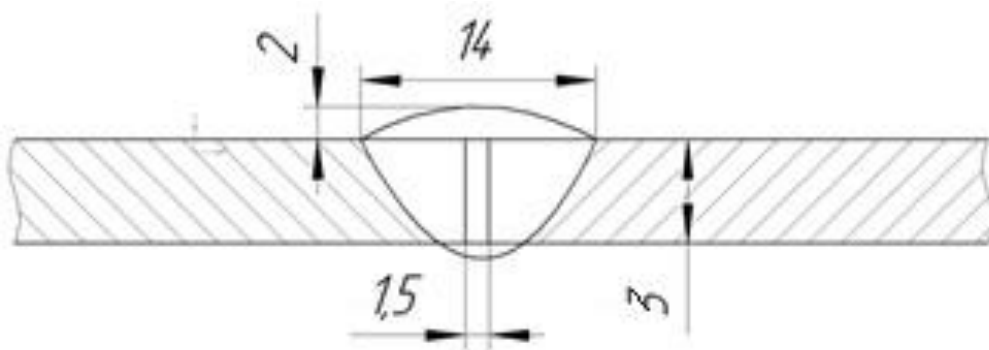


Рисунок 2.12 – схематичне зображення проектного стикового шва

Головними параметрами режимів зварювання, особливо в суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, які мають вплив на кінцеву якість є:

- діаметр та марка присадного електродного дроту, $d_{\text{ел}}$;
- величина постійного технологічного зварювального струму, $I_{\text{зв}}$;
- напруга зварювання, на дузі, $U_{\text{д}}$;
- швидкість подачі касетного електродного дроту, $V_{\text{п.ел}}$;
- швидкість перебігу процесу зварювання, $V_{\text{зв}}$;
- виліт зварювального електрода, $l_{\text{ел}}$;
- витрати необхідного захисного газу, $Q_{\text{г}}$.

Діаметр присадного електродного дроту вибираємо враховуючи залежність від товщини проектованої зварюваної деталі.

Таблиця 2.2.—Залежність діаметру електродного дроту від товщини зварюваних деталей

Товщина металу (S), мм	0,8-2,0	3,0-6,0	8,0-14,0	16,0-20,0	22,0-40,0
Діаметр дроту (d _{ел}), мм	0,8-1,2	1,2-1,6	1,2-2,0	1,4-3,0	1,6-4,0

Пам'ятаємо, що при автоматизованому зварюванні в газовій захисній суміші діаметр електродного дроту рекомендовано не менше 2мм.

Величину струму зварювальногоми визначаємо як:

$$I_{зв.} = \frac{h}{R_a} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де h – розрахункова глиб. проплавл., мм (3 мм);

R_a – коеф., (який береться з таблиці 2.2).

Таблиця 2.3.—Залежність діаметру електродного дроту від вихідної товщини зварюваних деталей

d _{ел} , мм	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
R _a , мм/100А	2,10	2	1,75	1,55	1,45	1,35	1,2

Беремо з таблиці R_a = 1,55.

Тоді струм розраховуємо $I_{зв} = 3/1.55 \cdot 100 = 193,5$

Приймаємо що I_{зв} = 200А.

Після розрахунку значення струму для зварювання уточнюємо діаметр зв. дроту, як:

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}}, \quad (2.2)$$

де j – реком. густина звар. струму, $\frac{A}{mm^2}$, і береться з таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Залежність густини зварювального струму (j) від діаметру вихідного електрода ($d_{ел}$) при зварюванні стикових швів без попереднього розроблення кромки

Діаметр електрода ($d_{ел}$), мм	1,2	1,4	1,6	2	3	4	5
Густина струму (j), A/mm^2	100- 300	90- 250	80- 230	65- 200	45- 90	35- 60	30- 50

Приймаємо $j = 66 A/mm^2$

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{200}{66}} = 1,98$$

Затвердили $d_e = 2mm$.

Виліт стержня зварювального електрода при $d_{ел} = 2mm$, становитиме:
 $l_{ел} = 23-25mm$.

Напругу на дузі зварювання визначаємо за даними, табличними і залежно від струму зварювання, та D електродного зварювального дроту.

Співвідношення заданої величини струму та напруги на дузі в залежності від діаметра електродного зварювального дроту представлено у в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Залежність сили струму і напруги на дузі від діаметра електрода

Діаметр електрода, мм	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5
Зварювальний струм, А	30- 100	50- 150	60- 180	90- 400	100- 500	120- 550	200- 600	250- 700
Напруга на дузі, В	18- 20	18- 22	18- 24	18- 42	18- 45	19- 46	23- 49	24- 42

Приймаємо що, $U_d = 30V$.

Швидкість для подачі електродного дроту розраховуємо за формулою:

$$V_{п.ел} = \frac{4\alpha_H \cdot I_{зв}}{\pi d^2 \gamma}, \quad (2.4)$$

де α_H – коефіцієнт базового наплавлення, беремо $\alpha_H = 13,5 \text{ } \frac{г}{А \cdot год}$

γ – густина вихідного металу, $\gamma = 7,8 \text{ } \frac{г}{см^3}$

d – діаметр нашого електроду

$$V_{п.ел} = \frac{4 \cdot 13,5 \cdot 200}{3,14 \cdot 4 \cdot 7,8} = 110,23 \text{ } \frac{м}{год}.$$

Приймаємо $V_{п.ел} = 110 \text{ } \frac{м}{год}.$

– визначення для зварювання швидкості.

Швидкість зварювання ми визначаємо як:

$$V_{зв} = \frac{A}{I_{зв}}, \quad (2.5)$$

де A – коефіцієнт, що залежить лише від діаметру електродного дроту і береться з таблиці, $A = 8 \cdot 10^3$

$$V_{зв} = 8000/200,0 = 40 \text{ } \frac{м}{год}.$$

Прийmemo $V_{зв} = 40 \text{ } \frac{м}{год}.$

– визначення витрат захисного газу.

