

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Удосконалення технологічного процесу виготовлення рамних
конструкцій з дослідженням методу розкрою заготовок**

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МП_м-61
спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Маліновський В.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Паньків В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

« »

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

2024 р.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів):
результати дослідження у вигляді таблиць, схем, графіків

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>К.т.н., доц. Ткаченко І.Г.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Д.т.н., проф. Стадник І.Я.</i>		

7. Дата видачі завдання *15 листопада 2023 р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Маліновський В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Паньків В.Р.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Малиновський В.І Удосконалення технологічного процесу виготовлення рамних конструкцій з дослідженням методу розкрою заготовки. Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 131 Прикладна механіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 2024 р.

Метою даної роботи є підвищення показників якості виготовлення зварних виробів шляхом розробки технології електродугового зварювання рамних конструкцій та аналізу методу розкрою заготовки.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи магістра є технологічний процес рамних конструкцій і аналіз методу розкрою заготовки.

Предметом дослідження є взаємозв'язок впливу параметрів зварювання на показники якості виготовлення рамних конструкцій.

В результаті дослідження було розроблено технологію автоматичного зварювання рамних конструкцій та досліджено метод розкрою заготовки.

Обсяг роботи складає 92 сторінки, 5 таблиць, 27 рисунків, 7 додатків, 25 бібліографічних посилань.

Ключові слова: рамна конструкція, заготовка, технологія, зварювання, метод, розкрій.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Основні способи та методи розкроювання матеріалів	8
1.2 Особливості процесу кисневого різання	18
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	24
2.1 Характеристики способів різання профільних труб	24
2.2 Оптимізація розкроювання промислових матеріалів	27
3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	36
3.1 Розробка технології складання та зварювання рамної конструкції	36
3.2 Розрахунок параметрів зварювання	51
4. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	58
4.1 Вибір зварювального обладнання	58
4.2 Технологія збирання та зварювання	67
5 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ	74
5.1 Безпеки в надзвичайних ситуаціях	74
5.1.1 Засоби індивідуального захисту робітників-зварювальників .	74
5.2 Охорона праці	77
5.2.1 Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки	77
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	81
ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Актуальність роботи. Для зручного та надійного кріплення всієї водоочисної системи використовуються зварні рами різних конструкцій. Для точної установки всієї системи потрібно дотримуватися технології складання та зварювання просторових рам, яка забезпечує відсутність зварювальних деформацій та збереження геометричних параметрів зварної конструкції. В даний час існує велика кількість підприємств, що займаються очищенням води. Для конкурентної переваги кожна організація пропонує свої конструкції установок ультрафільтрації, і, отже, зварних рам. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки технології складання та зварювання рами: вибору способу зварювання, зварювальних матеріалів, розрахунку параметрів режиму зварювання та призначення послідовності та змісту складально-зварювальних операцій.

Мета роботи – підвищення показників якості виготовлення зварних виробів шляхом розробки технології електродугового зварювання рамних конструкцій та аналізу методу розкрою заготовки.

В кваліфікаційній роботі необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналізи існуючих способів зварювання рамних конструкцій;
- провести аналіз основних способів розкроювання заготовок;
- розробити удосконалену технологію розкроювання матеріалів зварювання;
- розглянути питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Об'єкт дослідження – технологічний процес рамних конструкцій і аналіз методу розкрою заготовки.

Предмет дослідження – взаємозв'язок впливу параметрів зварювання на показники якості виготовлення рамних конструкцій.

Отримані результати. Запропоновано удосконалену технологію виготовлення та технологічний процес електродугового автоматичного зварювання рамних конструкцій.

Практичне значення. Результати роботи можна застосовувати під час розрахунку параметрів і режимів електродугового зварювання рамних конструкцій.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра. Окремі результати роботи доповідались та отримали позитивну оцінку на XIII Міжн. науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024 р.

Публікації. Часткові результати досліджень за темою магістерської роботи опубліковано в 1 праці: збірник тез XIII Міжн. науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». м. Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024 р.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків щодо роботи, бібліографічного списку зі 25 найменувань, 7 додатків. Робота викладена на 92 сторінках машинописного тексту, що включає 27 рисунків та 5 таблиць.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Основні способи та методи розкроювання матеріалів

Основні функції процесу розкроювання матеріалу – отримання якісних заготовок за мінімальних обсягів відходів. Основу розмічають на контури необхідних виробів (заготовок). Потім за допомогою інструмента (обладнання) відбувається різання. Правильний розкрій листового металу починається із формування технічних вимог до процесу.

При ТП розкроювання слід враховувати:

1. Якість кромки – рівність різку, мінімальна кількість дефектів, відсутність поверхневого чи внутрішнього натягу.
2. Швидкість виконання. Залежить від обраної технології різання – механічне, лазерне або плазмове.
3. Розрахунок відходів. Враховують технологічні втрати (стружка, оплавлення та випаровування матеріалу) та розкрою (метал, розташований між контурами заготовок).
4. Складання картки розкрою. Впливає на обсяг відходів та швидкість обробки.
5. До кінцевих виробів (заготівель) можуть бути додаткові вимоги. Вони описані у нормативних документах і є частиною технологічного процесу. Зокрема – допустимі відхилення у розмірах.

Важливо: точний розкрій листа металу впливає кінцеву собівартість продукції. Остання складається з витрат на різання, відходів та трудомісткості процесу.

Методи розкрою листа можна розділити на дві групи: механічні та термічні. До першої групи відносяться розрізання ножицями, фрезерування, свердління, штампування тощо.

До других – кисневе різання, плазмове різання, різання лазером, різання методом електричної ерозії.

Перевагою механічних способів є:

- висока продуктивність;
- можливість різання практично будь-яких конструкційних матеріалів.
- до недоліків слід віднести:
- обмеження товщини елементів, що розрізаються до 40 мм;
- громіздкість та складність обладнання, висока вартість ріжучого інструменту;
- при механічному різанні відбувається вичерпання пластичності в поверхневих шарах зони різу і, можливо, поява тріщин на кромках.

У тих випадках, коли після різання передбачена операція згинання у напрямку поперечному щодо поверхні кромки, необхідно попередньо видалити строжкою нагартвані шари;

- деталі складної конфігурації з невеликими радіусами закруглення механічними способами вирізати можна тільки з використанням методів штампування.

Термічні методи різання позбавлені більшості недоліків, притаманних механічних методів. Їх перевагами є:

- можливість різання маловуглецевих сталей практично будь-якої товщини;
- можливість вирізання деталей будь-якої конфігурації;
- відносна простота та компактність обладнання;
- можливість автоматизації.

До недоліків термічних способів різання слід зазначити таке:

- відносно низька продуктивність;
- не всі матеріали однаково добре піддаються різанню;
- після різання утворюються залишкові напруги;
- Порівняно низька якість поверхні різу.

Під розкромом листових матеріалів розуміють прийняте розташування деталей, що штампуються (заготовок) на листі, смузі або стрічці. При цьому розкрій повинен забезпечувати мінімальну витрату металу, простоту

конструювання штампу та високу продуктивність. При різанні листа розрізняють поперечний, поздовжній та комбінований (рис. 1.1) види розкрою. При різанні смуг – розкрій з відходами, з частковими відходами та безвідходний види розкрою.

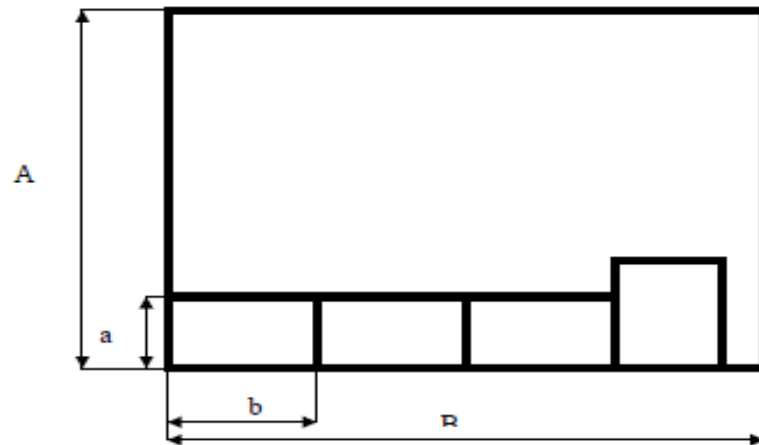


Рисунок 1.1 – Розташування ряду розкрою при комбінованій схемі розкрою листа

Втрати при розкрої залежать від геометричної форми деталі, не кратності листового матеріалу, величини перемичок (міжконтурних та зовнішніх) і припусків на обрізання.

