

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення технологічного процесу виготовлення
прямокутних зварних труб**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МПс-41
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Федун Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Пулька Ч.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ткаченко І.Г.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Ярема І.Т.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: " Розроблення технологічного процесу виготовлення прямокутних зварних труб " складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 59 аркушів формату А4 і графічної частини об'ємом 5 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких частин: аналітична, технологічна, конструкторська та безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Для висвітлення питань, які розглядаються у кваліфікаційній роботі, розрахунково-пояснювальна записка містить 23 рисунка, 10 таблиць, 8 додатків. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 20 першоджерел.

В роботі розроблено технологічний процес виготовлення труб прямокутного перерізу, які застосовуються при виготовленні конструкцій машин. Запропоновано сучасне обладнання та устаткування для реалізації операцій технологічного процесу. Це дозволить підвищити ефективність виробництва та якість виготовлених труб.

Запропоновано конструкцію зварювальної установки, яка дозволить підвищити якісні та міцнісні характеристики повздовжнього зварного шва та конструкції труб в цілому. Передбачено заходи захисту населення в надзвичайних ситуаціях та проведено оцінку запропонованого технологічного процесу з умов техніки безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки.

Ключові слова: АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ЗВАРЮВАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ, АВТОМАТ, ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис конструкції виробу	7
1.2 Характеристика матеріалу виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення виробу	10
1.3.4 Вимоги до якості	14
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17
2.1 Обґрунтування способу зварювання.....	17
2.2 Вибір і обґрунтування основного зварювального устаткування	31
2.3 Вибір методу контролю якості	35
2.4 Опис запропонованого технологічного процесу	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	46
3.1 Вибір зварювальних пристосувань та опис їх роботи.....	46
3.2 Перевірочний розрахунок міцності конструкції.....	48
3.3. Розрахунок опорного швелера установки	49
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	51
4.1 Захист населення в надзвичайних ситуаціях	51
4.2 Оцінка запропонованого технологічного процесу з умов техніки безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки.....	53
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58

ВСТУП

Розвиток зварювальної науки і техніки є одним із найважливіших факторів науково-технічного прогресу. Зварювання стало одним із ведучих процесів у виробництві конструкцій самого різного призначення.

Зварювальне виробництво - це один із основних процесів в металообробній промисловості, який використовується для виготовлення широкого спектру конструкцій та виробів. Прямокутні труби мають унікальну форму, яка надає їм переваги в різних галузях, включаючи будівництво, автомобільну промисловість, виробництво меблів та багато інших.

Завершальним етапом зварного виробництва є отримання економічно доцільних складаних конструкцій, що відповідають виробничим умовам експлуатації, характеризуються визначеним фізико-механічним якість згідно вибраного матеріалу та функціонального призначення.

Дотримання встановленого рівня якісних показників виробів потребує технічного переоснащення виробництва з метою забезпечення основних виробничників сучасними та прогресивними технологіями та обладнанням для їх реалізації для отримання якісного кінцевого продукту.

Зварювальне виробництво прямокутних труб відіграє важливу роль у багатьох галузях промисловості. Це дозволяє створювати міцні, стійкі та естетично привабливі конструкції, які задовольняють потреби різних секторів економіки. Завдяки постійному розвитку технологій зварювання та вдосконаленню процесів виготовлення, прямокутні труби стають все більш популярними та високошвидкісними виробами, які знайшли своє широке застосування в сучасному світі. [1]

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції виробу

Зварні поздовжні труби прямокутного профілю $100 \times 50 \times 5$ призначені для виготовлення рамних конструкцій машин ГЦК та ГЦТ. Даний прокат може поступати на завод у вигляді готової продукції. Коли така поставка відсутня, то зварні труби прямокутного профілю $100 \times 50 \times 5$ виготовляють у заводських умовах заводу – виробника машин.

Зварна труба прямокутного профілю ГЦК, ГЦТ являє собою зварну конструкцію II класу, і виготовляється згідно ДСТУ 8940:2019 (рис. 1.1).

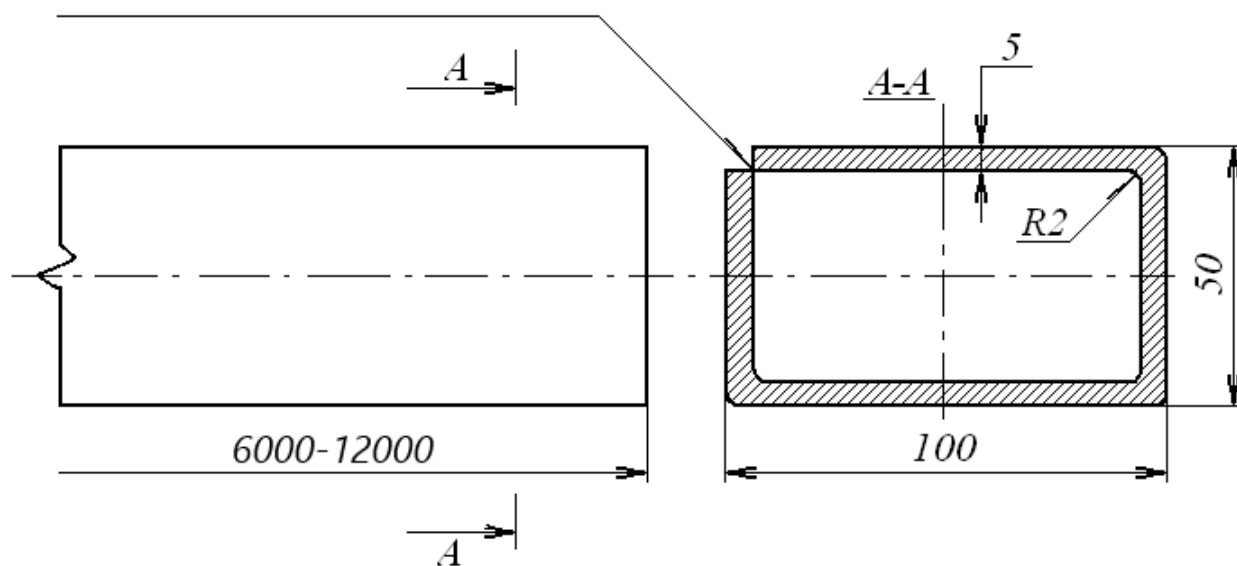


Рис. 1.2 – Конструкція електрозварної прямокутної труби

Згідно ДСТУ профільні труби виготовляють довжиною від 6 до 12 метрів [2].

Прямокутні електрозварні труби виготовляють:

а) з вуглецевої сталі марок:

— Ст1сп, Ст1пс, Ст1кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст2кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3кп, Ст4сп, Ст4кп, Ст4пс, за ДСТУ 2651/ГОСТ 380;

— 08, 08пс, 08кп, 10, 10пс, 10кп, 15, 15пс, 15кп, 20, 20пс, 20кп, 35, 45 за ДСТУ 7809;

— 08Ю за ГОСТ 9045;

б) з легованої сталі марок:

— 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД за ДСТУ 8541;

— 10Г2 і 30ХГСА за ДСТУ 7806.

При виготовленні дрібнозернисті і нелеговані марки сталі S235JRH, S355J2H і S275J0H (сталь 2-4 кп/пс). Прямокутні електрозварні труби можуть мати розміри від 10x15x1 до 180x150x12 мм.

З прямокутної електрозварної труби виготовляють каркасні рамні конструкції. Типовими прикладами застосування прямокутних труб є рами мото і автотранспорту, каркасні стійки, силові елементи і ребра жорсткості габаритних просторових конструкцій. Як комунікативні елементи чи трубопроводи профільна труба фактично не використовується, оскільки більш доцільними з точки зору гідравлічних законів, є труби круглого сечення.

Профільна труба по міцнісних та експлуатаційних показниках нічим не поступається суцільнометалевим арматурі чи прутковому матеріалу. Значний експлуатаційний строк профільних труб забезпечується специфічним розподілом діючих навантажень згідно якого центральна пустотіла частина не зазнає ніякого силового впливу. Несучою частиною є бічні сторони. Відповідно така конструктивна особливість дозволяє витримувати трубі значні статичні навантаження, а пустотілість забезпечує мінімізацію ваги всієї конструкції.

Труби профільного сечення характеризуються значною сферою використання і відзначаються незмінно високими експлуатаційними показниками:

- мінімальна маса для пониження вагових показників конструкції;
- багатоцільове застосування;
- відсутність деформаційних процесів при значному навантаженні;
- придатність для застосування у складних конструктивних виробках;
- відсутність потреб у висококваліфікованому персоналі для монтажних-складальних робіт;

- мінімальна кількість зварних робіт і можливість підйому на значну висоту без спеціалізованого оснащення;
- високий коефіцієнт аеродинамічності під дією повітряних потоків.

Профільні труби прямокутного перерізу, завдячуючи своїм конструктивним особливостям, забезпечують значне підвищення якісних показників зварювальних конструктивних елементів при мінімальних фінансового-ресурсних вкладеннях у їх виробництво.

1.2 Характеристика матеріалу виробу

Для виготовлення поздовжньої труби прямокутного профілю 100×50×5 використовується маловуглецева сталь ВСтЗпс. Це сталь звичайної якості напівспокійної плавки, яка застосовується для виготовлення якісних конструкцій. Хіміко-механічні особливості сталі приведені в табл.1.1 та 1.2 відповідно [3]

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі ВСтЗпс %

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
0,14-022	0,4-065	0,12-0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08
					не більше			

Таблиця 1.2 – Механічні властивості

$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %
105 - 340	420 - 520	28 - 37	56 - 68

При зварюванні маловуглецевих конструкційних сталей звичайної якості при малих товщинах на типових режимах, за умови дотримання не значних часових форм по охолодженню шовного металу і біля шовної ділянки, зазвичай, не

спостерігається загартовування основного металу у секторах, які зазнають значного перегріву до часткової чи загальної кристалізації.

Сталь ВСтЗпс поступає на виробництво у вигляді сортового прокату, в тому числі фасонний, полоси, лист тонкий.

Процесу утворення монолітних зварних з'єднань із необхідними механічними властивостями, які відповідають вимогам надійності конструкції під час експлуатації, характеризується поняттям "зварюваність". Для дослідження зварюваності матеріалу можна використовувати два підходи: практичний, за допомогою проб, та аналітичний, шляхом визначення еквівалентного вмісту вуглецю у сталі. Для більш швидкого визначення схильності сталі до зварювання надають перевагу аналітичному методу оцінки зварюваності [4]:

$$\text{Секв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \quad (1.1)$$

$$\text{Секв} = 0,18 + \frac{0,53}{6} + \frac{0,21}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{10} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,04}{2} = 0,41\%$$

Враховуючи те, що еквівалентний вміст складає 0,41%, то дана сталь має «добру зварюваність», і при виготовленні конструкцій із даної сталі непотрібно проводити попереднє підігрівання металу перед зварюванням.

1.3 Технічні умови на виготовлення виробу

Виготовлення труб прямокутного перерізу повинні здійснюватися у відповідності до ДСТУ 8940:2019.

Відповідно до цих стандартів, профілі виготовляють на спеціалізованих станах, шляхом формування круглого трубчастого перерізу з поздовжнім зварним швом і подальшим обтисненням валками у квадратний або прямокутний профіль.

Основними вимогами до виготовлення є [2]:

1. Граничні відхилення по товщині стінки профілів повинні відповідати граничним відхиленням по товщині вихідної заготовки завширшки 1250 мм нормальної точності прокатки Б за ГОСТ 19903. Граничні відхилення по товщині не поширюються на місця вигину.

2. Граничні відхилення по висоті і ширині профілю не повинні перевищувати: - при висоті (ширині) профілю до 100 мм $\pm 1,5$ мм; при висоті (ширині) профілю більше 100 мм $\pm 2,0$ мм.

3. Граничні відхилення по висоті (ширині) 100 мм профілю з товщиною стінки 7 мм не повинні перевищувати $\pm 2,0$ мм.

4. У поперечному перерізі профілю відхилення від кута 90° не повинні перевищувати $\pm 1^{\circ}30'$. Граничні відхилення від кута 90° для профілів з товщиною стінки 7-14 мм повинні бути не більше $\pm 2^\circ$.

5. Профілі виготовляють завдовжки від 6,0 до 12,0 м:

- немірної довжини;
- мірної довжини;
- кратної мірної довжини.

6. Граничні відхилення по довжині профілів мірної і кратної мірної довжини повинні бути не більше +60 мм.

7. Профілі слід виготовляти із листової сталі, що поставляється в рулонах за ГОСТ 19903, із сталі вуглецевої загального призначення і низьколегованої завтовшки 3 мм і більше за ГОСТ 27772; низьколегованої завтовшки 3 мм і більше за ТУ 14-105-509. Марку сталі і категорію поставки указують в замовленні на профілі.

8. Місцева кривина профілів у горизонтальній і вертикальній площинах не повинна перевищувати 1 мм на 1 м довжини профілю. Загальна кривина не повинна перевищувати добутку допустимої місцевої кривини (на 1 м довжини) на довжину профілю в метрах.

9. Скручування профілів навколо поздовжньої осі не повинне перевищувати добутку 30° на довжину профілю в метрах і не повинне бути більше 5° .