Витрати вихідного захисного газу суттєвозалежать від діаметру присадного дроту та становлять: $B = 20 \text{ } \frac{л}{хв}.$

Вуглекислий газ – $16 \text{ } \frac{л}{хв}$

Кисень – $4 \text{ } \frac{л}{хв}.$

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис та обґрунтування вибору пристосувань

Розгляд існуючих чи обґрунтування нашого вибору з існуючих - один із головних етапів, в нашому випадку, технологічного виготовлення виробів. А розроблення нового типу пристосувань чи також комбінування з існуючих мають проводитися на основі:

- вивчення креслень чи технічних умов на певну задану конструкцію;
- виготовлення заготовок та початковий стан їх вихідних поверхонь;
- розроблення, технологічного процесу чи власне виготовлення виробу.

При технічному обґрунтуванні маємо враховувати і потрібно порівнювати та аналізувати: їх прогресивність пристосування (продуктивність, механізацію чи раціональність устаткування та обладнання, якості трудомісткості, а також умов праці та техніки безпеки, не забувати про забрудненість середовища та інше.); отже тривалість повного виробничого потенційного циклу; габарити і масу використаних пристосувань, площу та об'єми виробничих приміщень; необхідну кількість задіяних працівників; питому кінцеву продуктивність; завантаження повністю виробничого обладнання; витрати як електроенергії так і матеріалів.

Щоб забезпечити виготовлення якісних кінцевих зварюваних конструкцій потрібно забезпечити в першу чергу правильне складання деталей проектного виробу.

Процес складання проектного виробу поділяється на ряд послідовних чітких операцій:

- доставка окремих складальних одиниць до місця їх базування;
- власне процес складання;

- закріплення перед самим зварюванням;

Отже маємо розуміти що базовим призначенням всього цього наявного складального обладнання має бути повне фіксування та закріплення зварюваних у виріб деталей.

Для складання та зварювання ВСІХ технологічних одиниць застосовують різноманітні спеціальні складальні кондуктори, а з усіх вихідних складальних одиниць формують ЧІТКИЙ основний виріб та зварюють ЙОГО у стапелі.

Кондуктор для складання ЦЕ пристосування, яке ЗАВЖДИ складається з площинної чи просторової ЖОРСТКОЇ рамної конструкції (різних форм), на якій розташовані ВСІ направляючі чи затискні елементи. В кондукторах проводиться таке складання та подальше зварювання НАШОГО виробу, тому його базова основа (кондуктора) має бути жорсткою та чіткою для повного компенсування деформівних зусиль, що МОЖУТЬ виникати в процесі зварювання.

3.2 Вибір типу базових упорів

Установчі елементи та фіксатори забезпечують правильне взаємовстановлення деталей основного вузла у складальне пристосування.

Згідно особливостей фіксування наших заготовок фіксатори поділяють умовно на: упори, призми, опори, установчі пальці та знімні рухомі аблони.

Упори використовують як схему базування заготовок за бічними пласкими поверхнями. Упори можуть бути як постійними, відкидними, знімними, так і відвідними чи поворотними. Постійні упори слугують для фіксації однієї чи більше деталей в межах горизонтальної площини, чи для чіткого закріплення вихідних деталей при складанні чи для виготовлення їх в горизонтальній компоновці та вертикальній площинах.

До фіксаторів ставляться чіткі наступні вимоги:

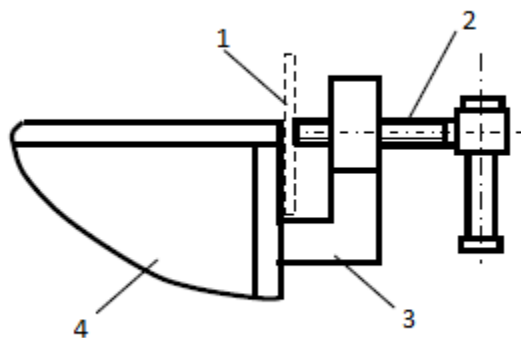
- забезпечення високої точності при встановленні базових деталей;
- технологічне встановлення базових деталей в технологічне складальне зварне пристосування;
- спрощений доступ до нашого виконуваного зварного з'єднання;
- задовільні кінцеві міцність та жорсткість, задля уникнення залишкових зварних деформацій заданого виробу в процесі зварювання;
- можливість спокійного вивільнення виробу.

3.3 Вибір типу затискних елементів та пристосувань

До затискних елементів відносяться як притискачі так і затискачі, що повинні забезпечувати:

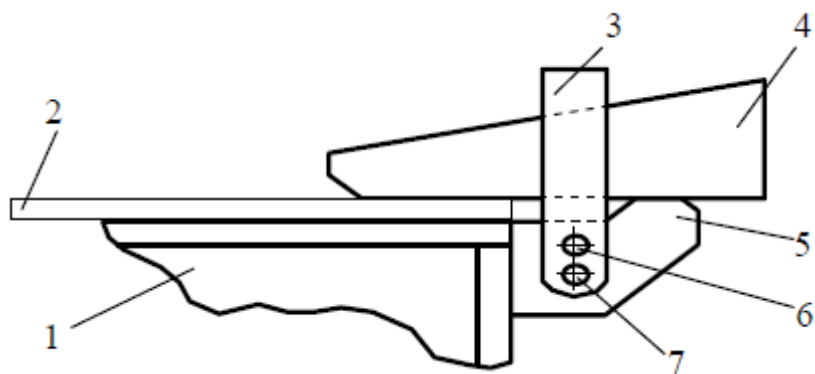
- і рівнонаправлене прикладання зусиль для стійкого закріплення деталей, відповідно без зсувів стосовно установочних баз;
- повністю нерухоме закріплення вихідних деталей протягом всього циклу виготовлення;
- максимальну швидкість встановлення;
- чітку можливість зручного і безперешкодного переміщення чи зміни просторового положення;
- оптимальну технологічну швидкість притискання.