Виділяють також різні види розкрою: багаторядний, похилий, зустрічний, та ін. високий коефіцієнт використання металу, який у випадку визначається як відношення сумарної площі готових деталей до площі заготівлі.

У заготівельному виробництві обсяги застосування термічних та механічних способів різання приблизно однакові: частку механічних способів припадає 40...45 %.

У виробництві зварних конструкцій застосовують такі види ножиць (рис.1.2): гільйотинні листові з похилим ножем (рис.1.2а), дводискові з похилими ножами (рис.1.2г), однодискові з похилим ножем, багатодискові (рис.1.2д), ножиці для різання куточка (рис.1.2е), швелерів та двотаврів (рис.1.2ж), прес-ножиці (рис.1.2б, в) комбіновані сортові з ручним та механізованим приводом.

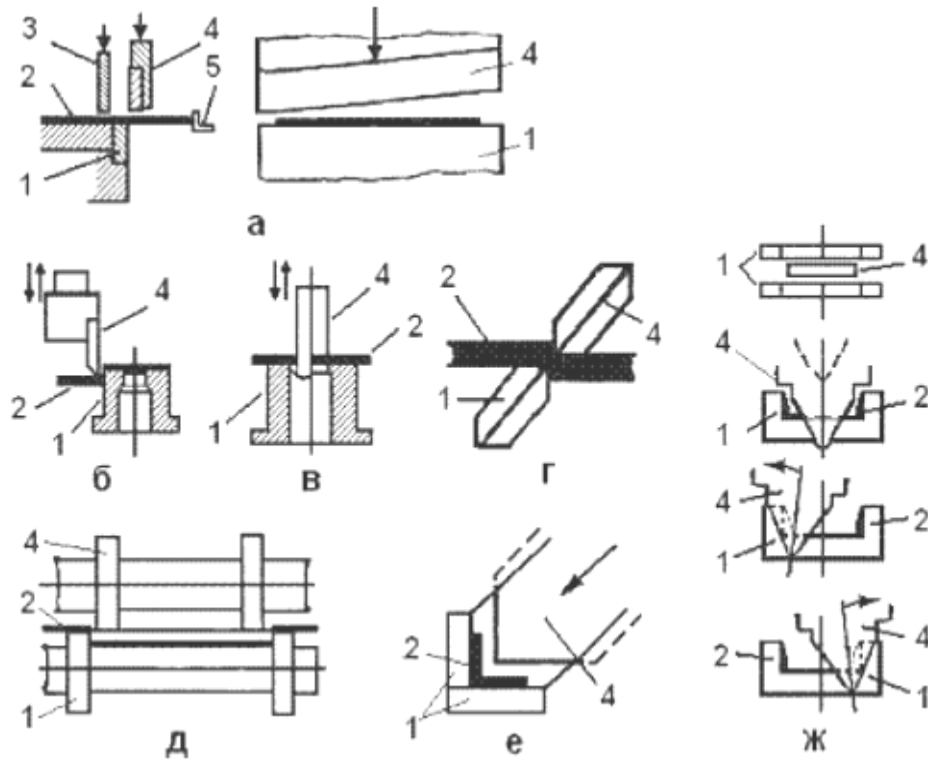


Рис.1.2 - Схеми різання на ножицях різних типів: а) гільйотинні ножиці; б, в) комбіновані сортові; г) дводискові з похилими ножами; д) ножиці багатодискові; е) ножиці для різання куточка швелерів та двотаврів; ж) прес-ножиці комбіновані сортові; 1 – нижній ніж; 2 - матеріал, що розрізається; 3 – притиск; 4 – верхній ніж; 5 – упор

Гільйотинні та дискові ножиці застосовуються для різання листового прокату. Перші забезпечують більш високу продуктивність, другі дозволяють здійснювати безперервне різання заготовок необмеженої довжини, що особливо важливо при використанні смугового та рулонного прокату.

Ножиці багатодискові призначені для поздовжнього обрізання бічних кромek та розпуску, рулонного матеріалу на смуги.

Вони застосовуються у великосерійному та масовому виробництві зварних виробів.

Для різання швелерів та двотаврів використовують ножиці, у яких ніж робить три рухи (рис.1.2, ж): проколює стінку і за рахунок коливального руху по черзі розрізає полиці.

На комбінованих прес-ножицях можна різати смугу, коло, квадрат, куточок, тавр, швелер та двотавр. Прес-ножиці дозволяють здійснювати операції пробивання отворів та зарубки в листових та фасонних заготовках.

Для різання тонколистового металу становлять інтерес прес-ножиці (просічні верстати) з числовим програмним управлінням руху двох координатного столу щодо матриці та пуансону.

Конструкція ножиць передбачає можливість швидкої зміни пари матриця та пуансон, встановлених на револьверну головку, що дозволяє швидко змінювати профіль контуру різання.

Спільна робота координатного столу і револьверної головки дозволяють за рахунок крокового переміщення листа між пуансоном і матрицею здійснювати безперервне різання (контурну вирубку) металу за складним контуром, що надає верстатам просіння велику універсальність і дає їм незаперечну перевагу в дрібносерійному виробництві.

Процес механічного різання на ножицях заснований на пружнопластичному деформуванні та сколюванні металу під тиском ножа, в результаті чого на кромці металу можливе вичерпання запасу пластичності та утворення тріщин.

Саме з цієї причини механічне різання на гільйотинних та сортових ножицях, а також на штампах не слід виконувати при виготовленні деталей:

- з сталей з нормативною межею плинності більше 350 МПа;
- завтовшки більше 25 мм зі сталей з нормативною межею плинності більше 275 МПа;
- завтовшки більше 16 мм зі сталей з нормативною межею плинності 285-350 МПа.

Відрізні верстати застосовують для різання труб, фасонного сортового матеріалу. На відрізних верстатах можна різати матеріал більшого перерізу, ніж ножицями, а якість різання вища.

Однак трудомісткість різання на верстатах відрізних значно вища, ніж при різанні на ножицях.

Тому відрізні верстати застосовують для різання профілів, які неможливо різати ножицями. Наприклад, для різання труб великих перерізів, профілів під кутом або у випадках, коли необхідно забезпечити високу точність різання. У виробництві деталей зварних конструкцій застосовуються відрізні верстати з дисковими пилами, трубовідрізні верстати, а також верстати з абразивними відрізними колами.

Термічна різка застосовується для листового металу середніх та великих товщин та труб великого діаметру. За допомогою термічного різання може проводитися як прямолінійне, так і фігурне різання металу товщиною до 300 мм і більше.

Основними видами термічного різання є: киснева (газова) та плазмово-дугова (плазмова) (рис.1.3).



Рисунок 1.3 – Установки для термічних способів різання: а – газова; б – плазмова

Кисне різання застосовується для маловуглецевих і низьколегованих сталей товщиною від 5 до 300 мм.

Плазмово-дугове різання застосовується для:

- Маловуглецевих і низьколегованих сталей товщиною 2 ... 28мм;
- мкорозійностійких сталей завтовшки до 60 ... 80мм;
- алюмінієвих сплавів;
- міді та її сплавів.

Термічна різка може проводитися вручну і на машинах. Машинне різання дозволяє вирізати деталі з високою точністю, виключаючи трудомісткі операції розмітки, забезпечуючи високу продуктивність, і тому є одним із найпрогресивніших технологічних процесів.

Універсальні машини для термічного, кисневого та плазмово-дугового різання можуть мати наступні конструктивні схеми виконання: порталні, портално-консольні та шарнірні.