10. Опуклість і угнутість стінок профілів не повинні перевищувати 0,01 розміру профілю.

11. Профілі повинні бути обрізані під прямим кутом. Відхилення від перпендикулярності площини зрізу до осі профілю не повинно виводити профіль поза номінальні розміри по довжині. Допускається вогневе обрізування торців окремих профілів у кількості не більше 7% від маси партії.

12. Тріщини, загортання, глибокі риски та інші пошкодження на поверхні профілів не допускаються. Незначна шорсткість, вибоїни, ум'ятини, дрібні риски, тонкий шар окалини не повинні перешкоджати виявленню поверхневих дефектів і виводити товщину стінки поперечного перерізу профілю за межі допустимих відхилень.

13. Задирки на торцях профілів повинні видалятися механічним способом за вимогою замовника.

14. Задирки з поздовжнього шва знімають з зовнішнього боку профілю, при цьому висота задирки, що виступає над поверхнею профілю, не повинна перевищувати:

- при товщині стінки профілю до 4 мм - 0,5 мм;
- при товщині стінки профілю більше 4 мм - 1,0 мм.

15. Непровари поздовжнього шва (несплавлення) не повинні перевищувати 50 мм на 1 м довжини профілю. Довжина окремого місцевого непровару повинна бути не більше 20 мм. Дефектні ділянки повинні бути виправлені за допомогою ручного або напівавтоматичного зварювання за ГОСТ 5264 і ГОСТ 8713 із застосуванням зварювальних і присадних матеріалів, що відповідають механічним властивостям сталі профілю. Після виправлення шви повинні бути зачищені.

16. Тимчасовий опір розриву поздовжнього зварного шва повинен бути не менше 0,95 від норм основного металу.

17. Для профілів, що виготовляються із низьколегованих сталей, повинна виконуватись нормалізація зварного з'єднання.

18. На поверхні електрозварних труб не допустимо тріщини. Рябизна, риски та інші дефекти механічного походження, шар окалини та сліди зачищення дефектів допустимо за умови, що вони не виводять розміри труб за межі граничних відхилів. Допустимо видалення дефектів місцевим абразивним зачищенням, шліфуванням за умови, що величина ремонту не виводить товщину стінки за допустимі значення. Усі зачищені ділянки повинні плавно переходити у профіль труби.

19. Ремонт основного металу труб зварюванням не допустимо.

20. Допустимо ремонт зварного шва зварюванням. Довжина окремої відремонтованої ділянки зварного шва має бути не менше ніж 50 мм, а загальна довжина відремонтованих ділянок — не більше ніж 8 % від довжини труби. Місця заварювання має бути зачищені. У разі ремонту зварного шва зварюванням термічно оброблених труб труби піддають повторному термічному обробленню.

21. Зварний шов не повинен бути розташований на радіусі закруглення сторін труби.

22. Зовнішній грат на трубах має бути видалено. У місці зняття грату допустимо зменшення товщини стінки на 0,1 мм понад мінусовий відхил. На внутрішній поверхні труб допустимо залишок грату, обумовлений способом виготовлення.

23. На трубах допустимо один поперечний шов, утворений під час з'єднання штаби перед формуванням, за відстані не менше ніж 300 мм від торця труби.

24. На поверхні електрозварних холоднодеформованих труб не допустимо тріщини, розривів та інших дефектів. Допустимо сліди окалини, що не перешкоджають огляду, вм'ятини, сліди правки, риски та сліди зачищення дефектів за умови, що вони не виводять розміри труб за межі граничних відхилів. Допустимо видалення дефектів місцевим абразивним зачищенням, шліфуванням за

умови, що величина ремонту не виводить товщину стінки за допустимі значення. Усі зачищені ділянки мають плавно переходити у профіль труби.

1.3.4 Вимоги до якості

Якість електрозварних прямокутних труб повинна відповідати державним стандартам (ДСТУ 8940:2019). При наявності автоматичного контролю зварювання поздовжнього шва перевірки зовнішнього вигляду підлягають 3% профілів від партії. При відсутності автоматичного контролю профілі піддають суцільному контролю за ГОСТ 3242.

При перевірці якості поверхні профілів весь обсяг продукції вважається відповідним стандарту, якщо маса профілів з незадовільною поверхнею не перевищує 3 % від маси партії.

Ділянки профілів з поперечними швами повинні бути вирізані й відбраковані. Допускається зварювання поперечних швів профілю напівавтоматичним зварюванням за умови забезпечення рівномірності шва основному металу. Стик повинен бути відмічений фарбою, яка не змивається.

Розміри, що мають граничні відхилення, повинні бути перевірені на профілях, які відібрано через кожні 1000 м профілювання. Якщо під час перевірки відібраних профілів буде виявлено хоча б один, який не відповідає вимогам цього стандарту, слід відібрати подвійну кількість профілів від тієї самої партії і провести їх повторну перевірку. При незадовільних результатах повторної перевірки виконують поштучний контроль.

Марка, хімічний склад і механічні властивості матеріалу профілів повинні бути засвідчені документом про якість підприємства-постачальника рулонної сталі.

Геометричні розміри перевіряють під час операційного контролю вимірювальною металевою лінійкою за ГОСТ 427, штангенциркулем МЦ-3 за ГОСТ 166, радіусним шаблоном, кутовим шаблоном, кутоміром за ГОСТ 5378. Довжину профілів заміряють рулеткою РЗ-20 за ГОСТ 7502. Допускається заміна

наведених вимірювальних інструментів іншими, подібними за призначенням, класом точності не нижче таких, що передбачені зазначеними стандартами.

Місцеву кривину вимірюють металевою лінійкою за ГОСТ 427. Загальну кривину профілю вимірюють за допомогою струни, натягнутої між кінцями профілю, і лінійки.

Скручування і відхилення від перпендикулярності площини різку профілів визначають кутомір за ГОСТ 5378. Зварні шви контролюють у відповідності з вимогами ГОСТ 3242 без випробувань на щільність.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу

Технологічний процес виготовлення замкнутих гнутих зварених профілів включає декілька етапів, які детально настроюються для забезпечення якості та міцності кінцевого виробу. Спочатку рулони сталеві стрічки завантажуються на накопичувач, використовуючи мостовий кран, і встановлюються на розмотувачі. Потім стрічка проходить кілька обробних етапів, включаючи центрування і направлення на машину, де вона піддається правці для усунення кривизни і хвилястості. Далі кінці стрічки обрізаються та вирівнюються перед зварюванням, забезпечуючи безперервність процесу формування профілю [1].

Для забезпечення синхронізації роботи механізмів з різними швидкостями використовується накопичувач тунельного типу, що створює запас стрічки. Цей накопичувач має пристрій для охолодження зварних швів, щоб уникнути появи тріщин під час формування профілю. Після проходження через накопичувач, заготовка піддається правильно-калібрувальній обробці, що дозволяє досягти остаточної форми профілю та компенсувати поздовжні прогини, що виникають під час зварювання.

Формування профілю відбувається на машині з валками формувального стану, яка містить 14 робочих клітей з двома валками на кожній. Рух валків забезпечується груповим електроприводом, а натискні пристрої верхніх валків

приводяться в дію окремими електродвигунами. Холості ролики між робочими клітками допомагають забезпечити стабільне постачання заготовки, а зварювання профілю виконується на високочастотній зварювальній машині [1].

Після зварювання готові профілі розпилюються на мірні довжини і транспортуються до укладача, де вони упаковуються в пачки і кантуються автоматично. Кінцевий продукт, що складається з гнутих зварених профілів з квадратним або прямокутним перерізом, широко застосовується для будівництва високонавантажених конструкцій, теплотрас, газо- та водопроводів та інших галузях, де вимагається міцність і стійкість сталевих труб.

Не доліком існуючого техпроцесу є те, що застосування способу зварювання струмами високої частоти призводить до значних деформацій після зварювання та має недостатню міцність. Крім цього при застосуванні такого способу зварювання потрібне досить дорогівартісне обладнання, яке в свою чергу споживає велику кількість електроенергії.

Тому, враховуючи це необхідно перш за все замінити спосіб зварювання, та підібрати відповідно більш сучасне зварювальне устаткування та сучасне обладнання для реалізації нового технологічного процесу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування способу зварювання

Придатність до реалізації певного методу зварки, під час виробництва профільних труб прямокутного сечення розміром 10x5x0,5 см, встановлюється за умови максимальної відповідності таким показникам:

- а) техніко-економічні вимоги до з'єднання зварюванням;
- б) зварювальні властивості матеріалу труби;
- в) необхідна продуктивність виробництва;
- г) придатність до механо- і автоматизованих процесів;
- д) безпечності роботи.

Для виготовлення даної конструкції можна застосовувати наступні зварювальні методи:

- зварювання струмами високої частоти;
- індукційне зварювання;
- контактне стикове зварювання;
- дугове зварювання в газах.

Розглянемо особливості кожного із наведених способів зварювання [1,5-6].

Зварювання труб струмами високої частоти (70...500 кГц) (рис. 2.1) базується на принципі, що при високій частоті зварювальний струм протікає шляхом найменшої індукції, а не шляхом найменшого електричного опору. Цей процес ґрунтується на ряді фізичних явищ, пов'язаних з протіканням струму високої частоти, що дозволяє здійснювати нагрівання металу тільки на поверхні шляхом виділення енергії в тонкому шарі, який лежить на зварюваних поверхнях.

Технологія зварювання струмами високої частоти застосовується для виготовлення прямошовних труб (зі сталей, алюмінієвих сплавів, латуні тощо) з діаметром 8...529 мм і товщиною стінки 0,3...10 мм. Радіочастотне зварювання труб базується на використанні двох фізичних явищ, пов'язаних з протіканням електричного струму високої частоти - ефекту близькості та поверхневого ефекту.

У радіочастотному зварюванні труб електричний струм, що протікає по крайках трубної заготовки, концентрується безпосередньо на з'єднаних поверхнях завдяки ефекту близькості та поверхневому ефекту. Зі збільшенням частоти струму ці ефекти посилюються, забезпечуючи максимальну концентрацію струму на крайках трубної заготовки. Результатом є високий ступінь концентрації енергії під час нагрівання металу, яке відбувається за дуже короткий проміжок часу, в десятки або навіть сотні частини секунди.

Існують дві типові схеми високочастотного зварювання труб, які відрізняються способом подачі струму високої частоти до крайок трубної заготовки. Перша схема використовує пару контактів, які ковзають по крайках трубної заготовки, для підведення високочастотного електричного струму. Друга схема використовує циліндричний індуктор, який охоплює трубу, для подачі енергії від джерела живлення (індукційна або безконтактна схема). Обидві схеми передбачають формування трубної заготовки перед подачею струму, після чого крайки трубної заготовки зближуються за допомогою обтискних валків, утворюючи гострий кут з вершиною в точці з'єднання.

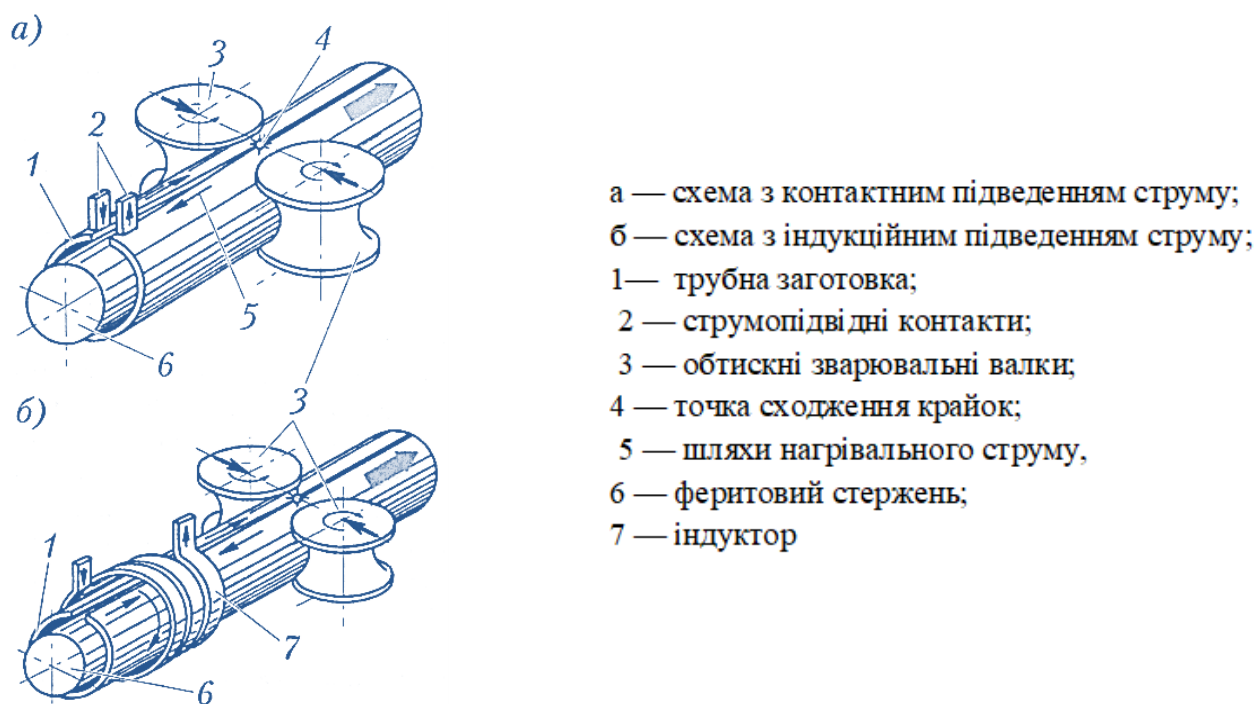


Рис. 2.1. Схема процесу високочастотного зварювання труб [6]

За контактної схеми підведення струму високочастотним електричним

струмом від одного контакту 2 до іншого можуть бути два шляхи 5: навколо периметра труби або вздовж однієї крайки до місця стику 4 (прямий струм) і поверненням вздовж протилежної крайки до другого контакту (зворотний струм). Індуктивний опір по периметру труби переважає над опором вздовж крайок. Тому електричний струм прямує вздовж крайок, нагріваючи торці обох крайок до температури зварювання шляхом перетворення електричної енергії в теплову. Головне нагрівання металу відбувається прямим струмом. Крайки зближуються обтискними зварювальними роликками 3 в місці стику крайок 4, де вони знаходяться в пластичному стані (температура торців крайок найвища), і відбувається їх зварювання.