Притискачі можуть бути ручними а також механізованими. Ручні притискачі можна умовно поділити на гвинтові, клинові, важільні і ексцентрикові. За самим видом притискачі поділяються також на гідравлічні, пневматичні, пневмо-гідравлічні, а також з постійним магнітом та електромагнітні. Ще зустрічаються комбіновані варіанти, якщо затискачі об'єднують з упорами чи різноманітними фіксаторами.



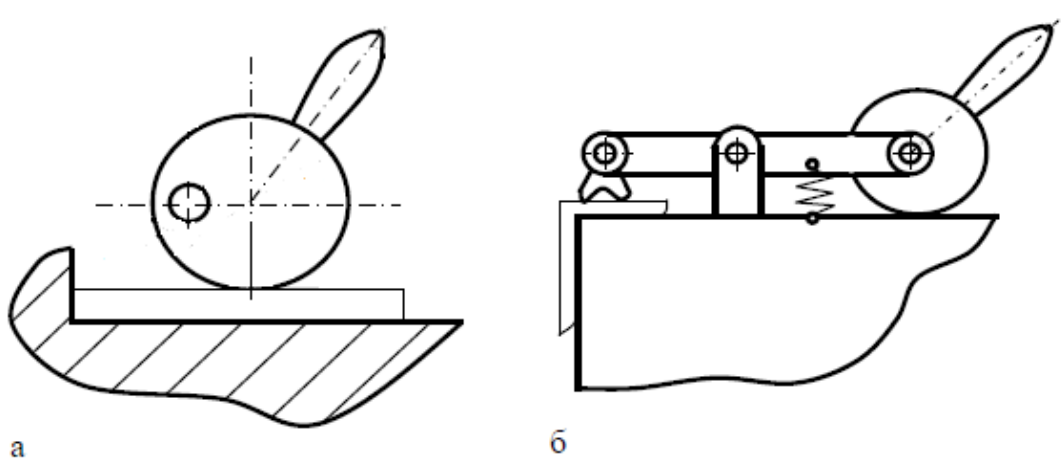
1- схематична деталь; 2- гвинт; 3- кронштейн; 4- рама.

Рисунок 3.1 - Схема гвинтового притискача



1- стіл; 2-деталь; 3- скоба; 4- клин; 5- планка; 6- штир; 7-вісь.

Рисунок 3.2 – Клиновий притискач з відкидною скобою



а-прямої дії; б -ексцентриково важільний.

Рисунок 3.3 – Ексцентриковий притискач

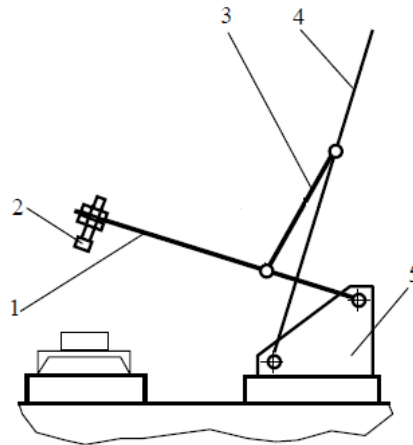


Рисунок 3.4 – Шарнірно- важільний притискач

Притискачі із чітко вираженим механізованим робочим приводом, дорожчі і складніші, але мають ряд базових переваг - вищі притискні зусилля; підвищену робочу швидкість.

Гвинтові притискачі, це так звані, універсальні та максимально надійні в експлуатації, мають дуже просту конструкцію та зменшені коефіцієнти зусилля, що прикладаються до стосовно виробу. В парі із такими вдосконаленими притискачами часто використовують також важільні пневмо-привідні робочі затискачі.

Застосування сучасних надійних пневматичних притискачів відчутно скорочують весь допоміжний час в процесі виготовлення зварних конструкцій. Пневмо притискачі завжди забезпечують достатнє зусилля для складання та миттєве закріплення або вивільнення заготовок чи базових вузлів.

Розрізняють три основні типи застосовуваних пневмопритискачів:

- а) пневмоциліндри можливої односторонньої чи двосторонньої спрямованості;
- б) пневмо- камери (діафрагмові);
- в) пневмо шланги.

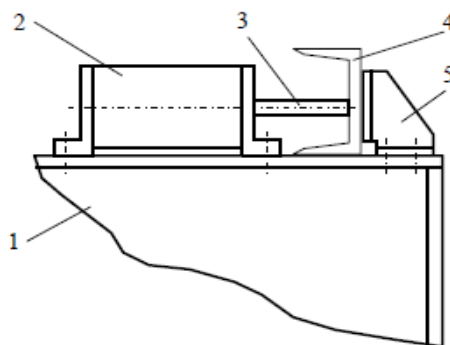
У скл. зв. пристроях часто використовуються пневмо притискачі прямої дії та пневмоважільні системи. Також широке застосування пневматично-важільних притискних систем пов'язано з можливістю чітко

контролювати ними складальні притискні зусилля та величину переміщення робочих вузлів.

Головними перевагами пневмопритискачів також можна вважати: доступність; порівняна простота технологічної конструкції; максимальна швидкодія; та зручність керування.

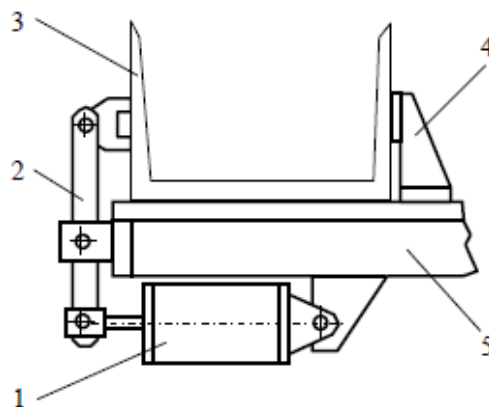
Недоліками пневмопритискачів можна вважати: контроль за швидкістю ходу; постійну необхідність в обезвожуванні повітря; обмеженість його величини сили (20 ...30 кН); підвищена шумність роботи.