Після термічного різання кромки деталей мають бути очищені від грата.

Кромки листових деталей конструкцій, що залишаються після збирання та зварювання вільними та працюють на розтяг, повинні мати шорсткість поверхні не більше 0,3 мм.

Допускається наявність окремих місць на кромках деталей, що не відповідають зазначеним вимогам, а також вихоплень, що не виводять розмір деталі за межі допусків, виправлених плавним зачищенням абразивним колом або заваркою за спеціальною технологією з подальшим зачищенням місць виправлення абразивним кругом, що переміщується вздовж кромки.

В останні роки інтенсивний розвиток отримало лазерне різання. У порівнянні з традиційними методами в області розкрою листового прокату (штампуванням, газополум'яним і плазмовим різким), лазерне різання має низку незаперечних переваг:

- висока швидкість;
- ідеальна поверхня різку;
- відсутність необхідності додаткової обробки;
- висока продуктивність процесу;
- економія матеріалу завдяки малій ширині різку;
- незначна зона термічного впливу;
- виготовлення виробів будь-якої складності в одиничних примірниках завдяки використанню цифрових систем управління;
- висока повторюваність складних виробів у будь-яких кількостях;
- відсутність деформації матеріалу;

- використовуючи можливості лазерного різання, можна розкроїти по складному контуру практично будь-який листовий матеріал;
- відсутня механічна дія на оброблюваний матеріал.

В основі лазерної обробки лежить той факт, що лазерний промінь можна сконцентрувати на поверхні матеріалу в пляму діаметром десяти частки міліметра.

Якщо при цьому лазер має достатню потужність, то відбувається розплавлення, випаровування матеріалу. Зазвичай у верстатах для різання переміщається лазерний різак над нерухомим матеріалом за допомогою координатного столу з числовим програмним керуванням.

В основному для обробки матеріалів використовуються два класи лазерів: твердотільні та газові.

Найбільш поширені твердотільні лазери на неодимовому склі та ітрій-алюмінієвому гранаті з довжиною хвилі близько 1 мікрона та газові вуглекислотні лазери з довжиною хвилі близько 10 мікрон.

У промисловості найпоширенішим технологічним процесом лазерної обробки є різання сталевих листів завтовшки до 20 мм (алюмінієвих до 10 мм) за складним контуром.

Її застосовують для вирізування таких деталей, як прокладки, кронштейни, панелі, щитки приладів, двері, декоративні решітки, дискові пили.

Дуже ефективним виявилось застосування лазерного різання фігурних виробів на стадії освоєння нової продукції, оскільки через високу гнучкість лазерного обладнання значно скорочуються терміни освоєння нових виробів.

У зв'язку з розширенням номенклатури конструкційних матеріалів, зокрема збільшенням обсягу застосування неметалічних матеріалів і металів зі спеціальними властивостями з'явилися способи різання, що використовують абразивні матеріали у вигляді сформованих абразивних інструментів або порошків.

Найбільшого поширення набули абразивні інструменти як армованих дисків, які з допомогою електроприводу обертаються зі швидкістю кілька тисяч обертів за хвилину.

Ручний електроінструмент з абразивними дисками зручно використовувати в монтажних умовах, особливо для різання замкнених профілів та підготовки кромки під зварювання. До недоліків способу слід віднести велике виділення пилу та погіршення умов праці.

Абразивні порошки використовують досить давно для покращення технологічних характеристик кисневого різання.

Додавання абразивного порошку в струмінь ріжучого кисню полегшує видалення із зони різання розплавленого металу та тугоплавких фракцій, що значно розширює можливості кисневого різання щодо якості різання таких конструкційних матеріалів, як, наприклад, аустенітні сталі, мідні та алюмінієві сплави та ін.

У процесі різання водяним струменем із абразивом вода виконує функцію носія. Різання здійснюється за рахунок знімання матеріалу, що викликається наголосом твердих частинок. Схема процесу гідроабразивного різання (ГРА) показана на рис. 1.4.

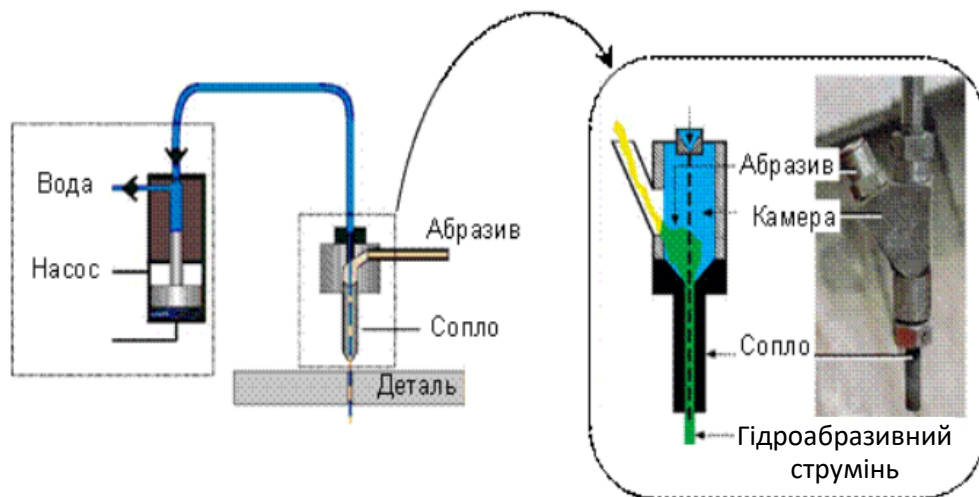


Рисунок 1.4 – Схема установки для гідроабразивного різання

Наприкінці минулого століття з'явилася нова технологія різання з використанням абразивного порошку – гідроабразивне різання.

Під час різання водяний струмінь з абразивом з постійною швидкістю різання проводиться по заготівлі. властивостей матеріалу, що розрізається, кута атаки, форми частинок.

У комплекс для водоструминного різання входять: насос високого тиску; ріжуча головка.

Тиск води становить 200...400 МПа (2000...4000 атм), діаметр сопла – 1,0...1,5 мм, розмір абразивних частинок – 0,2...0,25 мм.

Цей спосіб дозволяє розрізати деталі товщиною до 150 мм, при максимально можливій товщині 300 мм.

У комплекс для водоструминного різання входять: насос високого тиску; ріжуча головка; координатний стіл та приводи переміщень ріжучої головки, керовані системою числового програмованого управління; система розведення високого тиску та подачі абразиву.

Завдяки високій точності та якості поверхні різання, деталі, як правило, не вимагають додаткової обробки.

Найбільш перспективним є застосування гідроабразивного різання для отримання деталей з аустенітних сталей, титанових та алюмінієвих сплавів, для яких застосування традиційних методів різання викликає певні технологічні труднощі.

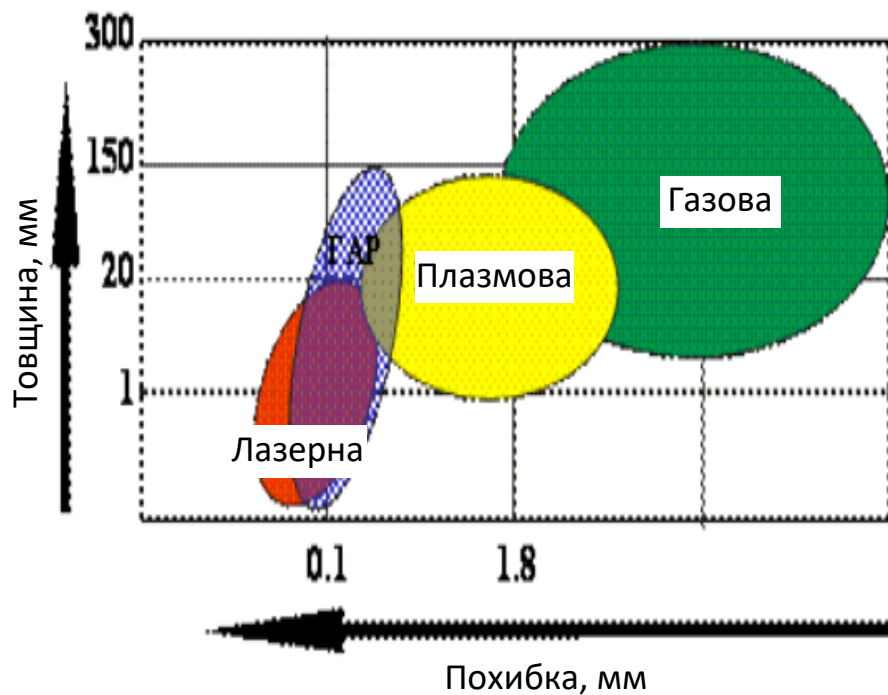


Рисунок 1.5 – Зіставлення можливостей різних способів різання щодо товщини матеріалу та точності одержуваних деталей

1.2 Особливості процесу кисневого різання

Сутність процесу кисневого різання заснована на згорянні (інтенсивному окисленні) металу в струмені технічно чистого кисню і примусовому видаленні цим струменем оксидів, що утворюються.