Одним з недоліків методу зварки профільних елементів струмами високої частоти при якому струм підводиться точково – це проблема з контактами, які швидко зношуються і спричиняють виникнення дефектних включень на поверхні профільного виробу.

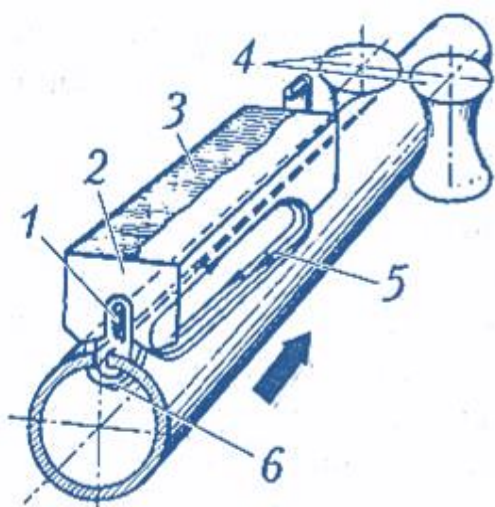
За індукційної схеми підведення струму, за дії високочастотного електричного струму, що проходить через індуктор 7, в металі трубної заготовки 1 виникає електрорушійна сила, яка породжує електричний струм високої частоти. Шляхи протікання струму можуть бути аналогічними до контактного підводу струму. Проте, по периметру труби струм може мати більшу силу через охоплення індуктором 7. Феритовий стержень 6 розміщується всередині трубної заготовки в місці установки індуктора 7, щоб зменшити частину струму, що протікає по периметру труби. Це збільшує індуктивний опір для струму, що проходить по периметру труби, і сприяє переважному протіканню струму вздовж крайок труби, нагріваючи їх торці до необхідного температурного діапазону при якому можлива їх зварка і досягаючи максимальної щільності в точці з'єднання крайок 4. Зазор між стержнем 6 і трубою 1 стає мінімальним, щоб уникнути електричних пробіїв.

Недоліком методу зварювання труб струмами високої частоти з індукційним підведенням струму є втрата енергії через проходження струму по периметру трубної заготовки.

Індукційне зварювання труб (рис. 2.2) базується на проникненні магнітного потоку, що створюється струмом індуктора, через трубну заготовку, крайки знаходяться близько до індуктора. В результаті цього у трубній заготовці виникає індукований електричний струм, який протікає вздовж крайок і зосереджується на торцях зварюваних крайок завдяки ефекту близькості та електричному поверхневому ефекту. Нагріті торці крайок зближуються за допомогою зварювальних валків під достатнім тиском, щоб виконати зварювання та видалити окисли металу утвореним шпоночним швом. У процесі індукційного зварювання труб використовуються прямолінійні індуктори з магнітопроводами, які спрямовують магнітний потік. Зварювальний процес відбувається в пластичному стані без розплавлення металу, зокрема для низьковуглецевих сталей температура нагріву торців крайок становить 1380...1450°C.

Ширина зони розігріву на крайці трубної заготовки є важливим фактором для забезпечення стійкості перерізу труби під час зварювання. Зона розігріву не повинна бути занадто широкою, щоб уникнути нестабільності перерізу, тому рекомендується дотримуватись ширини не більше 0,5-1,0 товщини стінки труби.

Що стосується ширини індукуючого дроту, який використовується, вона повинна бути на 20% ширшою за подвійну ширину зони розігріву. Це забезпечує належну концентрацію магнітного потоку і ефективне нагрівання крайок труби. Мінімальна ширина індукуючого дроту зазвичай становить 10 мм [1].



- 1 — індукуючий провід;
- 2 — магнітопровід;
- 3 — індуктор;
- 4 — зварювальний ролик;
- 5 — індукований струм;
- 6 — магнітний потік;

Рис. 2.2. Схема індукційного зварювання труб [6]

Варто зазначити, що індукційне зварювання труб широко використовується у промисловості через можливість здійснювати зварювання без розплавлення металу. Це дозволяє зберегти механічні властивості матеріалу та забезпечити високу якість з'єднання.

Залежно від швидкості зварювання, можна використовувати від 1-го до 3-х індукторів.

У процесі індукційного зварювання, завдяки безконтактному нагріванню, фізичний стан крайок трубної заготовки не має значення. Тому при використанні гарячекатаного штрипсу як вихідної заготовки, не обов'язково очищати крайки від окалини. Крім того, безконтактне підведення електричного струму має перевагу перед контактним, оскільки уникнуто зношування струмопідвідних пристроїв. Однак, недоліком безконтактної системи струмопідводу є залежність процесу зварювання від зазору (1,5...2,5 мм) між індуктором і трубною заготовкою, що може призвести до не в'язкості в якості зварювання.

Під час індукційного зварювання утворюється зовнішній і менший внутрішній грат у трубі. Зовнішній грат можна видалити за допомогою різця. Внутрішній грат, зазвичай, не повністю видаляється, але для його зменшення використовується штрипс з різаними крайками, що дозволяє стабілізувати процес зварювання завдяки меншому допуску по ширині штрипсу. Також можуть бути виконані фаски з внутрішньої поверхні труби, що не впливає на міцність шва, але практично усуває внутрішній грат.

Контактне стикове зварювання труб опором є найпоширенішим методом виготовлення електрозварних труб (див. рис. 2.3). За допомогою цього методу виготовляються труби різних діаметрів (від 6 до 630 мм) і товщин стінки (від 0,4 до 20 мм) з різних марок сталі [1,6].

Перед зварюванням трубна заготовка проходить через формувальні валки (1) з напрямною шайбою (2). Шайба (2) направляє стик крайок заготовки в зазор між електродними кільцями (4). Через електродні кільця (4), що є частиною обертового зварювального трансформатора (7), до крайок сформованої трубної заготовки підводиться електричний струм великою силою, досягаючи десятків

тисяч ампер.

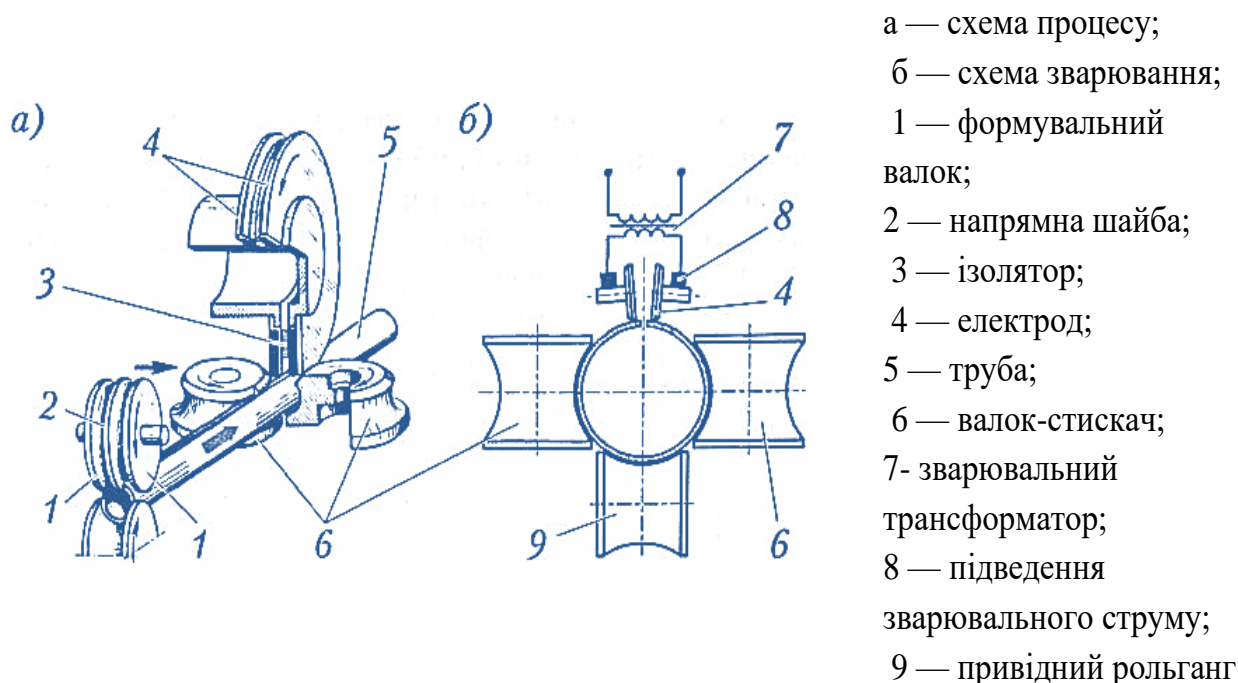


Рис. 2.3. Схема контактне електрозварювання труб методом опору [1,6]

Електродні кільця (4) ізолюються одне від одного прокладкою (3). Напруга однофазного змінного струму звичайної (50 Гц) або підвищеної (150 Гц і більше) частоти знижується зварювальним трансформатором до 5-10 В.

Крайки трубної заготовки, попадаючи в зазор між електродними кільцями (4), нагріваються через значний електричний опір, який значно перевищує електричний опір вже звареної труби. Зазвичай метал в зоні стику нагрівається до приблизно 1350 °С, не доходячи до розплавлення, і зварювання відбувається в пластичному стані металу. Під тиском стиснених зварювальних валків (6) і електродних кілець (4), нагріті крайки труби зливаються і зварюються.

Ділянка контакту крайок від точки їх з'єднання до площини осей зварювальних валків (6), на якій відбувається зварювання, називається зварювальним швом. Оскільки зварювання крайок відбувається на певній довжині, кожна точка крайок перебуває в зварювальному шві протягом певного часу. Час перебування точки крайок у зварювальному шві залежить від його довжини та швидкості зварювання. При заданій частоті зварювального струму цей час не повинен перевищувати певного значення, оскільки при нагріванні, меншому за

чверть періоду зварювального струму, окремі ділянки можуть потрапляти в місце з максимальною силою зварювального струму і отримувати задовільне зварювання, тоді як інші ділянки, на які припадає мінімум зварного струму, можуть залишитися незвареними. Тому якісне зварювання досягається шляхом збільшення довжини зварювального шва, зниження швидкості зварювання або підвищення частоти зварювального струму.

Труби, виготовлені контактним зварюванням постійним струмом методом опору, відрізняються високою якістю (не поступаються безшовним трубам) і використовуються в автотракторній промисловості як трубопроводи.

Дугове зварювання в газах. Цей метод зварювання в газах використовує електричну дугу, що горить між виробом та плавким електродним дротом, для розплавлення кромки зварюваного виробу. Електродний дріт, який виконує роль електроду та присадкового металу, неперервно подається у зону зварки. Під дією дуги, електродний дріт та кромки зварюваного виробу розплавляються, утворюючи зварювану ванну. Цей метод особливо популярний для виготовлення тонкостінних труб малого і середнього діаметра (від 6 до 426 мм) із товщиною стінки від 0,2 до 5 мм.

Найбільш поширеним видом такого зварювання є аргонодугове зварювання (рис. 2.4), яке широко використовується для виготовлення труб діаметром від 6 до 71 мм і товщиною стінки від 0,4 до 3,0 мм. Важливою перевагою аргонодугового зварювання є можливість зварювання високолегованих та нержавіючих сталей, але недоліком є низькі швидкості зварювання, які становлять від 0,5 до 1,5 м/хв [1].

У процесі зварювання труб за допомогою дуги в інертних газах, крайки трубних заготовок спочатку плавляться, а потім зварюються під тиском в області електричної дуги, яка горить між крайками та неплавким вольфрамовим електродом. Крайки стискаються обтискними валками, а для зварювання використовуються спеціальні пальники.