Приклади різного застосування пневматичних притискачів різного штибу в складально-зварювальних пристроях чітко наведені на рисунках нижче.



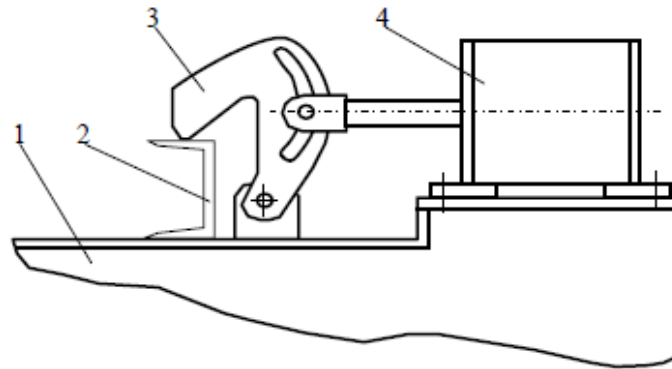
1- рама; 2-пневмоциліндр; 3- шток; 4- деталь; 5- упор.

Рисунок 3.5 – Пневматичний притискач прямої дії



1- циліндр; 2-важіль; 3-деталь; 4-упор; 5- рама.

Рисунок 3.6 –Пневматично-важільний притискач



1- рама; 2-деталь; 3- важіль; 4-пневмоциліндр.

Рисунок 3.7 – Пневмоважільний притискач

Також характерною особливістю всіх притискачів є однобічність прикладання зусилля їх притискання. Затискачі ж, на противагу, затискають деталь одночасно із обох боків. І мають дві робочі поверхні, розташовані одна проти одної.

Використання спеціальних складальних зварювальних пристосувань дозволяє підвищити продуктивність праці, а також суттєво покращити якість власне складання.

Отже для виконання складальної операції завжди складально – зварювальне технологічне пристосування.

Складений виріб повинен володіти відмінною шорсткістю та міцністю, що необхідна для вилучення його із складального пристосування після зварювання і транспортування до місця зберігання, так само і для зменшення деформацій при зварюванні.

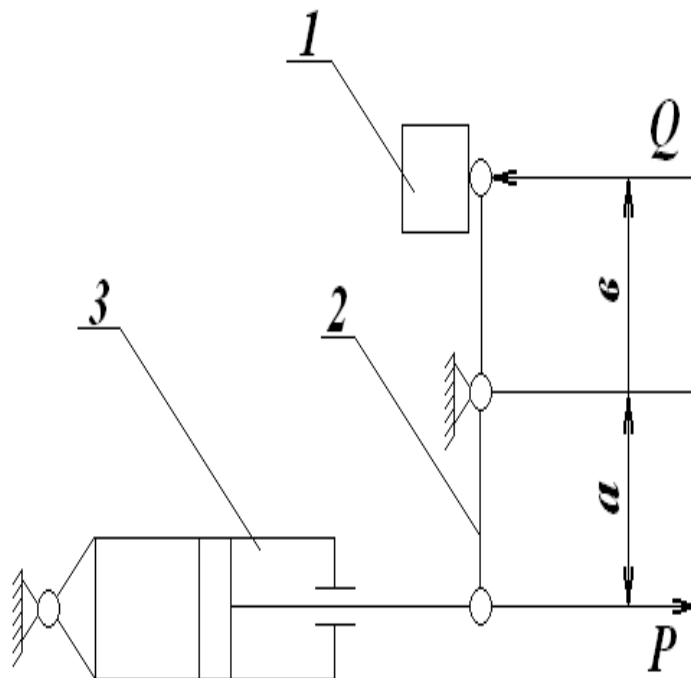
Отже після складання та прихоплення, виріб з кондуктора для складання переміщаємо на автоматичну зварювальну установку для дугового зварювання ресивера в середовищі захисного газу.

3.4 Задіяні пристосування

Для виготовлення ресивера застосовуємо спеціальні пристосування, що обладнані нерухомими упорами та пневмо-затискачами які працюватимуть від пневмоприводу пневмоциліндра односторонньої дії.

В складальному кондукторі, призначеному для складання частин обичайки використали 12 пневмоциліндрів односторонньої дії.

Схема підсилювача показана на рисунку 3.8

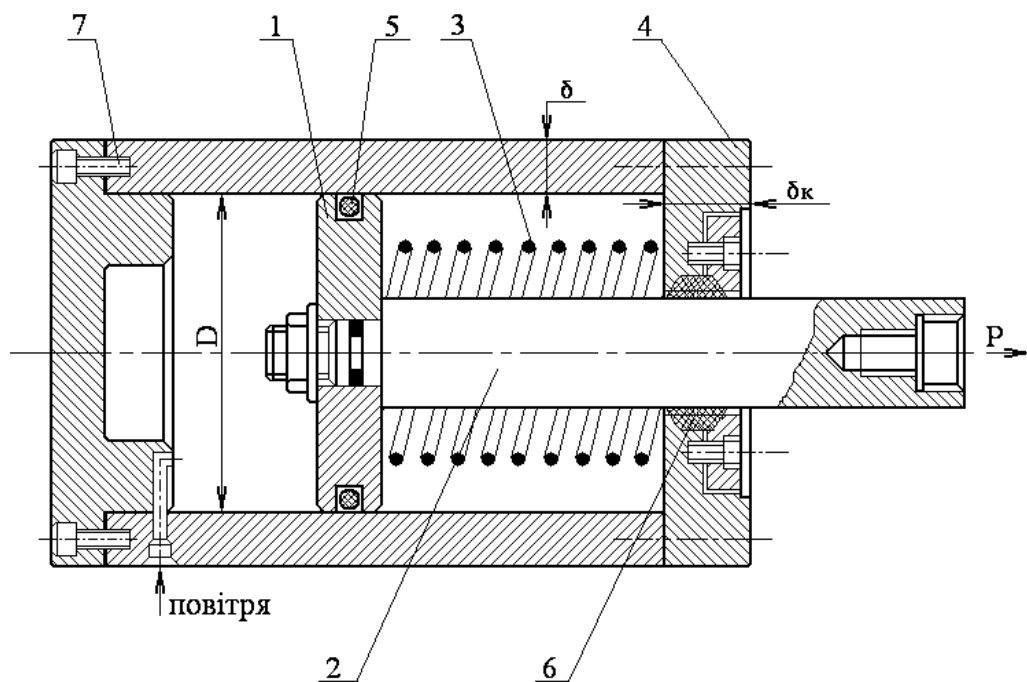


1 – виріб; 2 – важіль; 3 – пневмоциліндр

Рисунок 3.8 – Кінематична схема важільного механізму підсилювача

Даний робочий пневмоциліндр виготовлений зі сталі ВСт 3 пс.