За характером утворених різів кисневе різання поділяють на:

- роздільну (що утворює наскрізні розрізи, що відокремлюють одну частину металу від іншої);
- поверхневу (що видаляє деякий поверхневий шар металу у вигляді канавок напівкруглого перерізу або шару деякої глибини);
- різання списом (що призводить до пропалювання в металі глибоких отворів).

Кисневе розділювальне різання є найбільш поширеним і застосовується при розкрій листового металу, при вирізанні різних деталей, що виготовляються з листів, при різанні профільного матеріалу, а також при відрізу прибутків литих деталей, різанні поковок під обробку дрібніших деталей, для різних підгонок при монтажі сталевих конструкцій.

Схема процесу роздільного газокисневого різання представлена на рис. 1.6.

Суміш кисню з горючим газом виходить із зовнішнього (підігріває) мундштука різача і згоряє, утворюючи полум'я, що підігріває. Цим полум'ям метал нагрівається до температури початку горіння (окислення).

Після цього осьовим каналом внутрішнього (ріжучого) мундштука подається струмінь ріжучого кисню. Кисень потрапляє на нагрітий метал та запалює його.

Починається горіння металу, що виділяє значну кількість тепла, яке, спільно з полум'ям, що підігріває, розігріває нижчележачі шари металу, і горіння швидко поширюється в глибину на всю товщину металу, пропалюючи наскрізний отвір, через яке ріжучий струмінь кисню виходить назовні, виробляючи.

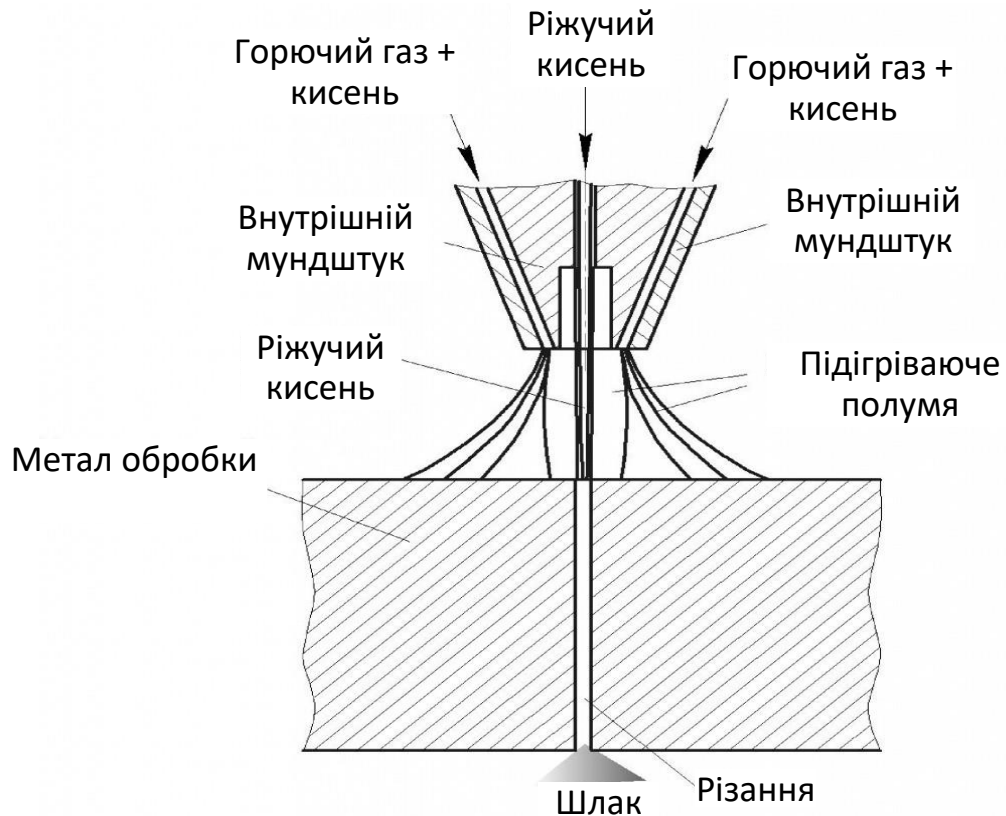


Рисунок 1.6 – Схема процесу газокисневого різання

Якщо переміщати далі різак по прямій або кривій лінії з належною швидкістю, спалювання металу буде відбуватися по цій лінії, виробляючи розрізання металу.

Для можливості успішного проведення кисневого різання метал, що розрізається, повинен задовольняти наступним вимогам:

- температура займання металу в кисні повинна бути нижчою за температуру його плавлення, тобто метал повинен горіти в твердому нерозплавленому стані;
- температура плавлення оксидів металу повинна бути нижчою, ніж температура плавлення самого металу, і мати гарну рідину.

У цьому випадку оксиди легко видмухуються з порожнини різку, і кисень, що ріже, отримує безперешкодний доступ до нижчележачих шарів металу.

- тепловий ефект утворення оксидів повинен бути високим, інакше потрібно занадто потужне полум'я, що підігріває;
- метал не повинен мати високої теплопровідності.

Висока теплопровідність посилює охолодження зони різання та ускладнює необхідний підігрів металу.

При різанні сталі основна кількість теплоти (70...95 %) утворюється при окисненні металу. Цим умовам задовольняють низьковуглецеві та низьколеговані сталі, титанові сплави.

Чавун не ріжеться киснем внаслідок низької температури плавлення та високої температури горіння; мідь - через високу температуру плавлення та малу теплоту згоряння; алюміній - через високу тугоплавкість оксидів, що утворюються. Високолеговані сталі (хромисті, хромонікелеві і т.д.) не ріжуться через утворення тугоплавких, в'язких шлаків.

Поверхня металу, що розрізається, повинна бути очищена від іржі та інших забруднень. Метал встановлюється в положення, краще в нижнє, але так, щоб був вільний вихід ріжучого струменя зі зворотного боку. Операція різання починається з попереднього підігріву в місці різу при температурі горіння металу (1200...1350°C).

Встановлювана потужність полум'я, що підігріває, залежить від роду пального газу, товщини і складу металу, що розрізається.

Починають різання зазвичай з кромки металу. При товщинах до 80...100 мм можна прорізати отвір у будь-якому місці листа.

Ядро полум'я, що підігріває, знаходиться на відстані 2...3 мм від поверхні металу. Коли температура металу, що підігрівається, досягне необхідної величини, пускають струмінь ріжучого кисню.

Чим вище чистота ріжучого кисню, тим вище якість та продуктивність різання. У міру поглиблення ріжучого струменя в товщу різу зменшується швидкість і потужність струменя ріжучого кисню.

Тому спостерігається її викривлення (рис. 1.7), зменшення якого дається нахил ріжучої струменя.

При різанні товстого металу ширина різу збільшується до нижньої кромки через розширення струменя ріжучого кисню. На кромках з нижньої сторони залишається кілька шлаку.