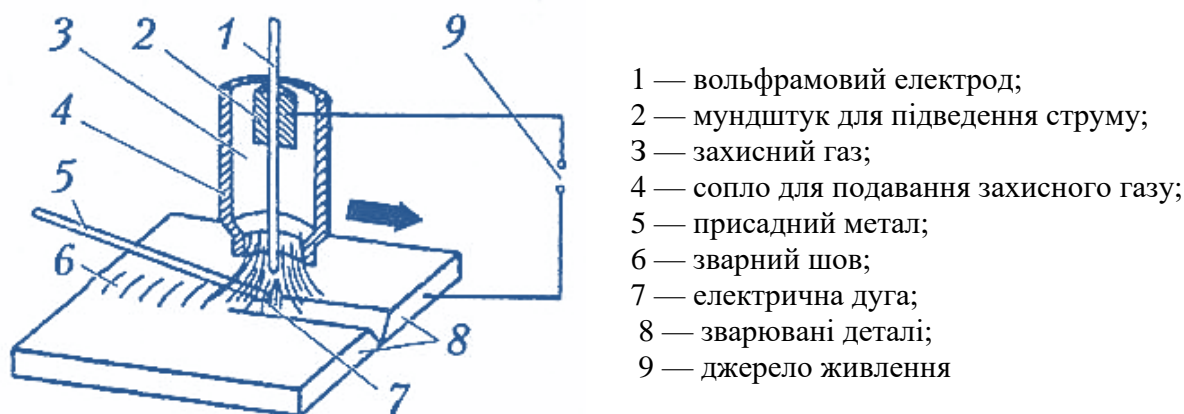


Рис. 2.4. Схема аргоно-дугового зварювання [6]

При зварюванні з використанням плавкого електроду (рис. 2.5) використовується дріт суцільного перерізу діаметром 0.5-4 мм. Для зварювання в атмосфері вуглекислого газу можна використовувати порошковий дріт діаметром 2-3 мм. У процесі зварювання дуга горить між плавким електродним дротом та зварювальною деталлю [5,6.

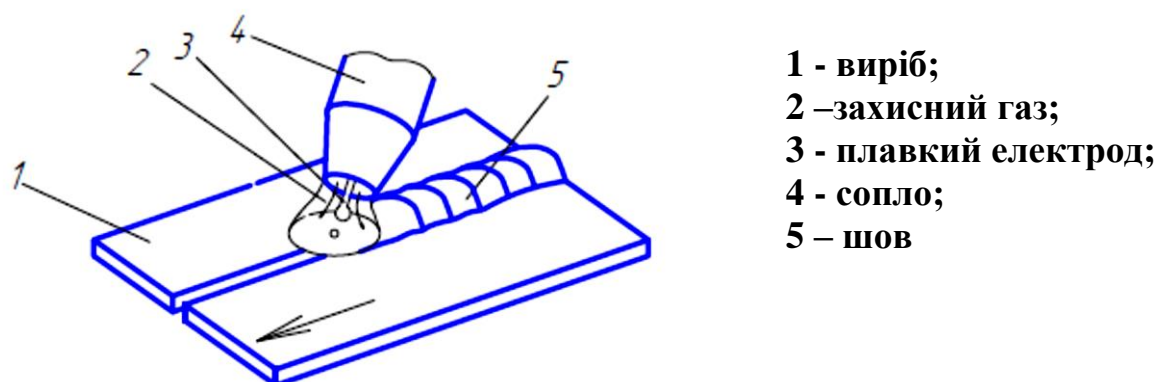


Рис. 2.5 Схема процесу зварки у середовищі захисного газу [6]

Залежно від металу, який зварюється, і його товщини використовуються інертні, активні гази або їх комбінації як захисний газ.

Дріт подається у зону зварки за допомогою механізму подачі. Це забезпечує постійну швидкісну характеристику подавання дроту-електроду у зварну ділянку і,

відповідно, стабільну довжину зварної дуги. Під час зварки у атмосфері вуглекислого газу швидкість подачі зварювального дроту рівна швидкості плавлення.

Стабільність дуги і її технічні властивості найкращі при використанні постійного струму зворотної полярності через фізичні особливості процесу. Однак, при використанні постійного струму прямої полярності кількість розплавленого електродного металу збільшується на 25-30%, але стабільність дуги різко знижується, і підвищуються витрати розбрикуваного металу. Нестабільність горіння дуги не дозволяє застосування змінних струмів.

Під час зварки з використанням плавкого електроду, шов утворюється шляхом плавлення основного металу виробу і додаткового у вигляді дроту зварного електроду. Форма і розмір шва залежать від швидкості зварювання, розміщення електроду та виробу, а також від характеристик плавлення і переміщення металу електроду у зварну ванну. Особливість переносу визначається хімічним складом електрода, захисного газу, густиною зварного струму і поточними характеристиками процесу. Розрізняють наступні основні способи переносу металу електрода: короткотривале замикання, краплеве і струменеве.

Перенос металу електрода за допомогою коротких замикань характеризується використанням електродного дроту діаметром 0,5-1,6 мм при напрузі на дузі 15-22 В. На всіх етапах процесу швидкісні характеристики подавання дроту електроду є постійними, а швидкість його плавлення змінюється.

У зварюванні з використанням захисних газів, зазвичай використовується зварювальний дріт діаметром до 3 мм. Через високу проплавляючу здатність дуги, вимоги до якості підготовки країв для зварювання є високими. Якість зварювання і формування кореня шва забезпечуються тими ж заходами, що й при зварюванні під флюсом або ручному дуговому зварюванні.

Для збереження розплавленого металу в зазорі може використовуватися зварювання на флюсовій або металевій підкладці. Відстань від сопла пальника до виробу зазвичай становить від 8 до 15 мм. При зварюванні тонколистового металу, електрод нахилиється відносно вертикалі на 20-30° у напрямку зварювання.

Отже, враховуючи специфіку різних способів зварювання та запропоновану конструкцію зварного виробу будемо застосовувати автоматичне дугове зварювання у захисному газі .

На основі вітчизняного і закордонного досвіду стало очевидним, що використання сумішей захисних газів замість вуглекислого є ефективним способом покращення процесу механізованого та автоматичного зварювання. Зміна складу газового середовища дозволяє досягти більшої ефективності процесу зварювання і покращити якісні показники зварювального з'єднання [7].

Найбільш перспективними є суміші аргону з окисними газами, такими як кисень і вуглекислий газ, оскільки вони комбінують високі зварювально-технологічні характеристики. Суміші $Ar+20-25\% CO_2$ і $Ar+20-30\% CO_2+3-7\% O_2$ забезпечують оптимальне поєднання зварювально-технологічних характеристик, ефективність виконання зварювальних робіт і якість зварних конструкцій.

Важливо відзначити, що суміш $Ar+CO_2+O_2$ має вищий окисний потенціал порівняно з сумішшю $Ar+CO_2$, що сприяє підвищеній стійкості швів проти утворення азотних пор. Тому цю суміш застосовують при зварюванні з'єднань зі збільшеним зазором, металу з окалиною або товстого металу за високих режимів з використанням дротів більшого діаметру. Також дане поєднання суміші газів доцільно застосовувати в умовах обмеженої захисної зони зварювання.

Порівняно зі зварюванням у вуглекислому газі, використання аргонних сумішей оптимального складу має декілька переваг, а саме [7]:

- зниження втрат електродного металу через розбризування в 3-4 рази;
- зменшення трудомісткості очищення металу від бризів в 8-10 разів;
- підвищення продуктивності праці зварників на 10-20% та поліпшення механічних властивостей зварного шва.

Крім того, це сприяє покращенню санітарно-гігієнічних та екологічних показників зварювального процесу. Серед недоліків зварювання в аргонних сумішах можна виділити збільшене світлове і теплове випромінювання зварювальної дуги та вищу вартість таких сумішей.

Для зварювання більшості широко використовуваних марок конструкційних, маловуглецевих і низьколегованих сталей можна використовувати стандартні зварювальні дроти, такі як Св-08Г2С і Св-08ГС, або їх закордонні аналоги, які використовуються для зварювання в CO_2 , сумішах $\text{Ar}+\text{CO}_2$ і $\text{Ar}+\text{CO}_2+\text{O}_2$. При зварюванні в сумішах $\text{Ar}+\text{CO}_2$ і $\text{Ar}+\text{CO}_2+\text{O}_2$, напруга дуги повинна бути на 2-3 В нижче, ніж при зварюванні у чистому CO_2 при тому ж зварювальному струмі.

Для зварювання сталей широко застосовується суміш Corgon 18, яка складається з 82% аргону та 18% вуглекислоти. Використання цієї зварювальної суміші на основі аргону замість чистої вуглекислоти дозволяє покращити якість з'єднання зваркою на наявному оснащенні без необхідності змінювати технологію. Застосування суміші Corgon 18 призводить до зменшення втрат металу внаслідок його бризок завдячуючи стабільному горінню зварної дуги при низьких густинах струму і струменевому перенесенню металу електроду у розплавленому стані. Варто зазначити, що при вмісті вуглекислого газу в суміші понад 20%, процес струминного перенесення є менш стабільним [13]. Характеристика суміші газів Corgon 18 приведена в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Характеристика технологічного інертного газу [7].

Захисний газ	$I_{зв}, \text{A}$	$U_{д}, \text{В}$	$Q, \text{кг/год}$	$Y, \%$
$82\% \text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$	200 – 210	24 – 25	3	3,8
	300 – 310	30 – 31	5,3	2,9

З метою поліпшення формування зварного шва і забезпечення стабільного процесу зварювання, будемо використовувати суміш Corgon 18 (Ar (82%) і CO_2 (18%)) в поєднанні з дротом Св08Г2С. Дана марка дроту застосовується для зварювання у будь-якому просторовому положенні. Зварювальний дріт має оптимальний хімічний склад з відповідним вмістом кремнію і марганцю, що сприяє отриманню металу з хорошою розкисленою структурою. Така структура

забезпечує високі механічні властивості і пластичність металу зварного шва. Хімісклад дроту Св08Г2С наведено в таблиці 2.2. [7].

Таблиця 2.2 – Хімічні компоненти дрiт-електроду Св08Г2С [7]

Вміст елементів, %						
С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			не більше			
0,05-0,11	0,70-0,95	1,8-2,1	0,20	0,25	0,025	0,03

З метою надання з'єднанню високих техніко-експлуатаційних міцнісних характеристик потрібно забезпечити якісне проварювання з'єднаних частин, відповідно необхідно провести розрахунок режимів зварювання. Розрахунок проводимо згідно літератури [5] згідно вибраного типу з'єднання, який вказано рис. 2.6. Згідно стандарту, при зварюванні в захисних газах, кутові з'єднання, в яких кутові елементи товщиною від 1 до 8мм, рекомендується зварювати однобічним або двобічним зварюванням без розробки кромки.

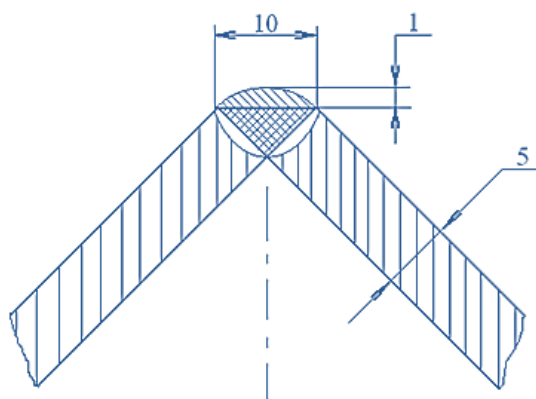


Рис. 2.6 – Схема кутового шва

Визначаємо глибину проплавлення:

$$h = 0,85K, \quad (2.1)$$

де K – катет шва, мм.

$$h = 0,85 \cdot 5 = 4,25\text{мм}$$

Площа наплавленого металу:

$$F_{\text{н.м}} = \frac{K^2}{2} + 1,05 K g, \quad (2.2)$$

де g – висота підсилення шва, мм.

$$F_{\text{н.м}} = \frac{25}{2} + 1,05 \cdot 5 \cdot 1 = 17,75 \text{мм}^2.$$

Діаметр електродного дроту вибираємо в залежності від товщини зварюваної деталі. При автоматичному зварюванні в суміші газів $\text{Ar} + \text{CO}_2$ діаметр повинен бути не менше 2мм.

Визначаємо силу зварювального струму:

$$I_{\text{зв.}} = \frac{h}{R_a} \cdot 100, \quad (2.3)$$

де h – розрахункова глибина проплавлення, мм;

R_a – коефіцієнт, який залежить від діаметру електрода ; $R_a = 1,55$.

$$I_{\text{зв}} = \frac{4,25}{1,55} \cdot 100 = 274,2$$

Приймаємо $I_{\text{зв}} = 275\text{А}$.

По розрахунковому значенню зварювального струму уточняємо значення діаметра електродного дроту:

$$de = 1,13 \sqrt{\frac{I_{\text{зв}}}{j}}, \quad (2.4)$$

де j – рекомендована густина струму, $\text{А}/\text{мм}^2$, $j = 90 \text{ А}/\text{мм}^2$

$$de = 1,13 \sqrt{\frac{275}{90}} = 1,97 \text{мм}$$

Приймаємо $de = 2\text{мм}$.

При $d_{\text{ел}} = 2\text{мм}$, виліт електрода становитиме: $l_{\text{ел}} = 25\text{мм}$.

Визначаємо напругу на дузі:

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot I_{\text{зв}}}{100 \cdot \sqrt{d_{\text{ел}}}} \pm 1\text{В}, \quad (2.5)$$

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 275}{100 \cdot \sqrt{2}} \pm 1 = 29.7 \pm 1\text{В}$$

Приймаємо, $U_{\text{д}} = 30\text{В}$.