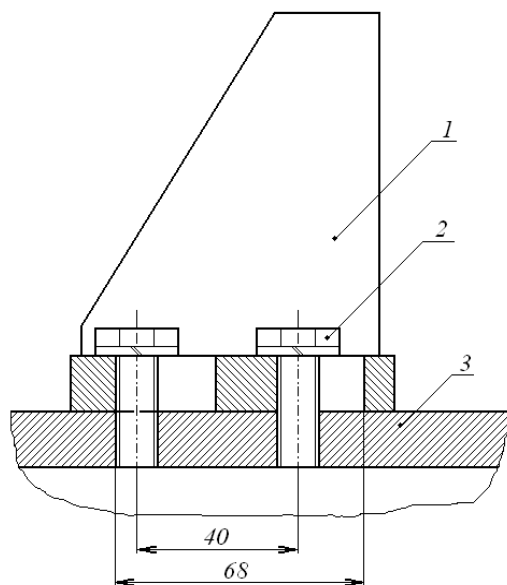
Пневмоциліндр односторонньої описано рисунком 3.9.



1 – поршень; 2 – шток; 3 – пружина; 4 – кришка пневмоциліндра; 5 – резинові ніпелі; 6 – войлочне ущільнення; 7 – кріпильні елементи; P – зусилля, кН

Рисунок 3.9 – Пневмоциліндр одnobічний

Схема упора, що застосовується як установчий один з елементів для встановлення та базування упора заданої конструкції показана на рисунку 3.10.



1 – упор; 2 – різьбові елементи; 3 – основа кондуктора

Рисунок 3.10 – Схема упора постійного

Пристосування для складання та зварювання корпусу ресивера складається зі спеціальних зварювальних пристосувань, що конструктивно застосовані затискні механізми та базові нерухомі упори.

3.5 Розрахунок міцності конструкції

При виготовленні корпусу ресивера використовується стикове з'єднання рисунок 3.11, тому розрахунок будемо проводити для стикових швів. Схематичне зображення розташування всіх основних зварних швів при виготовленні нашого корпусу показано на рисунку 3.12

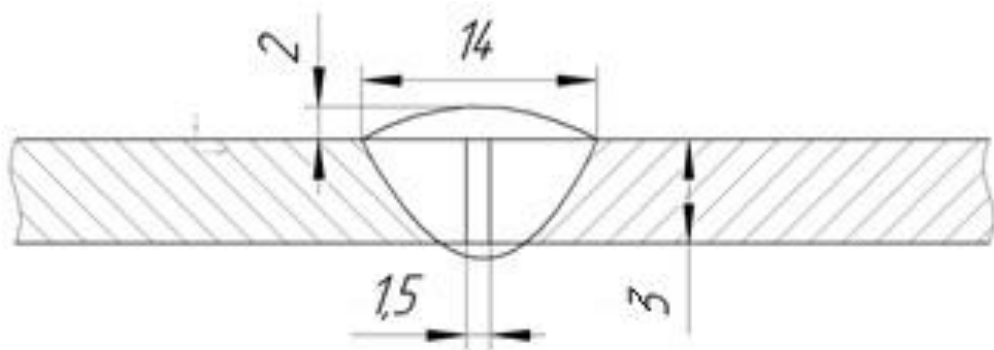


Рисунок 3.11 – Основний шов, схематичне зображення

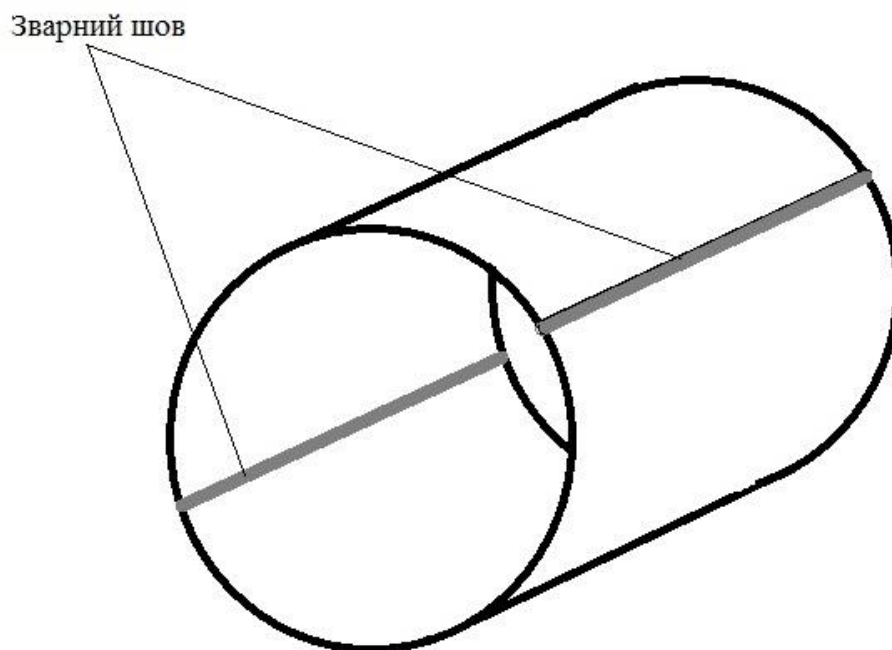


Рисунок 3.12 – Схема з'єднання

Міцність зварного шва:

$$[\sigma'] = \frac{P \cdot r}{2 \cdot S}, \quad (3.1)$$

де $[\sigma']$ – допустиме напруження на розтяг металу зварного шва,

$$[\sigma'] = 0.9[\sigma] = 0.9 \cdot 175 = 157.5 \text{ МПа},$$

$$\text{де } [\sigma] = \frac{\sigma_B}{n} = \frac{350}{2} = 175 \text{ МПа},$$

тут n – прийнятий коефіцієнт запасу міцності;

r – радіус, $r=600$ мм,

S – товщина зварюваної деталі, $S=3$ мм.