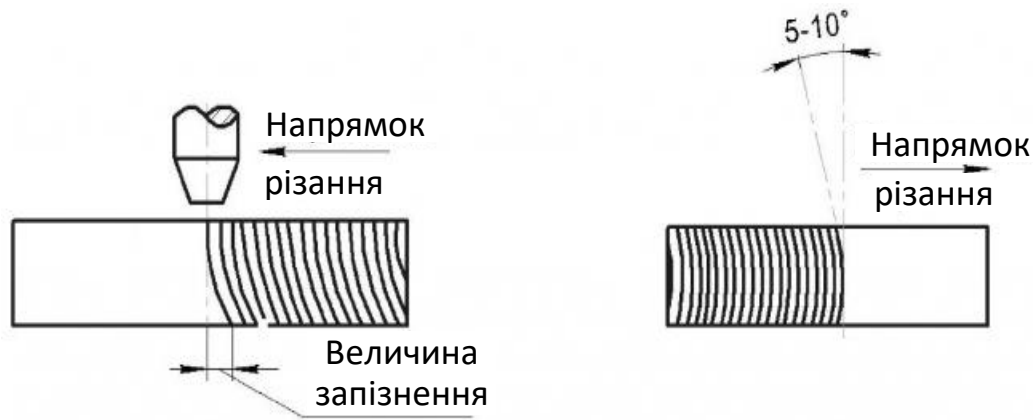


Рисунок 1.7 – Відставання ріжучого струменя (а); різак, нахилений для зменшення відставання струменя (б)

У металі, на поверхні різання, підвищується вміст вуглецю.

Причина цього в тому, що при горінні вуглецю утворюється окис вуглецю, при взаємодії якої з елементом заліза в ньому і підвищується вміст вуглецю.

Можлива і дифузія вуглецю до кромки різі з прилеглих ділянок металу.

Якщо проводиться наступне зварювання для попередження підвищення вуглецю в металі шва (утворення загартованих структур), слід проводити механічну обробку або зачищення поверхні різі.

У процесі різі відбувається термообробка металу кромки різі, що відповідає загартування.

Ширина зони термічного впливу (до 6 мм) залежить від хімічного складу і зростає зі збільшенням товщини металу, що розрізається.

Для кисневого різання придатні горючі гази та пари горючих рідин, що дають температуру полум'я при згорянні суміші з киснем не менше 1800 °С. Особливо важливу роль при різанні має чистота кисню.

Для різання необхідно застосовувати кисень із чистотою 99,5 - 99,8 %. Зі зниженням чистоти кисню дуже знижується продуктивність різання і збільшується витрата кисню. Різаки відрізняються від зварювальних пальників наявністю трубки та вентиля для подачі кисню ріжучого струменя, а також особливим пристроєм пальника.

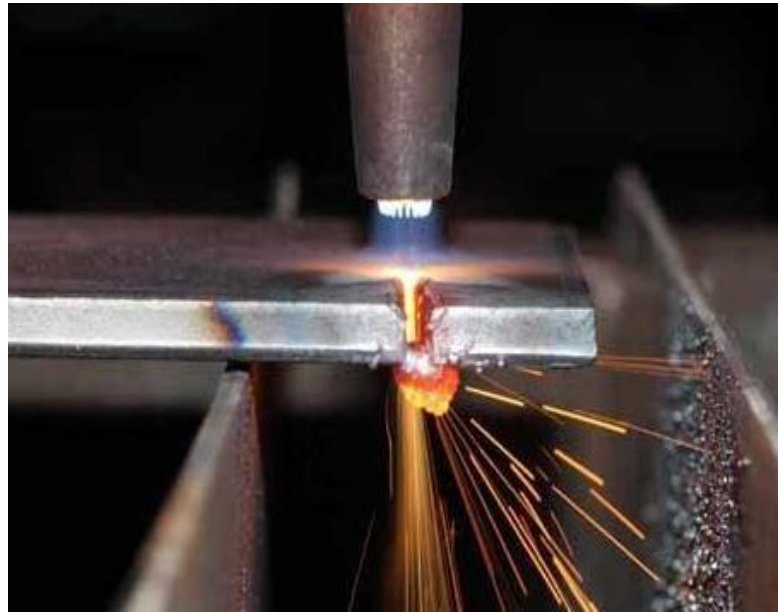


Рисунок 1.8 – Різання листового металу

Кисневе різання виконують за допомогою газових різаків (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Конструкція газового різак

Ручні різакі класифікуються за такими ознаками:

- за родом пального – для ацетилену, для газів-замінників ацетилену, для рідких горючих;
- за принципом дії – на інжекторні (основна група) та безінжекторні;
- по тиску кисню – високого та низького тиску;
- за призначенням – універсальні, що застосовуються для розділювального різання товщин 5-300 мм, та спеціальні, що застосовуються для окремих робіт (для різання великих товщин, підводного різання та ін.).

До універсальних різаків висуваються такі основні вимоги:

- 1) мала вага та зручність при зверненні;
- 2) стійкість проти зворотних ударів;
- 3) можливість різання різних товщин металу та у будь-якому напрямку;
- 4) утворення горючої суміші необхідного складу незалежно від величини тиску ріжучого кисню, а також можливість регулювання полум'я як при закритому, так і відкритому вентилі ріжучого кисню на різаку.

Технологія кисневого різання має масу переваг.

Серед них:

- великі товщини металу, що розсікається (до 500 мм), обмежені лише конструктивними особливостями установок киснево-флюсового різання;
- низька собівартість;
- висока якість (сучасні машини дозволяють досягти прийнятної ширини різку, відсутності конусності різку, чистих кромek, що не потребують обробки);
- можливість використання багаторізальних схем.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристики способів різання профільних труб

Різання металевих профілів є затребуваною процедурою у будівництві та на виробництві. Залежно від матеріалу профілю існують свої нюанси розкрою, який також впливає призначення отриманого результату.

Профільні вироби бувають кількох видів.

Ось основні з них: труби профільні, профілі для встановлення гіпсокартону, комплектуючі до профілю, профілі з металу, що встановлюються на даху, термопрофіль.

Зупинимося на профільній трубі.

Це довгий і порожнистий профільний виріб з поперечним перерізом, що має форму якої-небудь геометричної фігури:

- овалу;
- прямокутника;
- квадрат;
- багатокутник.

Основною сферою застосування профільних труб є будь-які будівельні, а також зовнішні оздоблювальні роботи. Вони підходять для збирання металоконструкцій, зведення балок перекриттів або крокв, монтажу дверних отворів.

Призначення у профільних труб таке саме, як у дерев'яних або залізобетонних балок. Виготовляють їх із листового металу методом холодної або гарячої обробки, а також спеціальної деформації. Процес виробництва ускладнюється зі збільшенням товщини металу, але пропорційно зростає міцність виробу.

Виробники виготовляють найрізноманітнішу металеву профільну продукцію, проте найбільш міцними є вироби з квадратним чи прямокутним перетином.

Їх збирання здійснюють за допомогою електрозварювання, проте хомути теж можуть підійти для цього.

Конструкції, зібрані з металевого профілю, досить міцні, але водночас легкі. У побуті частіше застосовують вироби невеликого розміру та простої конфігурації.

Невеликі металеві профільні вироби знайшли застосування у виготовленні меблів, інвентарю для занять спортом. Використовують їх і в інтер'єрних роботах як оздоблювальний матеріал. Металеві профілі з перетином від $10 \times 10 \times 6$ см застосовують, навпаки, для збирання конструкцій, які призначені для роботи під великим навантаженням і мають підвищену міцність та міцність.

Алюміній для виготовлення металевих профільних виробів, стійких до іржі та окислення, застосовують при необхідності монтаж легких конструкцій, які призначені для роботи у вологих умовах. Для підвищення міцності та збереження пластичності в сплав додаються магній, мідь та марганець.



Рисунок 2.1 – Профільні труби

Різання металевого профілю аналогічне розрізу листів металу. Для роботи застосовуються ножиці, одна частина яких нерухома, а інша рухома. Форма цих ножів особлива. Вони бувають приводними та ручними. Однак досить часто можна зустріти комбіновані варіанти, які підходять для різання профільного і листового металу.