Визначаємо швидкість подачі дроту:

$$V_{\text{п.ел}} = \frac{4\alpha_{\text{Н}} \cdot I_{\text{зв}}}{\pi d^2 \gamma}, \quad (2.6)$$

де $\alpha_{\text{Н}}$ – коефіцієнт наплавлення, $\alpha_{\text{Н}} = 13,5 \text{Г}/\text{А} \cdot \text{год}$

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

d – діаметр електрода.

$$V_{\text{п.ел}} = \frac{4 \cdot 13,5 \cdot 275}{3,14 \cdot 4 \cdot 7,8} = 151,58 \text{М}/\text{год}$$

Приймаємо $V_{\text{п.ел}} = 152 \text{М}/\text{год}$.

Визначаємо швидкість зварювання:

$$V_{\text{зв}} = \frac{A}{I_{\text{зв}}}, \quad (2.7)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметру дроту, $A = 10 \cdot 10^3$.

$$V_{\text{зв}} = \frac{10 \cdot 10^3}{275} = 36,6 \text{М}/\text{год}$$

Приймаємо $V_{\text{зв}} = 37 \text{М}/\text{год}$.

Визначаємо витрати захисного газу.

Враховуючи діаметр електродного дроту 2 мм приймаємо $V = 20 \text{л}/\text{хв}$.

Розраховані параметри режиму зварювання для автоматичного зварювання поздовжньої труби прямокутного профілю ГЦК, ГЦТ заносимо в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри режиму автоматичного зварювання під флюсом

параметри		значення
Струм зварювання,	А	260 – 290
Напруга на дузі,	В	29 – 31
Діаметр електродного дроту,	мм	2
Марка електродного дроту		Св08Г2с
Швидкість подачі електродного дроту,	м/год	152
Швидкість зварювання,	м/год	3 – 40
Товщина зварюваного металу,	мм	5
Довжина шва,	мм	2500
Витрати $\text{Ar}+\text{CO}_2$,	л/хв	20

2.2 Вибір і обґрунтування основного зварювального устаткування

Враховуючи конструктивні особливості зварного виробу та тип зварних з'єднань, а також запропонований спосіб зварювання та розраховані режими, зварювання будемо здійснювати за допомогою зварювального автомата. Зварювальний автомат призначений в основному для виконання двох основних операцій: подача електродного дроту в зону дуги та переміщення дуги по лінії зварного шва.

Вибір зварювального обладнання для автоматичного зварювання в захисних газах вимагає врахування різних факторів, а саме:

- підведення до електродного дроту і виробу зварювального струму. Джерело живлення повинно забезпечувати необхідний зварювальний струм для виконання процесу зварювання;
- подача електродного дроту. Вона повинна забезпечувати стабільну та регульовану подачу дроту з відповідною швидкістю плавлення, це допомагає досягти рівномірного і якісного зварного шва;

- захист зони зварювання. Обладнання повинно мати механізми для захисту зони зварювання від впливу повітря і може включати системи газового захисту, які забезпечують стабільне середовище захисного газу навколо зони зварювання.

Для автоматичного способу зварювання в газах застосовують універсальне та спеціалізоване обладнання. Універсальне обладнання здатне виконувати різні види зварювання, тоді як спеціалізоване обладнання призначене для конкретних видів зварювальних робіт. Зварювальний автомат повинен забезпечувати [5]:

- необхідний режим зварювання;
- підтримка постійного та стабільного режиму в процесі зварювання;
- безперебійна подача дроту;
- надійний захист рідкої зварювальної ванни;
- мати надійну і просту систему керування.

Для оптимального вибору обладнання необхідно враховувати його експлуатаційні та техніко-економічні показники.

Враховуючи вище згадані вимоги вибираємо зварювальний автомат типу АДГ-630 (рис. 2.7). Характеристика апарату приведена в табл. 2.4 [8].

Автомат зварювальний АДГ-630 призначений для автоматичного зварювання та наплавлення електродним дротом у середовищі захисних газів, зокрема маловуглецевих та низьколегованих сталей, на постійному струмі. Він забезпечує як одношарове, так і багатшарове зварювання і використовується для різних видів з'єднань. Даний автомат може здійснювати зварювання стикових з'єднань з обробкою і без обробки кромки, напусткових і кутових з'єднань. Він може працювати як всередині, так і поза колією автомата, а також здійснювати зварювання кутових з'єднань "в човник". Зварювальні шви можуть мати як прямолінійну, так і кільцеву форму. Автомат може переміщатися безпосередньо по виробу, який зварюється, або поруч з ним. Також він може пересуватися по укладеній напрямній профільній лінійці, що забезпечує точність та контрольованість процесу зварювання. АДГ-630 комплектується пальником з повітряним охолодженням або пальником з водяним охолодженням. Це забезпечує

ефективне охолодження пальника під час тривалого зварювання і допомагає підтримувати стабільну роботу обладнання. Загальний опис та характеристики АДГ-630 свідчать про його придатність для автоматичного зварювання в захисних газах з високою якістю та контролем над процесом.

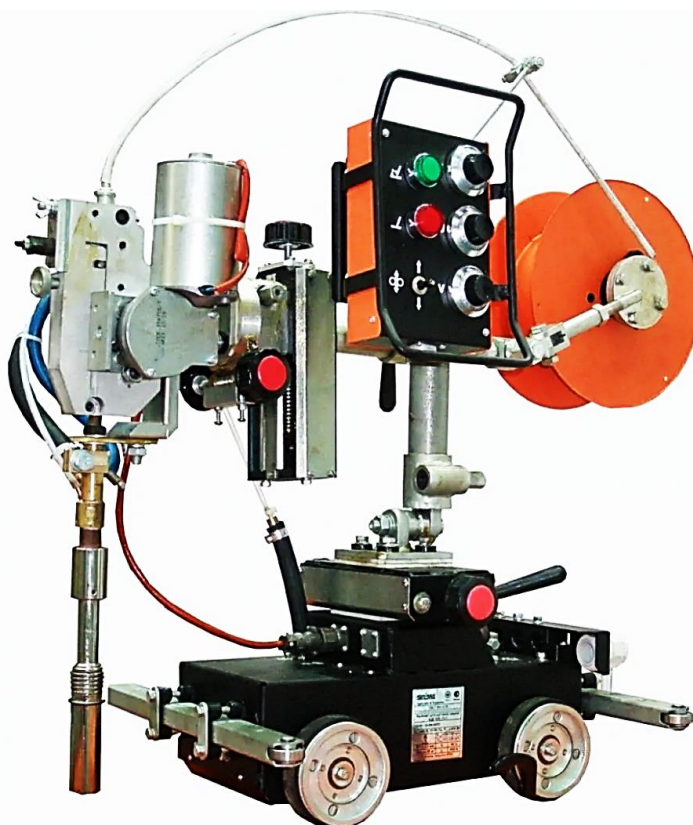


Рис. 2.7 – Зварювальний автомат АДГ – 630

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика автомата АДГ – 630 [8]

Найменування параметра	Значення
Напруга живильної мережі, В	3x380
Номінальний зварювальний струм, А (при ТВ, %)	630(100%)
Межа регулювання зварювального струму, А	визначається джерелом живлення
Межі регулювання швидкості зварювання, м/год.	12 – 120
Швидкість подачі дроту, м/год	120 – 720
Межі регулювання часу розтяжки дуги, с	0,1 – 1,2
Межі регулювання часу виключення подачі газу, с	0,5 – 0,7
Витрати захисного газу л/год	1500
Діаметр електродного дроту, мм	1,2 ... 3,2
Маса, кг	32
Габарити, мм, не більш	680x385x670

Джерело живлення автомата, повинно відповідати декільком вимогам для забезпечення якісного процесу зварювання:

- забезпечення необхідної величини сили струму і напруги на дузі, відповідно до вимог технологічного процесу.
- мати жорсткий тип зовнішньої характеристики, що забезпечує стабільне горіння дуги.
- можливість налаштування на необхідний режим зварювання.
- динамічні властивості, які забезпечують нормальне збудження дуги.

Зварювання автоматом АДГ-630 виконується на постійному струмі зворотної полярності, оскільки при прямій полярності спостерігається значне розбризкування розплавленого електродного металу навіть при малих струмах, що може негативно вплинути на якість зварного з'єднання. З врахуванням вище згаданих факторів будемо застосовувати зварювальний випрямляч типу КИГ-601 (рис. 2.8). [9]

Технічну характеристику джерела живлення КИГ-601 приведено в табл. 2.5.



Рис. 2.8 – Загальний вигляд КИГ-601 [9]

Таблиця 2.5 – Технічна характеристика КИГ-601 [9]

Параметр	Значення
Номінальна напруга мережі живлення, В	380
Частота мережі живлення, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А:	
ПВ 100%	480
ПВ 80%	540
ПВ 60%	630
Межі регулювання зварювального струму, А	60 – 630
Межі регулювання робочої напруги, В	17 – 46
Кількість ступенів регулювання робочої напруги	50
– перший діапазон	5
– другий діапазон	10
Номінальна споживана потужність, кВА	46
Напруга холостого ходу, В	60
Маса, кг	290
Габаритні розміри, мм	740 × 590 × 952

2.3 Вибір методу контролю якості

При контролі якості зварної конструкції необхідно враховувати такі фактори, як техніко-економічна ефективність, зручність проведення робіт та здатність виявити всі можливі дефекти, що виникають під час зварювання. Вибір методу контролю залежить від габаритних розмірів конструкції, типу матеріалу, товщини металу та призначення конструкції [10].

Таким чином, при виборі методу контролю необхідно ретельно розглянути всі ці фактори і вибрати той метод, який буде оптимальним з погляду витрат часу, зусиль та коштів, забезпечуючи при цьому надійне виявлення всіх можливих дефектів. [10].

При виготовленні даного виробу, відповідно поставлених технічних вимог, потрібно провести відповідність якості використовуваних матеріалів, а саме основного металу, зварювального дроту та захисних газів. Виконується перевірка відповідності сертифікатних даних вимогам технологічного процесу зварювання.

Матеріали оглядаються і додатково перевіряються їх якість згідно з нормативною документацією [17].

Перевірка зварюваності вихідних матеріалів проводиться перед прийняттям рішення щодо застосування відповідних матеріалів у реалізованій конструкції. Наступна перевірка регламентує ймовірні зміни розмірів основного матеріалу і зварного дроту відносно даних сертифікату. Такі відхилення можуть негативно позначитися на зварюваності. Для забезпечення необхідних властивостей і відповідних якісних показників отримуваної продукції необхідно застосовувати якісне та надійне оснащення. Його технічну здатність необхідно підтримувати проводячи планове періодичне технічне обслуговування згідно заданих виробником правил експлуатації. У зварних автоматах та апаратах необхідно періодично проводити перевірку регулювальних механізмів, справність контрольних показників і приладів, цілісність проводів для струму, стан закріплюючих контактів і струмопроводників. Під час зварки у середовищі захисних газів необхідно контролювати стан газових редукторів, каналів для подачі газу, пальників, газозахисних пристроїв.

Під час контролю якості зварної конструкції проводяться різні етапи, що включають спостереження, кваліфікацію операторів та зовнішній огляд.

Спостереження за режимом зварювання, газовим захистом дуги та положенням валиків здійснюють візуально з використанням приладів, а також оцінюють зовнішній вигляд зварного шва. Це дозволяє вчасно виявляти можливі дефекти. Крім того, кваліфікацію операторів рекомендується проводити на відповідних переходах процесу зварки шляхом регулярної атестації та паспортизації збирачів, зварювальників та дефектоскопістів.

Зовнішній огляд використовують для перевірки якості підготовки та складання заготовок під зварювання, виконання швів під час зварювання та готових зварних швів. Цей метод контролю є достатньо інформативним, економічним та оперативним. Він дозволяє виявити тріщини, подрізи, пропалі, напливи, непровари основи шву і зварюваних кромок і дати відповідну оцінку дефектних швів, розподілення лускатості і матеріалу у плані посилення шву, значення

проплавлення. Візуальне зображення поверхневого шва формується способом і видом зварки, маркою металу і умовами зварювання. Зварні шви можуть прийматись на вигляд порівняно із контрольними еталонними зразками. Конструктивні параметри вихідних заготовок і їх шовних значень встановлюють відповідними вимірними пристроями і шаблонами. Після візуального огляду місць зварки доцільно застосовувати контрольні заходи для встановлення наявних внутрішніх порожнин та інших можливих відхилень від еталону.

Для встановлення відповідності зварного шва якісним показникам рекомендується використовувати шаблони, які наведені на рис. 2.9-2.10 та мають відповідні технічні характеристики, зазначені в таблицях 2.6-2.7 відповідно.