Прогназовано-витримуваний тиск:

$$P = \frac{2 \cdot [\sigma'] \cdot S}{r} = 1,58 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,58 \text{ МПа}, \quad (3.2)$$

Процес зварювання обичайки проводиться за різними техпроцесами.

Для цього ми будемо використовувати складально-зварювальне пристосування. Оскільки технологічно дане з'єднання виконується однобічним, однопрохідним зварюванням, використаємо роликовий стенд (рис. 3.13) для проведення зварювання.



Рисунок 3.13 - Роликовий обертач універсальний зварювальний NHTR-1000

Весь поздовжній шов виконується поздовжнім переміщенням зварювальної головки вздовж всієї лінії з'єднання країв вигнутої обечайки, а кільцевий шов для приварювання півсферичних днищ виконується з допомогою роликового обертача.

Режими зварювання контролюємо для чіткого дотримання параметрів процесу зварювання. Отримані з'єднання перевіряємо візуальним оглядом зварного шва.

Початковий контроль проводимо зовнішнім оглядом.

На герметичність перевіряємо готовий виріб методом ультразвукової дефектоскопії (описано в попередньому розділі).

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях

Цивільна оборона є складовою частиною соціальних та захисних заходів, які проводяться в мирний і воєнний час з метою захисту населення і народного господарства від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха і сучасних засобів ураження.

Цивільна оборона України організовується за територіально-виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони. Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило, з врахуванням особливостей кожного району.

Кабінет Міністрів України постійно приділяє увагу розвитку цивільної оборони, підвищенню її ролі у захисті населення, підвищенню її значення, визначає основні принципи її побудови, характер і обсяг завдань, що вирішуються.

Територіальний принцип полягає в організації цивільної оборони на території областей, міст і районів, сільських місцевостей відповідно до адміністративного поділу території. Згідно з цим, відповідальність за стан цивільної оборони на цих територіях несуть виконавчі органи влади, а начальниками цивільної оборони, які безпосередньо здійснюють керівництво цивільною обороною є голови виконавчих органів влади.

Виробничий принцип полягає в організації цивільної оборони в кожній установі, підприємстві.

На цивільну оборону підприємства покладені такі основні обов'язки:

- оповіщення працівників та членів їх сімей при загрозі нападу, стихійного лиха і катастроф;

- забезпечення сховищами працюючої зміни, підтримка в сані постійної готовності захисних споруд і спеціальних споруд ЦО;
- проведення заходів, що забезпечують стійкість роботи об'єкту в мирний та воєнний час;
- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкту.

Сучасний типовий комплекс промислового підприємства складають споруди і будівлі, в яких розміщуються виробничі цехи, верстатне і технологічне обладнання, будівлі енергетичного господарства, системи енергопостачання, інженерні і паливні комунікації, окремо розташовані технологічні установки, мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку і управління, складське господарство, різноманітні будівлі і споруди адміністративного, побутового і господарського призначення.

Принципами стійкості роботи промислового підприємства в надзвичайних ситуаціях є єдина нормативна і директивна база, яка включає:

- Конституцію України;
- Закон про цивільну оборону України;
- положення по цивільній обороні;
- нормативні документи по стійкості роботи об'єктів;
- директиви начальника штабу цивільної оборони України.

Під стійкістю роботи промислового підприємства розуміють їх можливість в умовах надзвичайних ситуацій мирного і воєнного часу виробляти продукцію в запланованому обсязі і номенклатурі, а при слабких пошкодженнях відновлювати виробництво в мінімальні терміни.

Стійкість роботи промислового підприємства складається із:

- 1) стійкості інженерно-технічного комплексу до дій зовнішніх факторів при аваріях, катастрофах, стихійному лихові, а також при застосуванні щодо них сучасної зброї;
- 2) стійкості виробничої діяльності.

Під стійкістю роботи об'єктів, які не виробляють матеріальних цінностей, розуміють їх можливість виконувати свої функції в умовах надзвичайних ситуацій.

Фактори, від яких залежить стійкість роботи об'єктів в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу:

- 1) надійність захисту робітників і службовців;
- 2) безпечність розташування об'єкту відносно зон можливих зруйнувань;
- 3) можливість інженерно-технічного комплексу протистояти ударній хвилі будь-якого вибуху і уражаючим діям ядерної зброї;
- 4) безперервність постачання електроенергією, паливом, сировиною, газом і всім необхідним для випуску продукції;
- 5) надійність керування виробництвом, силами і засобами цивільної оборони;
- 6) підготовленість підприємства до поновлення виробництва і проведення рятувальних і інших невідкладних робіт.

Основними документами для організації дослідження стійкості роботи об'єкту є: наказ керівника підприємства; календарний план основних заходів по підготовці та проведенню дослідження; план проведення досліджень.

Протипожежні заходи на виробничій дільниці

У зварювальних цехах, на будівельно-монтажних площадках, на зварювальних і наплавочних ділянках необхідно суворо виконувати наступні правила, що запобігають можливості виникнення пожежі від іскор, що розлітаються і бризок розплавленого металу:

Робоче місце зварника повинне бути цілком очищене від легкозаймистих або вибухонебезпечних матеріалів. Легкозаймисті рідини і різні горючі матеріали повинні знаходитись від місця зварювання на

відстані не менш 30 м., ацетиленові генератори і балони з горючими газами – на відстані не менш 10 м.