Профільний метал ріжеться дисковими пилами та прес-ножицями. Конструкція останніх має нижній ніж, закріплений нерухомо, який має форму профілю, що розрізається. \

Верхній ніж рухливий і, опускаючись вниз, робить різання металу.

Різнання виробів здійснюється лише за упорами.

Для роботи прес-ножиць використовують роликові столи, що подають метал до місця різання.

Крім цього інструменту, для розрізу застосовують дискову зубчасту пилку. Вона працює різальним диском, діаметр якого досягає 150 см.

Диск має форму круглого полотна, з зубами, які можуть бути як вставлені, так і вирізані.

Перед початком різання метал закріплюють затискачами на станині пили так, щоб він не міг зрушити. Потім починається різання з автоматичною подачею диска пили на метал.

Різнання металевих профілів та арматурної сталі, а також дроту та різних видів металу (профільного, листового та сортового) відбувається важільними ножицями.

Їхня нижня частина являє собою ніж для різання, розташований нерухомо, а верхня об'єднана з системою важелів.

Керувати різкою за допомогою невеликих ножиць можна вручну. Але для більших використовують електричний двигун, що працює з ножицями через кривошипний механізм.

Профільний, смуговий та сортовий метал ріжуть за допомогою ножиць закритого типу. Різнання металевих профільних виробів, а також розкривання листів часто відбувається розділовим методом. Підготовка металевих виробів для подальшого розрізу має велике значення для збільшення продуктивності робіт та підвищення їхньої якості. Починається вона зі зняття з металевих виробів іржі, залишків фарби, окалини та інших забруднень. Для успішного видалення шлаків відстань між нижнім краєм різку та підлогою не може бути меншою за 10–150 см.

Круглі або стрічкові пилки використовуються в процесі виробництва котелень, частіше ними проводиться просте різання металевих профільних виробів, таких як двотавр, куточок, труба або швелер, а також інших заготовок.

Найпоширеніший спосіб різання – газокисневий. При його використанні відбувається різання газовим полум'ям.

Застосовується він у металообробній та металургійній промисловості практично повсюдно. З його допомогою відбувається різання косинок, листової сталі, фланцевих кіл, металевих профільних виробів та інших заготовок.

За проектом наша конструкція зварюється із профільної труби.

Профільна труба має безліч переваг у порівнянні з трубами стандартної круглої форми:

- Невисока вартість. Порожниста металева труба квадратного перерізу за вартістю менша, ніж аналоги, виготовлені з дерева, і здатна прослужити більш тривалий термін;
- Простота встановлення. Завдяки своїм якостям трубу легко можна зігнути. Мала вага виробів полегшує процес транспортування та самостійного монтажу;
- Висока стійкість до пошкоджень. Профільні труби не піддаються механічному впливу. Від корозії труби захищаються спеціальним покриттям;
- Стійкість до перепадів температурного режиму. Труба не деформується як за малих, і при високих температурах повітря;
- Надійність. Завдяки ребрам жорсткості профільна труба може витримувати досить великі навантаження, причому протягом тривалого часу.

2.2 Оптимізація розкроювання промислових матеріалів

Багато практичних завдань раціонального розкрою можна віднести до завдань багатокритеріальної оптимізації – ефективність будь-якого реального виробництва, у тому числі і розкрійного, залежить від безлічі факторів, хоча не всі вони однаково значущими.

У переважній більшості робіт з даного напрямку використовується класична модель з єдиним критерієм (позначимо його як z_1) – при складанні плану розкрою мінімізують втрати (частина матеріалу, яка йде у відхід і не може бути повторно використана) або загальна витрата матеріалу, що розкраюється.

Певне поширення отримали бікритеріальні моделі, значно рідше зустрічаються роботи, яких спільно розглядається понад два різні критерії.

При розгляді задачі раціонального планування поздовжніх розкроїв рулонного матеріалу на додаток до критерію z_1 вводиться другий критерій z_2 для мінімізації виробничих втрат за рахунок підвищення технологічності планів розкрою: перевага надається таким планам, при виконання яких потребує переналагодження окремих агрегатів лінії поздовжнього різання виключається зовсім або зводиться до мінімуму.

Відомо, що при складанні плану розкроюючи виграш із втрат матеріалу у відхід призводить до програшу за технологічністю та вимагає виконання більшого числа переналагодок, тобто. критерії z_1 та z_2 за своєю природою є суперечливими. При складанні плану розкрою потрібно знайти компроміс, який формально описується векторним критерієм

$$Z = (z_1, z_2). \quad (1.1)$$

Один з найбільш популярних підходів, які застосовуються при вирішенні бікритеріальних завдань раціонального розкрою, заснований на зведенні вихідної багатокритеріальної задачі до однокритеріальної за рахунок заміни векторного критерію (1.1) скалярним добутком

$$Z' = C_1 z_1 + C_2 z_2. \quad (1.2)$$

За допомогою коефіцієнтів C_1 і C_2 втрати матеріалу у відхід та втрати виробничого характеру (простої в роботі лінії поздовжнього різання, необхідні для переналагодження розкрійного обладнання) зводяться до єдиного еквіваленте.

Цей підхід має ряд недоліків, оскільки точні значення ваг C_1 і C_2 при вирішенні практичних задач раціонального розкрою відомі досить рідко.

Крім того, не у всіх випадках величини C_1 та C_2 можуть вважатися константами [8].

Перспективним видається інший підхід, заснований на математичному апараті Парето-оптимальних розв'язків багатокритеріальних завдань [9].

У разі виключається необхідність використання коефіцієнтів C_1 і C_2 , що робить метод розв'язання задачі раціонального розкрою більш універсальним.

Остаточний вибір плану розкрою з безлічі ефективних (компромісних) рішень здійснюється майстром чи технологом, який при цьому керується власними уподобаннями та досвідом.

Побудуємо математичну модель.

Як відправна точка для формалізації завдання раціонального планування поздовжніх розкроїв заготовок скористаємося моделлю, вперше запропонованою Канторович.

Допустимо, вихідний матеріал представлений переліком з m частин, кожному у тому числі присвоюється унікальний порядковий номер i .

Позначимо придатну для використання довжину матеріалу як L (трубам з однаковими розмірами відповідають різні значення індексу i).

Для кожного з n замовлень вказується загальна довжина l_j , що набирається з окремих смуг шириною w_j .

Передбачається, що матеріалу достатньо для виконання замовлень на стрічку у повному обсязі.

Нехай кількість смуг шириною w_j , отриманих при розкрої рулону по карті з номером k дорівнює a_{jk} .

Встановимо зв'язок допомогою булевих змінних T_{ik} :

$$T_{ik} = \begin{cases} *1, \\ \bullet 0, \end{cases}$$

де $*$ – якщо i заготовка розкроюється по способу k

• – якщо i заготовка розкроюється в протилежному випадку

Якщо припустити, що всі можливі розкрійні картки перераховані, то перший оптимізаційний критерій, що відповідає раціональному використанню рулонів при дотриманні обмеження на комплектність поздовжнього розкрою, набуває наступного вигляду:

$$z_1 = \min \sum_k \sum_i T_{ik}; \quad (1.3)$$

$$\sum_k \sum_i T_{ik} a_{ik} L \leq I_j \nabla j; \quad (1.4)$$

$$\sum_k T_{ik} \leq I \nabla i; \quad (1.5)$$

$$\sum_j a_{jk} \leq H_j \nabla k, \quad (1.6)$$

де $i \in \{1, \dots, m\}$, $j \in \{1, \dots, n\}$, $k \in \{1, \dots, P\}$.

Допустимими вважаються тільки такі розкрійні карти, де загальне кількість заготовок у яких не перевищує величину H .

Цей параметр розраховується з характеристик розкрійного устаткування.

Необхідність у переналагодженні обладнання виникає в тому випадку, якщо за планом заготовки розкроюються різними способами: після розкрою чергової заготовки частина агрегатів лінії поздовжнього різання потрібна налаштувати на наступну карту розкривання.

Ця операція є трудомісткою, тому оптимальним за критерієм z_2 буде рішення, в якому багаторазово використовується єдина розкрійна карта.