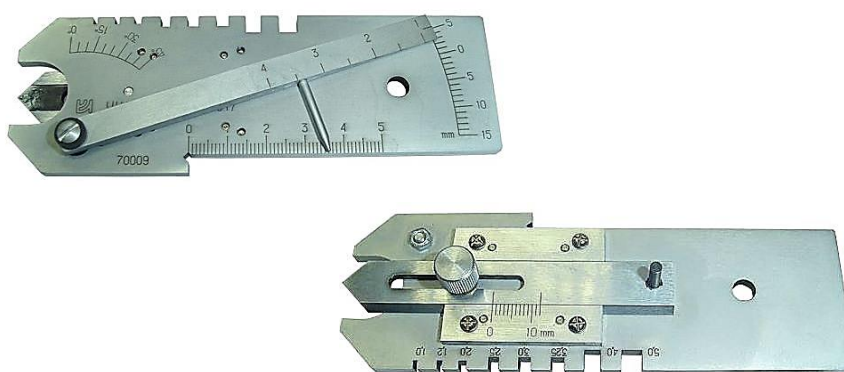


Рис. 2.9 - Шаблон УШС-4 [11]

Таблиця 2.6 – Характеристика шаблону УШС-4 [11]

Контрольований параметр	Діапазон вимірювання, мм	Ціна поділки, мм	Похибка, мм
глибина дефектів (вм'ятин, забоїн)	0-15	1	± 0,5
глибина оброблення шва до кореневого шару	0-15	1	± 0,5
перевищення кромки	0-15	1	± 0,5
висота посилення шва	0-5	1	± 0,5
висота валика посилення	0-10	1	± 0,5
величина притуплення шва	0-50	1	± 0,5
ширина шва	0-50	1	± 0,5
величина зазору між зварюються деталями	0,5-4	0,5	± 0,25
кут скосу кромки	0° -45°	5°	± 2,5°
висота катета кутового шва	0-10	1	± 0,5
опуклість кореня шва стикового з'єднання	0-10	1	± 0,5

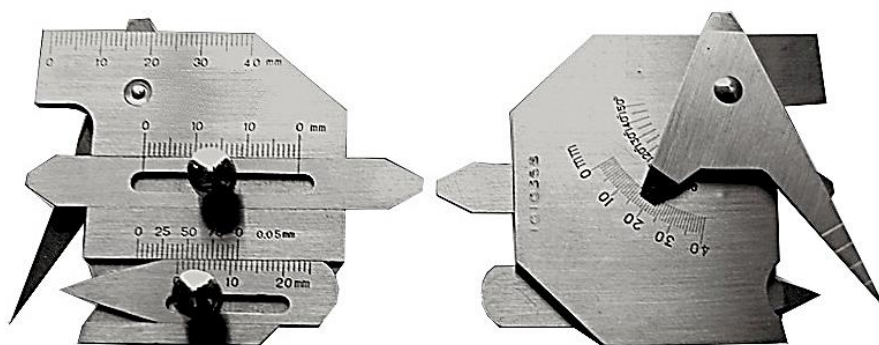


Рис. 2.10 - Шаблон WG-2 [11]

Таблиця 2.7 – Характеристика шаблону WG-2 [11]

Функція	Діапазон	Похибка
Використання як лінійки	0-40 мм	±0,1 мм
Вимірювання зсуву	0-15 мм	±0,2 мм
Вимірювання кута кромки	80-160°	±30'
Вимірювання величини зазору	0-6 мм	±0,1 мм
Вимірювання висоти стикового шва	0-15 мм	±0,2 мм
Вимірювання кутового шва	0-15 мм	±0,2 мм
Вимірювання висоти кутового шва (катет)	0-15 мм	±0,1 мм
Вимірювання ширини шва	0-60 мм	±0,1 мм

Для виявлення внутрішніх дефектів зазвичай застосовують метод ультразвукової дефектоскопії. Даний контроль характеризується значним набором способів, застосовуваних частот і хвиль. Ехо-метод є найбільш поширеним методом ультразвукового контролю для перевірки більш як 82% металевих сортamentу. Даний принцип контролювання мусить забезпечувати виявлення різноманітних дефектів, зокрема тих, що можуть негативно впливати на дотримання виробничої безпеки.

Для проведення контрольних заходів із застосуванням ультразвукових коливань поряд із дефектоскопом і різноманітних перетворювачів необхідно використовувати контрольні шаблони для встановлення робочих режимів обладнання, рідини для контактних поверхонь, розприскувачі для нанесення даних

рідин, засоби для їх видалення, металеву лінійку, засоби для фіксації результатів і засоби для нанесення розміток на контрольованій поверхні.

Досліджувана поверхня підлягає попередній підготовці. Для цього необхідно забезпечити її шорсткість за контактним способом з прямим перетворювачем становить 10-20 мкм, а з похилим перетворювачем - 20-40 мкм. Якщо вироби мають грубу поверхню, рекомендується проводити контроль в умовах зниження робочих частот та використовувати більш густі контактні рідини, такі як редукторні масла і гліцерин. В нашому випадку у контрольних заходах доцільно застосовувати ультразвуковий дефектоскоп мод. А1214 ЕКСПЕРТ (рис. 2.11).



Рис. 2.11 - Ультразвуковий дефектоскоп А1214 ЕКСПЕРТ [12]

2.4 Опис запропонованого технологічного процесу

Виробництво труб прямокутного профілю 100×50×5 призначених для виготовлення рамних конструкцій машин ГЦК та ГЦТ включає в собі реалізацію багатьох технологічних операцій. Схема реалізації технологічного процесу приведена на рис. 2.12.

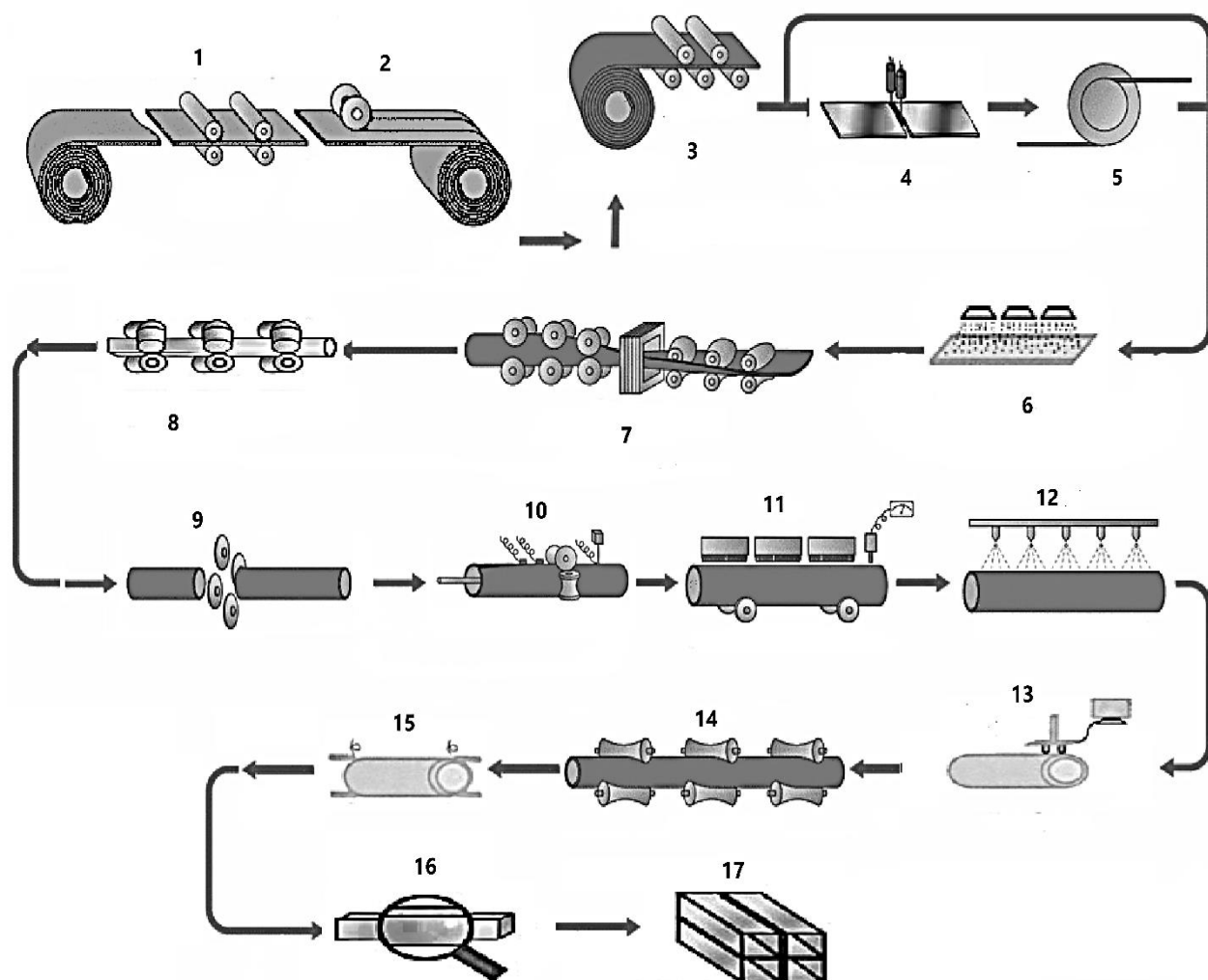


Рис. 2.12 – Схема реалізації технологічного процесу

Розглянемо кожну операцію запропонованого технологічного процесу.

На «1» позиції реалізується виправлення листового рулонного прокату, який поступає на виробництво із заводу-постачальника. Пер виконанням даної операції прокат перевіряють відповідно до встановлених вимог, що описані в частині 1 даної роботи. Правлення прокату здійснюють за допомогою листопривильної машини MG SP 2565 (рис. 2.13). Такий тип машин оснащений 11 правильними роликми, які можна регулювати в залежності від товщини листового прокату і величини деформацій.



Рис. 2.13 – Машина для виправлення листового прокату MG SP 2565 [13]

Після виправлення метал поступає на поз.2 де здійснюють різання листа на стрічки певної ширини. Для реалізації даної операції застосовують агрегати для повздовжнього різання типу СавВАТС (рис. 2.14). Характеристика даного агрегату приведена в табл. 2.8.



Рис. 2.14 - Агрегат повздовжньо різання СавВАТС [14]

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика агрегату повздовжнього різання СавВАТС

Товщина чорного металу	3 – 8 мм.
Ширина рулону	до 1500 мм.
Ширина кроку	від 60 мм.
Вага рулону	до 15 т.
Мін. внутрішній діаметр рулону	560 мм.

З позиції різання штрипс (стрічка) поступає на операцію виправлення (поз.3). Виправлення штрипсу здійснюють за допомогою листопривальної машини рис. 2.13. Виправлений штрипс поступає на операцію (поз.5) накопичувача рис. 2.15. Штрипс між собою з'єднується перед накопичувачем за допомогою електродугового зварювання (поз.4).



Рис. 2.15 – Горизонтальний спіральний накопичувач [14]

Він представляє собою барабан (рис.2.15), що складається з кіл різних діаметрів. Діаметр зовнішньої сторони більшого розміру, ніж внутрішній. На зовнішній бік намотується стрічка. Одночасно з цим процесом відбувається її транспортування із зовнішньої на внутрішній бік, звідки і подається у формуючий пристрій. Завдяки більшому радіусу зовнішньої сторони барабана, при завершенні стрічки на ній утворюється запас, який дозволяє в цей час провести заміну та зварювання кінця попереднього та початку наступного рулону без зупинки подачі стрічки в прокатний стан. Для запобігання вислизуванню стрічки накопичувач обладнаний блоками роликів притисків. Привід притиску та звільнення стрічки пневматичний.

З накопичувача стрічка проходить через дробоструменевий пристрій наскрізного типу мод. SK-1 ÇETİNGİL (рисунок 2.16), в якому відбувається очищення її поверхні від забруднення (поз.6).



Рис. 2.16 – Дробеструменевий пристрій наскрізного типу мод. SK-1 ÇETİNGİL [15]

Після очистки стрічка поступає на поз. 7 де за допомогою прокатного стану 219 TUBE MILL. (рис. 2.17) здійснюють формування круглої труби шляхом проходження через ряд формувальних роликів.



Рис. 2.17 – Формувально-прокатний стан 219 TUBE MILL [16]

Після формування заготовки труби на поз.7, заготовка подається на операцію на операцію калібрування поз. 8. Калібрування проводять за допомогою верстата (рис. 2.18) шляхом через вальці верстата. З їх допомогою досягаються задані геометричні характеристики та вирівнювання після попередніх операцій. Вальці деформують трубу до необхідної форми кілька етапів.



Рис. 2.18 – Верстат для калібрування профільної труби [16]

Після відкалібрування труба поступає на поз. 9 де проводять її різання на необхідні мірні довжини за допомогою відрізного верстату (рис. 2.19). Різання труб здійснюється за допомогою пересувного відрізного пристрою. Пристрій переміщується зі швидкістю, що дорівнює швидкості переміщення труби, паралельно з нею. Під час цього відбувається різання на частині довжиною 6 м пиляльним диском із зовнішнім діаметром 500 мм, товщиною 2,5 мм, кількістю зубів - 216. Допустиме відхилення від заданого значення довжини становить ± 3 мм. У процесі різання відбувається охолодження місця різання змащувальною охолоджуючою рідиною на основі води.

Порізана труба на розмірні величини поступає на операцію зварювання (поз.10). Зварювання здійснюють за допомогою автоматичного зварювання в

захисних газах. Режими та обладнання для реалізації даної операції приведені в пункті 2.1 та 2.2 цього розділу.