У місцях виконання зварювальних робіт захист від іскор, що розлітаються, і бризок металу повинна забезпечуватися металевими або брезентовими ширмами, на ділянках зварювання повинні бути вогнегасники, шухляди з піском, бочки з водою, різний пожежний інвентар, обов'язково телефонний зв'язок і пристрої для звукових сигналів.

Усі робітники та службовці при надходженні на роботу або при зміні робочих місць повинні бути проінструктовані з протипожежної безпеки і по прийнятому на підприємстві протипожежному режимі. На великих ділянках і в цехах повинні бути офіційно назначені відповідальні за стан протипожежних засобів і виконання протипожежного режиму роботи.

Обов'язково два рази в тиждень перевіряти стан зварювального обладнання.

При гасінні пожежі, що виникла в результаті витті загорання рідин (бензину, гасу, рідких мастильних матеріалів), не можна користуватися водою або рідко-пінним вогнегасниками, необхідні пісок або спеціальні густо-пінні вогнегасники. Відповідальність за протипожежний стан окремих цехів, майстерень, складів і інших об'єктів, а також за своєчасне виконання протипожежних заходів на них покладається персонально на начальників цехів, майстерень, складів і т. д. Тому з усіх питань, зв'язаних із уживанням заходів протипожежної безпеки, необхідно звертатися насамперед до зазначених керівників. При аваріях зварювані роботи допускається робити під спостереженням начальника цеху без письмового дозволу. Після закінчення вогневих робіт зварник зобов'язаний ретельно оглянути місце проведення цих робіт, полити водою легкозаймисті конструкції й усунути порушення, що можуть привести до виникнення пожежі. У даний час існують загальні правила й інструкції про пожежну безпеку для найбільш розповсюджених виробництв усіх міністерств і відомств. Вимоги по пожежній безпеці для різних виробництв у відповідні

правила техніки безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах для цих виробництв.

Заходи, що забезпечують безпечні умови праці при зварюванні в захисних газах

Забезпечення безпечних умов праці під час здійснення зварювальних робіт в захисних газах вимагає використання електричних пристроїв, а також взаємодії з горючими та вибухонебезпечними газами, що випромінюють електричні дуги та плазму, спрямовані на інтенсивне розплавлення і випаровування металу і тому подібне. Це створює потребу в заходах безпеки та захисту працівників від можливого виробничого травматизму.

Серед можливих видів виробничого травматизму при електрозварювальних роботах можуть виникнути такі проблеми, як ураження електричним струмом, ураження зору та відкритої поверхні шкіри променями електричної дуги, опіки від крапель металу та шлаків, а також отруєння організму шкідливими газами, пилом і випарами, що виділяються під час зварювання. Затримання місць, поранення та ураження від вибухів балонів стисненого газу під час зварювання посудин із горючих речовин можуть також стати потенційними небезпеками.

Для забезпечення умов, які запобігають зазначеним видам травматизму, рекомендується вживати наступні заходи. З метою уникнення ураження електричним струмом слід дотримуватися конкретних вимог. Корпуси джерел живлення дуги та зварювального допоміжного обладнання повинні бути надійно заземлені. Заземлення слід проводити за допомогою мідного провідника, один кінець якого кріпиться до корпусу джерела живлення дуги за допомогою спеціального болта із написом "Земля", а інший кінець приєднується до заземлювальної шини чи металевого штиря, який вбивається в землю.

Заземлення пересувних джерел живлення слід проводити до їхнього підключення до мережі живлення, а зняття заземлення може відбуватися тільки після відключення від мережі живлення.

Під час виконання зовнішніх робіт із зварювання необхідно забезпечити належні умови, такі як наявність навісу, намету або будки для захисту від дощу та снігу. У випадку неможливості дотримання цих умов, зварювальні роботи не проводяться, а зварювальну апаратуру обов'язково укривають, щоб уникнути впливу вологи.

Персонал, що має відповідальність за електрозварювальне устаткування, повинен відповідально приєднувати та від'єднувати його від мережі, а також систематично слідкувати за його справним станом під час експлуатації. Зварникам категорично заборонено виконувати ці операції.

Всі зварювальні проводи повинні мати надійну ізоляцію, яка відповідає струмам, що застосовуються. Використання проводів із старою або розпатланою ізоляцією абсолютно заборонено.

З метою захисту зору та шкіри від світлових і невидимих променів дуги електрозварники та їх асистенти повинні користуватися щитками, масками або шоломами, в основні отвори яких вставлені спеціальні скла - світлофільтри. Вибір світлофільтра залежить від зварювального струму та характеру зварювальних робіт.

В стаціонарних цехах для запобігання впливу випромінювань встановлюють закриті зварювальні кабінки, а при будівельних та монтажних роботах використовують переносні щити або ширми.

При використанні балонів із стиснутим газом слід дотримуватись установлених заходів безпеки, таких як уникання кидання балонів та їх розташування подалі від нагрівальних пристроїв. Балони має зберігатись у вертикальному положенні.

У процесі зварювання та оббивці шлаків необхідно пам'ятати, що краплі розплавленого металу та шлаків можуть потрапити в складки одягу, кишені та черевики, спричиняючи опіки та пропали одягу. Зварникам

рекомендується працювати в спецодязі із брезенту або щільного сукна, у рукавицях та головному уборі. При зварюванні швів у вертикальних, горизонтальних та стельових площинах слід надягати брезентові нарукавники і щільно зав'язувати їх поверх рукавів у кисті рук. Шви слід зачищати лише після повного остигання та обов'язково в окулярах із простим склом.

Зварювання електродами з якісним покриттям може призводити до особливого забруднення повітря пилом та газами. Склад пилу та газів залежить від вмісту покриття та складу зварюваного металу та електроду. При автоматичному зварюванні кількість газів та пилу значно менша, ніж при ручному зварюванні.