У гіршому випадку кількість різних карт, що становлять план, дорівнюватиме кількості рулонів, що розкроюються.

Формалізуємо завдання мінімізації загальної кількості різних карт у плані розкрою, скориставшись допоміжною функцією $\delta(\sum_i T_{ik})$:

$$z_2 = \min \sum_k \delta(\sum_i T_{ik}) \quad (1.7)$$

$$\delta(\sum_i T_{ik}) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \delta(\sum T_{ik}) \geq 1 \\ 0, & \text{в протилежному випадку} \end{cases}$$

Однокритеріальні задачі раціонального розкрою є NP-повними завданнями дискретної оптимізації комбінаторного типу та відносяться до класичних завдань дослідження операцій

Для одномірного розкрою доведено, що самостійна задача мінімізації загальної кількості різних карт при заданому плані розкрою також є NP-повною.

Враховуючи складність багатокритеріальної задачі, пропонується розробити наближений метаевристичний метод, який може бути ефективним використаний для складання раціональних планів поздовжнього розкрою рулонів, що повністю задовольняють вимогам реального виробництва.

Загальна кількість допустимих розкрійних карт у практичних завданнях раціонального розкрою може обчислюватися десятками і навіть сотнями тисяч різних варіантів.

Пошук оптимального рішення з генерацією всіх можливих розкрійних карт та наступним перебором їх виявляється важкою задачею.

Досвідчений планувальник при складанні плану розкрою вручну використовує інший підхід - він також здійснює перебір різних варіантів, але замість тисяч розкрійних карт оперує деяким обмеженим переліком, який доповнюється новими елементами при необхідності.

Якість знайденого таким чином рішення залежить від навичок планувальника, однак у більшості випадків цей підхід працює досить успішно.

Подібна стратегія раніше була реалізована нами у наближеному методі розв'язання задачі (1.3) – (1.7).

Векторний критерій (1.1) був замінений на скалярний добуток (1.2), для генерації нових розкрійних карт вирішувалася допоміжне завдання про ранець, перебір варіантів (об'єднання розкрійних карт у план розкрою) виконувався за допомогою одного з методів еволюційних обчислень – генетичного алгоритму. Плани розкрою перетворювалися на хромосоми таким чином, що кожен

елемент послідовності - ген - був окремою розкрійною картою, використовувався стандартний однокрапковий кросовер, мутація змінювала структуру рішень за допомогою видалення випадково обраних генів.

До популяційних метавристиків крім еволюційних відносять також мурашині та роеві алгоритми.

Ця група методів відрізняється тим, що з кожної ітерації алгоритм паралельно працює з кількома поточними рішеннями. Якщо в таких методах як пошук із заборонами або імітація відпалу для апроксимації безлічі оптимальних рішень по Парето потрібно додатково використовувати зовнішній архів або повторні запуски, то в популяційних метавристиках обчислення розпаралелюються природним чином.

Ця робота розвиває метавристичний підхід, тепер вихідне багатокритеріальне завдання не зводиться до однокритеріальної – замість пошуку єдиного плану розкрою апроксимується безліч компромісних рішень, які у просторі оцінок утворюють так званий фронт Парето.

Схема кодування рішень, оператори схрещування та мутації були залишені в колишньому вигляді, знадобилося суттєво змінити лише спосіб оцінювання пристосованості хромосом та доповнити генетичний алгоритм спеціальним механізмом "краудингу", який дозволяє апроксимувати фронт Парето більш рівномірно.

Побудована математична модель для завдання складання раціональних планів поздовжнього розкрою рулонного матеріалу, що виникає у виробництві електрозварювальних труб.

В результаті аналізу технологічного процесу поздовжнього розкрою модель Канторовича зазнала суттєвої переробки: сформульовано другий оптимізаційний критерій та введено додаткові обмеження для розкрійних карток.

Оптимальний лінійний розкрій профільної труби для збирання каркасу рами
Розмітка 005

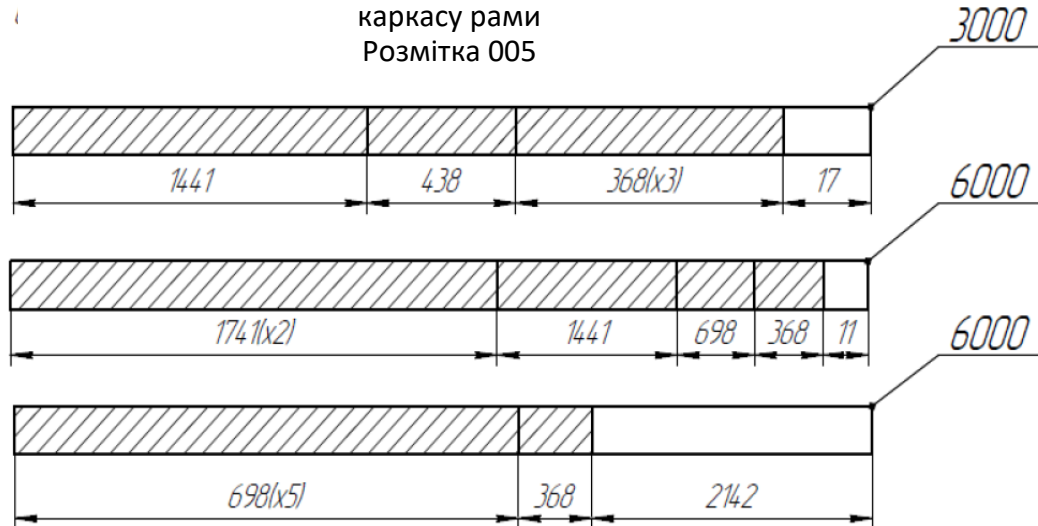


Рисунок 2.2 – Оптимальний розкрій труби для збирання каркасу рами

Відсоток використання залишків розкрою визначаємо шляхом ділення площі одержаних із них заготовок на їх загальну площу залишків:

$$BЗ = \frac{S_{зз}}{S_з} \cdot 100$$

де: $S_{зз}$ – площа одержаних із залишків розкрою заготовок, m^2 ;

$S_з$ – загальна площа залишків, m^2 ;

ВЗ – відсоток використання залишків.

Табл. 2.1 – Відсоток використання залишків розкрою

№ карти розкрою	Кор. вих., %	Залишки, %	Відсоток використання залишків				
			Профіль № 1	Профіль № 2	Профіль № 3	Профіль № 4	Профіль № 5
1	95,3	4,7	0,00	24,08	34,82	27,85	31,84
2	91,2	8,8	34,45	56,84	43,06	51,67	61,85
3	87,9	12,1	50,10	78,00	59,09	59,80	70,90
4	86,6	13,4	45,24	70,25	67,36	65,20	72,34
5	77,2	22,8	70,88	84,31	80,49	77,68	78,33
6	85,2	14,8	67,92	62,86	65,10	61,32	69,56
7	82,2	17,8	73,46	68,71	71,94	69,80	70,71
8	79,1	20,9	68,11	68,13	68,37	76,22	78,08
9	77,6	22,4	62,89	84,81	80,96	77,15	77,84
10	78,7	21,3	65,17	78,59	79,04	74,52	78,87
Сер. знач.	84,1	15,9	53,82	67,66	65,02	64,12	69,03

На підставі результатів, наведених у табл. 2.1, будуємо графік залежності відсотка використання залишків від ширини профілю.