Рис. 2.19 – Відрізний верстат [16]

З позиції зварювання труба поступає на операцію техпроцесу є відпалювання зварного шва (поз.11), після чого вона поступає на операцію охолодження (поз.12). Після цього проводять ультразвукову дефектоскопію зварного шва (поз.13) та контрольні вимірювання шва. Дефектоскопію проводять за допомогою дефектоскопа А1214 ЕКСПЕРТ, а вимірювання геометричних параметрів за здійснюють допомогою шаблонів зварника (пункт 2.3). При виявленні дефектів здійснюють їх виправлення за допомогою напівавтоматичного електродугового способу зварювання.

Після проведення контрольних операцій труба поступає на операцію виправлення (поз.14) з якої поступає на поз.15 підрізання та оброблення торців.

Заключними операціями запропонованого техпроцесу є візуальний контроль (поз.16) та складування (поз.17). Ці операції реалізуються наступним чином: готові вироби потрапляють на стіл прийому готової продукції де проводять візуальний контроль, після чого здійснюють складування продукції в один бік.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір зварювальних пристосувань та опис їх роботи

Зварювання труб прямокутного профілю $100 \times 50 \times 5$ призначених для виготовлення рамних конструкцій машин ГЦК та ГЦТ здійснює в спеціалізованій установці. Дана установка (рис. 3.1-3.2) складається із кондуктора який розташований на рухомих візках та зварювального автомата.

Принцип роботи установки полягає в тому, що сформована заготовка профільної труби на попередніх операціях (див. пункт 2.4), встановлюється в кондуктори, які розміщені на пересувних візках. В даних кондукторах заготовка труби встановлюється в необхідне, для зручного виконання зварного шва, положення і фіксується за допомогою спеціальних затискних пристроїв. Після цього перевіряється відповідність сформованого на попередніх операціях зазору стика зварного кутового шва. Це здійснюють за допомогою спеціального пересуваного щупа.

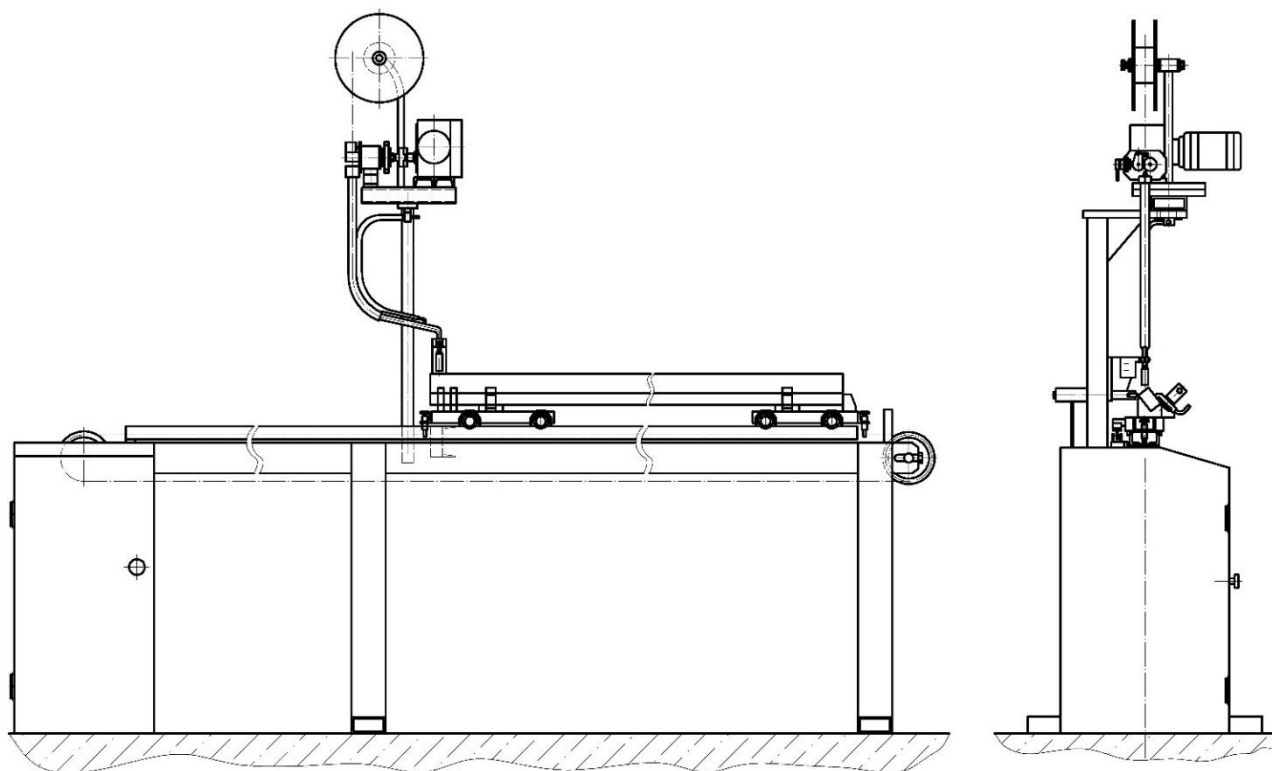


Рис. 3.1 – Загальна схема зварювальної установки

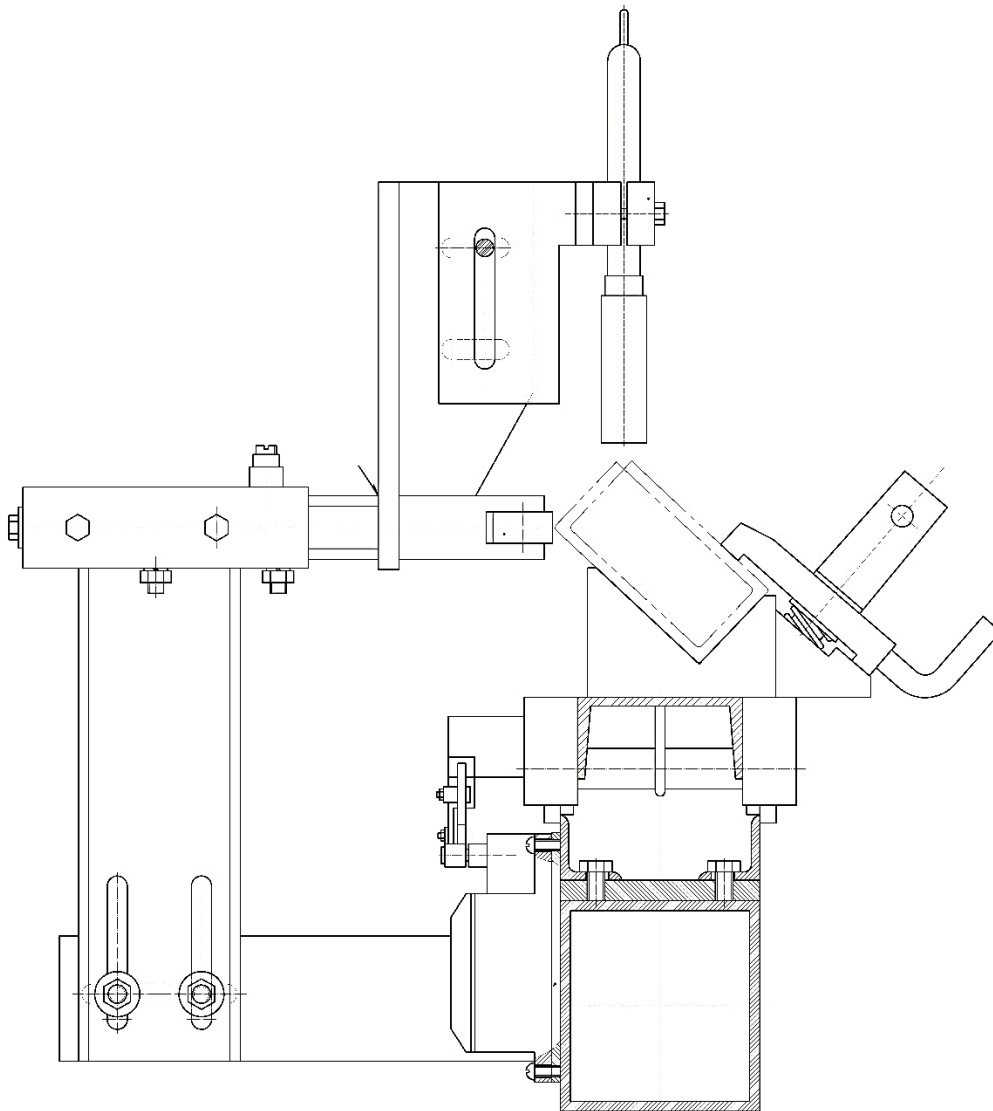


Рис. 3.2 – Схема орієнтації труби на установці в процесі зварювання

Після цього вмикається зварювальний автомат А630, який розташований на спеціальній висувній штанзі. Штанга може здійснювати переміщення тільки в поперечному напрямку відносно стика труби. Наступним вмикається механізм переміщення привідного візка кондуктора. Одночасно із переміщенням кондуктора із зварним виробом здійснюється опускання зварювальної головки і розпочинається процес зварювання. Механізм переміщення візка з кондуктором переміщується по напрямним із заданою швидкістю зварювання.

Дана установка дозволяє зварювати прямокутні трубні профілі довільних розмірів поперечного перерізу і довжиною до 6 м. Після завершення процесу

зварювання зварна труба звільняється із кондуктора. Кондуктор повертається в початкове положення, і так процес продовжується.

3.2 Перевірочний розрахунок міцності конструкції

Під час виробництва вузлів великотоннажного домкрата використовуємо напусткові та таврові з'єднання. Розрахуємо на міцність властивість кутових швів з катетом 5мм і довжиною швів 2000 мм.

Розрахунок на міцність зварних з'єднань будемо проводити згідно літератури [17]:

Кутові зварні шви розраховують на зріз:

$$\tau = \frac{P}{F} \leq [\tau'] \quad (3.1)$$

де P – перерізуюча сила, Н;

F – площа поперечного перерізу шва, м²;

Площа поперечного перерізу шва

$$F = h_p \cdot l, \quad (3.2)$$

де h_p – товщина шва, м;

$$h_p = \beta \cdot k, \quad (3.3)$$

де k – катет шва, мм;

β – коефіцієнт, для напівавтоматичного зварювання $\beta = 0.8$;

l – довжина швів;

$$h_p = 0.8 \cdot 5 = 0.004 \text{ м.}$$

$$F = 0.004 \cdot 3000 = 12 \text{ мм}^2 .$$

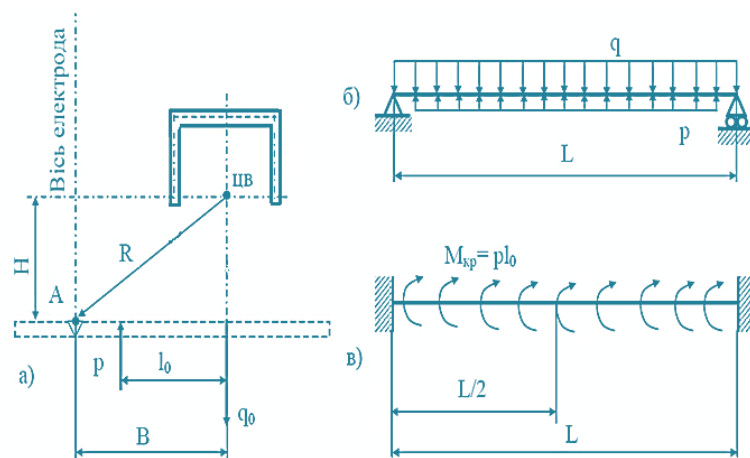
$[\tau^*]$ – допустиме дотичне напруження, МПа

$$[\tau^*] = 0.6 \cdot [\sigma^*], \quad (3.4)$$

$$[\tau^*] = 0.6 \cdot 410 = 246 \text{ МПа.}$$

3.3. Розрахунок опорного швелера установки

Рама зварювальної установки складається із багатьох елементів. Основу рами на які встановлюються всі ці елементи виготовляють із швелера. Крім несучаї здатності основи установки, швелер ще виконує функцію на якому встановленні направляючі для переміщення візків із виробом. Тому основа установки повинна мати надійну жорсткість та міцність. Тому проведемо розрахунок швелера основи установки згідно міцнісно-жорсткісних характеристик. Дані розрахунки проведемо задаючись умовою не перевищення значення пружної деформації швелера щодо допустимого значення, яке визначається точнісними положеннями конструктивних частин пристрою. Розрахункова схема опорного швелера показана на (рис. 3.3). Розрахунок проводимо згідно джерела [17].



а – схема сил в поперечному перерізі швелера ; б – згинання швелера;
в – кручення швелера

Рис. 3.3- Схема навантаження опорного швелера

Згинання швелера від дії рівномірно – розподіленого навантаження

$$q = q_0 + p + q_1, \quad (3.5)$$

$$q = 142 + 104 + 490 = 736 \text{ Н/м}$$

де q_0 – розподілене навантаження від власної ваги швелера, Н/м;

q_1 – розподілене навантаження від ваги труби, Н/м;

p – розподілена сила від візка, Н/м.