Загально-обмінна штучна вентиляція при зварюванні в середовищі захисних газів

Усунення шкідливих газів та пилу з зони зварювання та подача чистого повітря забезпечується за допомогою місцевої та загальної вентиляції. При облаштуванні зварювальних кабін обов'язково передбачається місцева витяжна система з верхнім, бічним або нижнім відсмоктувачем, яка ефективно видаляє гази та пил безпосередньо з зони зварювання. Загальна вентиляційна система повинна працювати у витяжному режимі, виводячи забруднене повітря з робочих приміщень та забезпечуючи подачу свіжого повітря. У холодний період року повітря підігрівається до температури 20...22°C за допомогою спеціального нагрівача-калорифера.

У процесі зварювання у закритих приміщеннях та замкнутих конструкціях важливо забезпечити надходження свіжого повітря під невеликим тиском через спеціальний шланг безпосередньо в робочу зону зварника. Мінімальний об'єм свіжого повітря повинен становити не менше 30 м³/м. Відсутність вентиляції під час зварювання в закритих

приміщеннях та конструкціях є неприпустимою. Вентиляційне обладнання має забезпечити ефективний повітрообмін під час ручного електродугового зварювання з електродами із якісними покриттями у розрахунку 4000...6000 м³ на 1 кг витрати електродів; для автоматичного зварювання під флюсом — приблизно 200 м³ на 1 кг дроту; у випадку зварювання у вуглекислому газі — до 1000 м³ на 1 кг дроту.

Система загально-обмінної вентиляції при зварюванні в атмосфері вуглекислого газу призначена для створення необхідних умов мікроклімату та підтримання чистоти повітря в усьому робочому просторі приміщення. Вона ефективно видаляє зайве тепло в умовах відсутності токсичних викидів, а також у випадках, коли технологічний процес та особливості виробничого обладнання виключають можливість використання місцевої системи витяжної вентиляції.

Розглядаючи чотири основні схеми організації повітрообміну при загально-обмінній вентиляції, можна виділити важливі аспекти, що визначають ефективність цих схем.

Схеми "зверху-вниз" та "зверху-вверх" є доцільними у випадку, коли припливне повітря в холодну пору року має температуру нижчу, ніж температура в приміщенні. У цих випадках припливне повітря, перш ніж досягти робочої зони, нагрівається за рахунок тепла повітря у приміщенні.

Схеми "знизу-вверх" та "знизу-вниз" рекомендуються, коли припливне повітря в холодну пору року попередньо підігрівається, і його температура вища, ніж температура в приміщенні.

В разі виокремлення газів та парів з густиною, що перевищує густину повітря, загально-обмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% з верхньої, забезпечуючи ефективне усунення забрудненого повітря. У випадках, коли густина газів менша за густину повітря, видалення забрудненого повітря здійснюється у верхній зоні.

ВИСНОВКИ

Застосування нами автоматичного зварювання в середовищі газового захисту дозволяє максимально усунути ряд недоліків від ручного дугового та механізованого зварювання плавленням, що рекомендовано використовувалось в початковому варіанті на підприємстві для виготовлення ресиверів.

Ораний спосіб зварювання є максимально вигідним, бо захищає зварний шов, що дає можливість підвищити швидкість виготовлення у кілька разів, і, в свою чергу призводить до відчутного зростання продуктивності праці, звідси і скорочення персоналу, і зменшення кількості технологічного необхідного устаткування, а також, відповідно і собівартості виготовлення. Також суттєво підвищується рівень механізації та автоматизації всіх виробничих процесів. Зварювальний дріт дешевший за покриті електроди, а захисний газ є недорогим та не дефіцитним. Складально-зварювальні пристрої в нашому випадку передбачають вільний доступ до будь якого просторового місця зварювання. А гвинтові притискачі, що використовуються в цих спроектованих пристроях мають просту конструкцію, а також невисоку вартість.

В якості зварювального обладнання запропоновано автоматичну голівку для зварювання у середовищі захисних газів типу A1406 що комплектується випрямлячем КИУ 501.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Паньків В.Р., Козак Б.О. Особливості зварювання тонкостінних труб: тези доп. XIV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 11-12 грудня 2025 р. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. С. 30 – 32.
2. Кривов Г.О., Зворикін К.О. Виробництво зварних конструкцій : підручник для студентів вищих навчальних закладів. К.: КВІЦ, 2012. 896 с.
3. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник. Миколаїв : НУК, 2004. 225 с.
4. ДСТУ Зварювання під флюсом. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
5. ДСТУ Дугове зварювання в захисних газах. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
6. Александров О.Г., Антонюк Д.А., Капустян О.Є. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення : навч. посібник. Львів : Новий світ, 2013. 224 с.
7. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій : підручник. К.: Основа, 2021. 400 с.
8. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. К.: Основа, 2010. 240 с.
9. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Складально-зварювальне оснащення». Вид. Тернопільського нац. технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 254 с.
10. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва». Вид. Тернопільського національного технічного ун-ту. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 58 с.
11. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Конспект лекцій з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя,

2015. 66 с.

12. Барановський В.М., Підгурський М.І., Сенчишин В.С. Методичні

вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва» для студентів денної та заочної форми навчання для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Спеціаліст» і «Магістр» зі спеціальності 7.05050401, 8.05050401 «Технологія та устаткування зварювання». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 54 с.

13. Барановський В.М., Підгурський М.І., Мариненко С.Ю. Конспект лекцій з дисципліни «Безпека життєдіяльності для студентів всіх спеціальностей і форм навчання. Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 141 с./67 с.

14. Барановський В.М., Пулька Ч.В., Сенчишин В.С. Конспект лекцій з дисципліни «Основи наукових досліджень» для студентів спеціальності 8.05050401 – «Технологія та устаткування зварювання». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 86 с.

15. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Під ред. Я.Г. Бедрія. Львів, 1997. 275с.

16. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці : підручник (видавн. 5-те, доповнене). Л.: Афіша, 2000. 350с.