Найбільший згинальний момент буде посередині прольоту швелера

$$M_3 = \frac{q \cdot L^2}{8}, \quad (3.6)$$

$$M_3 = \frac{736 \cdot 3^2}{8} = 828 \text{ Н/м}$$

Максимальні напруження від згинального моменту

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W} \leq [\sigma] \quad (3.7)$$

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W} = \frac{M_3}{\sigma_3} = \frac{828}{160} = 5,2 \text{ МПа}$$

Максимальний прогин швелера посередині прольоту

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}. \quad (3.8)$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{736 \cdot 3^4}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 747 \cdot 10^{-8}} = 0,0005 \text{ м.}$$

Проведений розрахунок підтверджує правильність вибору основи установки.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Захист населення в надзвичайних ситуаціях

Захист людей (населення) у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу – одне з головних завдань цивільної оборони.

Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру – це система організаційних, технічних, медико – біологічних, фінансово – економічних та інших заходів для запобігання та реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру і ліквідації їх наслідків, що реалізується центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, відповідними силами та засобами підприємств, установ та організацій, незалежно від форм власності й господарювання, добровільними формуваннями і спрямовані на захист населення і території, а також матеріальних і культурних цінностей та довкілля [18]. Захист населення – це створення необхідних умов для збереження життя і здоров'я людей у надзвичайних ситуаціях.

Головна мета захисних споруд – уникнути або максимально знизити ураження населення.

До системи захисту населення і територій, що проводяться в держави у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій належать:

а) інформація та сповіщення, спостереження і контроль, укриття в захисних спорудах, евакуація, інженерний, медичний, психологічний, біологічний, економічний, радіаційний і хімічний захист, індивідуальні засоби захисту, самодопомога, взаємодопомога в надзвичайних ситуаціях, [18].

У питаннях захисту населення і території від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру громадяни мають право на:

а) забезпечення та використання засобів колективного й індивідуального захисту, які призначені для захисту населення від надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;

б) звернення до місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування з питань захисту від надзвичайних ситуацій;

в) відшкодувань збитків, згідно із Законом, заподіяних їхньому здоров'ю та майну внаслідок надзвичайних ситуацій;

г) компенсацію за роботу в зонах надзвичайних ситуацій;

д) соціально – психологічну підготовку та медичну допомогу;

е) інші права у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру відповідно до законів України [18].

Укриття населення в захисних спорудах є надійним засобом захисту від уражаючих факторів ядерної, хімічної, бактеріологічної, звичайної зброї, у разі аварій і деяких стихійних лих (ураганів, снігових заносів). Укриттю в захисних спорудах у надзвичайних ситуаціях підлягає все населення України. Потреби в захисних спорудах (рис. 4.1) визначають, виходячи з необхідності укриття всіх працюючих за місцем роботи і проживання, усього непрацюючого населення за місцем проживання [18].

Обсяг та характер захисних заходів визначається особливостями окремих районів та промислових об'єктів, ситуацій, яка може виникнути в результаті аварії на атомній електростанції, хімічно небезпечному об'єкті, а також в разі застосування одержаної хімічної або бактеріологічної зброї та звичайних військових засобів ураження.

Планується та проводиться у комплексі три основні заходи захисту людей:

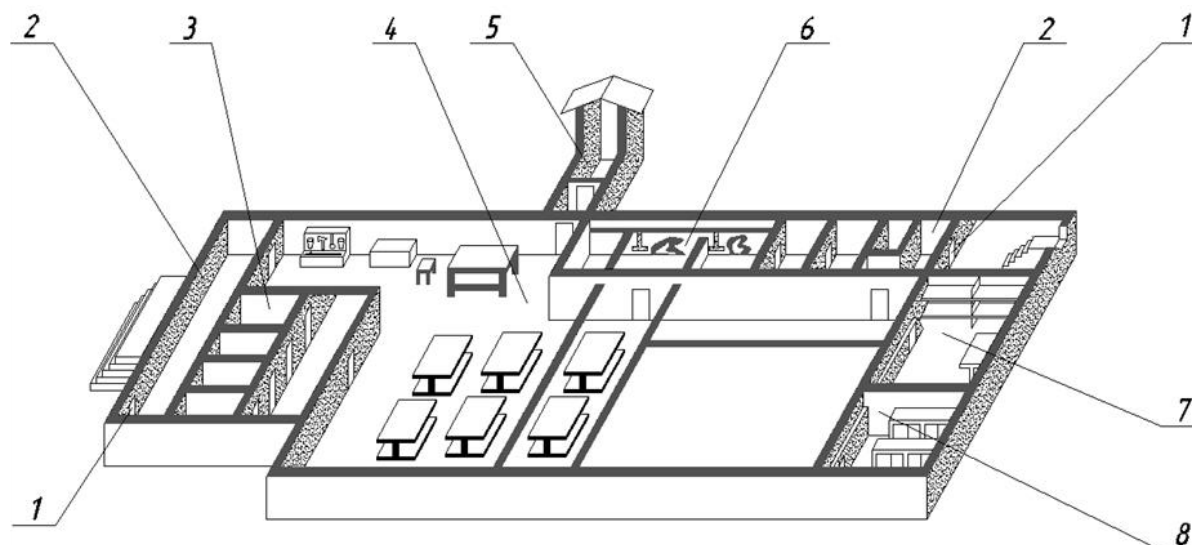
а) укриття людей в захисних спорудах;

б) розселення у заміській зоні робітників та службовців підприємства;

в) використання працюючих засобів індивідуального захисту та медичних засобів.

Крім цього організовується та проводиться обов'язкове навчання працюючих заходам захисту. Передбачається оповіщення працівників про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний час. Проводиться радіаційна, хімічна та біологічна розвідка, встановлюється режим захисту працюючих та службовців, дозиметричний і лабораторний контроль. Плануються профілактичні,

протипожежні, протиепідемічні заходи, рятувальні і інші невідкладні роботи в осередках ураження, санітарна обробка, знезараження споруд і техніки, території.



1 – захисні герметичні двері; 2 – шлюзові камери; 3 – санітарно побутові відсіки; 4 – основні приміщення для розміщення людей; 5 – галерея і оголовок аварійного виходу; 6 – фільтровентиляційна камера; 7 – медична кімната; 8 – комора для продуктів.

Рис. 4.1 – План укриття

4.2 Оцінка запропонованого технологічного процесу з умов техніки безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки

Розглянутий вище спосіб зварювання потребує дотримання визначного комплексу правил охорони праці, які знайшли відображення в технологічному процесі і суворо дотримуються при виконанні зварювальних робіт. При виконанні робіт на зварювальному автоматі, який призначений для зварювання труб прямокутного профілю з метою охорони праці всі технологічні процеси виконуються згідно вимог інструкції з безпечної експлуатації устаткування [19]:

- 1) вимоги техніки безпеки до експлуатації устаткування;
 - а) устаткування повинно бути заземлено. Заземлені повинні бути джерела живлення і шафи керування;
 - б) при роботі і ремонті устаткування існують джерела небезпеки:

- електричний струм;
- механічна дія;

в) забороняється допускати до ремонту сторонніх працівників;

г) при ремонті устаткування використовують тільки справний інструмент;

2) перед початком роботи устаткування зварник – оператор проводить технічний огляд устаткування:

а) перевірити комплектацію зварювального апарату;

б) виконати, при необхідності, змащування ходової частини;

3) під час роботи устаткування, необхідно дотримуватись таких вимог з техніки безпеки і слідкувати за:

а) витіканням води і температурою води в системах охолодження;

б) струмопередаючими деталями вторинного контура;

в) кількістю мастила на деталях, які труться;

г) станом різьбових з'єднань;

д) станом насосної установки згідно її експлуатаційним документам;

е) не доторкатись і не перевіряти руками місця ходової частини при роботі устаткування;

ж) не проводити підтягування різьбових з'єднань під час роботи устаткування;

При роботі на зварювальному автоматі, забороняється:

а) доторкатись до струмоведучих частин і електроустаткування ;

б) працювати при несправностях в одному із механізмів;

в) знаходитись стороннім предметам в зоні рухомих частин машини.

По закінченні роботи, необхідно вимкнути на зварювальний автомат від мережі і джерела живлення.

Заходи боротьби з несправностями машини і їх попередженнями:

а) періодично змащувати поверхні, які труться, не рідше одного разу на місяць;

б) місце де зварювальні роботи повинно бути просторовим і освітленим;

в) ремонт електроустаткування дозволяється проводити бригаді чисельністю не менше двох чоловік, із яких один має кваліфікаційну групу з техніки безпеки не нижче четвертої, при цьому використовувати тільки відповідний інструмент;

г) місце де буде виконуватися зварювання повинно бути чистим і охайним, загороджене огорожею;

д) періодично проводити профілактичний огляд електроустаткування не рідше одного разу в місяць;

е) для захисту очей від бризків розплавленого металу зварювальної ванни, зварник – оператор який обслуговує автомат повинен мати захисний щиток;

ж) для захисту тіла від попадання бризків розплавленого металу зварювальної ванни, зварник – оператор повинен мати спецодяг із брезентової тканини;

з) для захисту рук і ніг – брезентові рукавиці, черевики на гумовій підшві, на підлозі перед зварювальним автоматом повинен лежати гумовий килимок;

і) для забезпечення нормального повітряного середовища має працювати місцева вентиляція;

к) освітлення робочої зони на робочому місці досягається за допомогою природного і штучного освітлення.

Правилами техніки безпеки категорично забороняється доторкатись до струмоведучих частин устаткування, не дозволяється відкривати двері шаф і джерела живлення під час роботи устаткування. Найбільша небезпека виникає при випадковому контакті з елементами первинного контуру джерела живлення, який знаходиться під напругою 380В, чи у випадку прибирання, чи замикання обмотки на вторинний виток зварювального випрямляча. Для попередження від ураження струмом, вторинний виток і корпус джерела живлення надійно заземлюють.

Всі органи керування – кнопки, регулятори, рубильники живляться напругою 80 В.

Причини пожеж, які можуть виникнути при зварюванні труб прямокутного профілю можуть бути різноманітними:

а) недотримання вимог і експлуатації промислового устаткування;

б) куріння працівників в забороненій зоні.

При автоматичному зварюванні джерелом пожеж можуть бути бризки розплавленого металу зварювальної ванни. В місці, де проходить зварювання не повинно бути легкозаймистих предметів і матеріалів.

В дільниці де виготовляється виріб, для швидкої ліквідації пожеж, які можуть виникнути, є засоби пожежегасіння: пожежний щит, вогнегасник, лопата, відро, сокира і ящик з піском.

Виходячи із вищесказаного можна зробити висновок, що при автоматичному зварюванні труб прямокутного профілю спроектований технологічний процес задовольняє вимогам електробезпеки і пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процесу виготовлення труб прямокутного профілю $100 \times 50 \times 5$, призначених для виготовлення рамних конструкцій машин. Процес ґрунтується на комплексному підході щодо ефективної реалізації кожної технологічної операції з метою підвищення ефективності виробництва та якості конструкції виробу. На основі проведеного аналізу існуючих технологій виготовлення труб та вимог до їх виготовлення було запропоновано оптимізацію параметрів та умов виконання операцій технологічного процесу, зокрема операцій, що включають складально-зварювальні процеси. Це дозволить підвищити якість виконання робіт та зменшити трудові і матеріальні затрати і забезпечити необхідні якісні та експлуатаційні показники конструкції виробу.

В роботі запропоновано використання сучасного обладнання та устаткування для реалізації кожної технологічної операції, а також розроблено конструкцію зварювальної установки. Передбачено захист людей (населення) у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу, а також проведено оцінку запропонованого процесу з умов техніки безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кривов Г.О Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К.: КВІЦ, 2012. – 896с.
2. ДСТУ 8940:2019 Труби сталеві профільні. Технічні умови.
3. http://www.s-metall.com.ua/spravochnik_stalej.html
4. Квасницький В.В. Теорія зварювальних процесів. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів при зварюванні. Навчальний посібник. - Миколаїв. УДМТУ, 2002. - 181с.
5. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов. - М.: Машиностроение, 1974 – 768 с.
6. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. – К.: Основа, 2021. – 400 с.
7. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник / О.М. Костін – Миколаїв: НУК, 2004. – 225 с.
8. Биковський О.Г. Довідник зварника [Текст]: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
9. <https://kzeso.com/en/>
10. Карпаш М.О. Методи контролю стану робочих поверхонь: конспект лекцій / М.О. Карпаш, А.В. Яворський. – Івано-Франківськ: Факел, 2007. – 228 с.
11. <http://standart-m.com.ua/izmeritelnyj-instrument/shablony-svarchshika>
12. <https://укрприбор.com.ua/ua/p46504208-defektoskop-ultrazvukovoj-portativnyj.html>
13. <https://cnc-machine.by/p73190887-listopravilnyj-stanok-2565.html>
14. <https://savvats.com.ua/mp/poslugi/pozdovzhno-poperechna-rizka-metalu>
15. <https://svartech.com.ua/ua/p1116531029-drobestrujnaya-ustanovka-prohodnogo.html>
16. <http://ua.sinorolling.com/metallurgical-steel-equipment/welded-pipe-making-machine/219-tube-mill-line.html>

17. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві .-К.: Арістей, 2005. – 268с.
18. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Під ред. Я.Г. Бедрія. – Львів.:1997. – 275с.
19. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. – К.: Основа, 2010. – 240 с.
20. Жидецький В. Ц., Джиги рей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Підручник.- Видавництво 5-те, доповнене. – Л.: Афіша, 2000. -350 с.