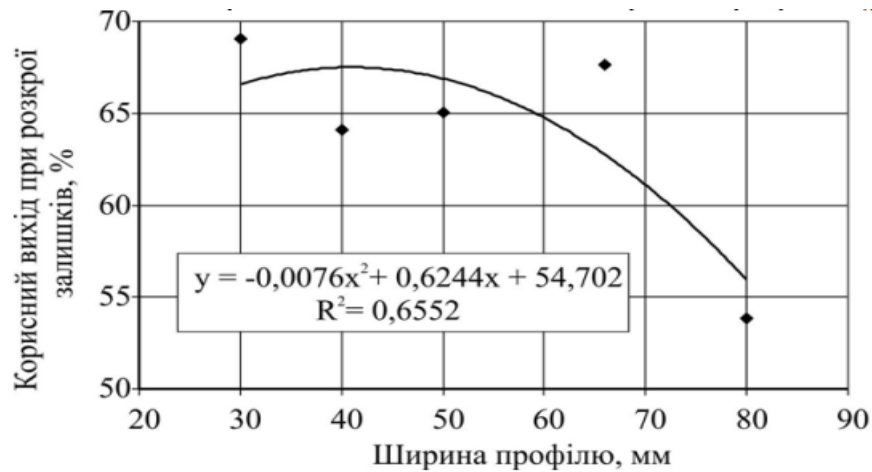


Рисунок 2.3 – Залежність відсотка використання залишків від ширини профілю

Аналізуючи графічну залежність бачимо, що зменшення ширини профілю збільшує відсоток використання залишків, але лише до деякої границі. Границею є профіль шириною 40 мм.

Подальше зниження ширини профілю приводить до незначного зменшення відсотка використання відходів.

Запропоновані модифікації у структурі генетичного алгоритму дозволили зробити вихідний еволюційний метод більш універсальним за збереження загальних принципів його роботи і незначне збільшення обчислювальної складності.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані як на уточнення математичної моделі за рахунок запровадження нових критеріїв та обмежень, так і вдосконалення методів вирішення допоміжного завдання генерації розкрійних карт та власне генетичного алгоритму.

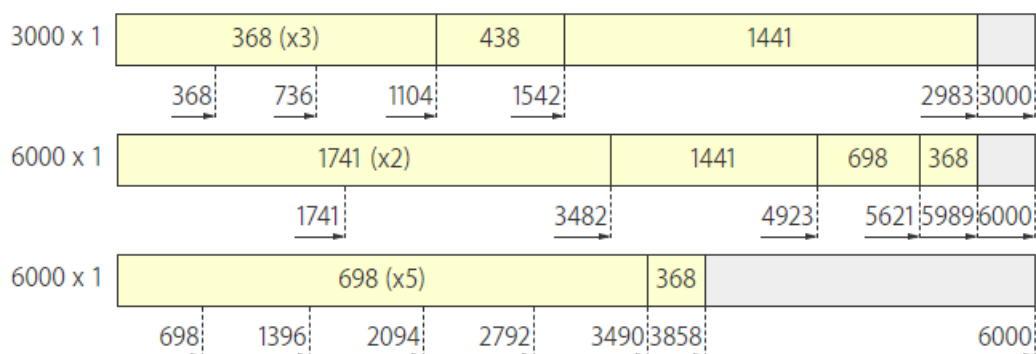


Рисунок 2.4 – Схема розкрою

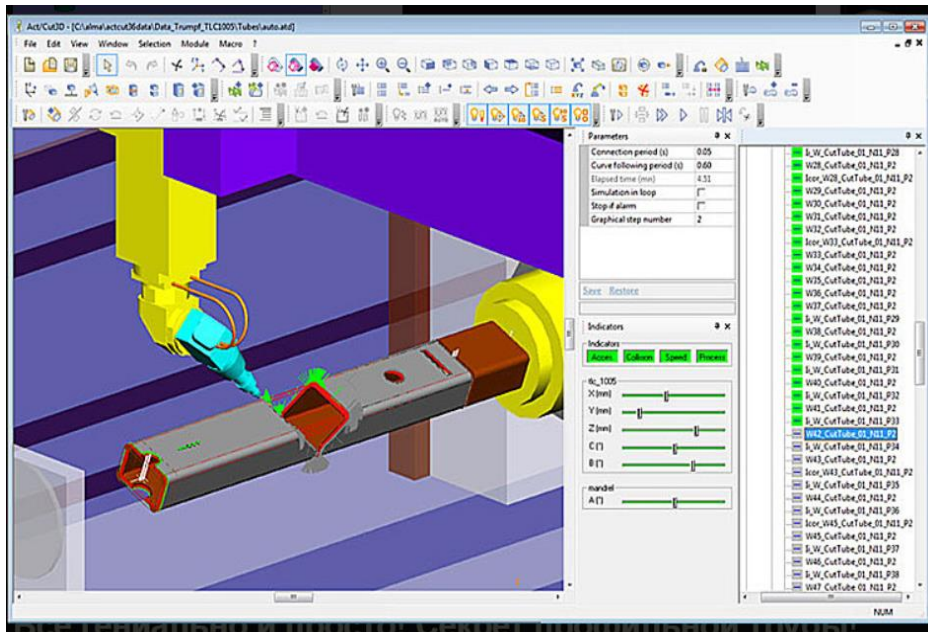


Рисунок 2.5 – ТП розкроювання

За такого розкрою металу частка відходів становить 14,5%, що задовольняє вимоги раціонального виробництва. У розміри вже закладено припуски на різання, механічну обробку та усадку при зварюванні.

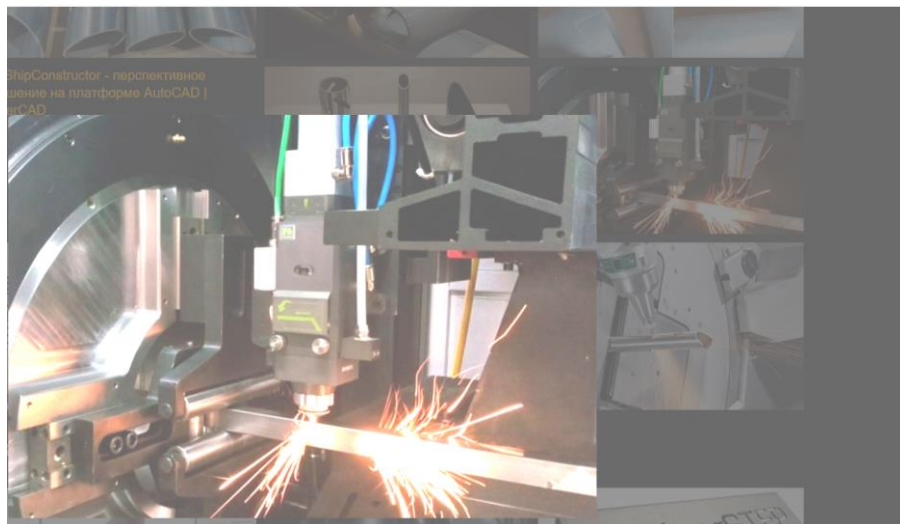


Рисунок 2.6 – Кисневе різання заготовок

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка технології складання та зварювання рамної конструкції

Відповідно до стандарту, установка ультрафільтрації повинна включати: насосний блок, раму в комплекті з мембранними елементами, комплект трубопровідної обв'язки та арматури, комплект засобів КВП та А (включаючи кабелі), блок промивки мембранних елементів, комплект дозувального обладнання (у разі застосування реагентів), контролер.

Ультрафільтрацією води називається процес мембранного поділу, а також концентрування розчинів, який полягає у пропусканні води через мембрану з розміром пор 0,002-0,1 мкм під певним тиском.

Системи ультрафільтрації води дозволяють ліквідувати зважені частки більше 0,01 мкм (колоїдні домішки, бактерії, віруси, органічні макромолекули) з водних рідин муніципальних та локальних водопроводів. Вода, проходячи через мембрани під тиск, піддається:

- знебарвленню;
- очищення від заліза;
- фільтрації від органічних та шкідливих домішок.

Ультрафільтрація – метод, у якому вода проходить під тиском через спеціальні фільтри, здатні пропускати лише деякі компоненти.

Через різні молекулярні маси компонентів, а також різні тиски з обох боків мембрани, вода очищається від зайвих включень.

Речовини, які не повинні утримуватися в очищеній воді, затримуються у фільтрі та не проходять далі.

Дані установки ультрафільтрації служать поліпшення якості води перед знесоленням.

Така технологія знайшла своє застосування в багатьох галузях: харчовій, хімічній, мікробіологічній, текстильній, фармацевтичній, металургійній, нафтохімічній та багатьох інших.

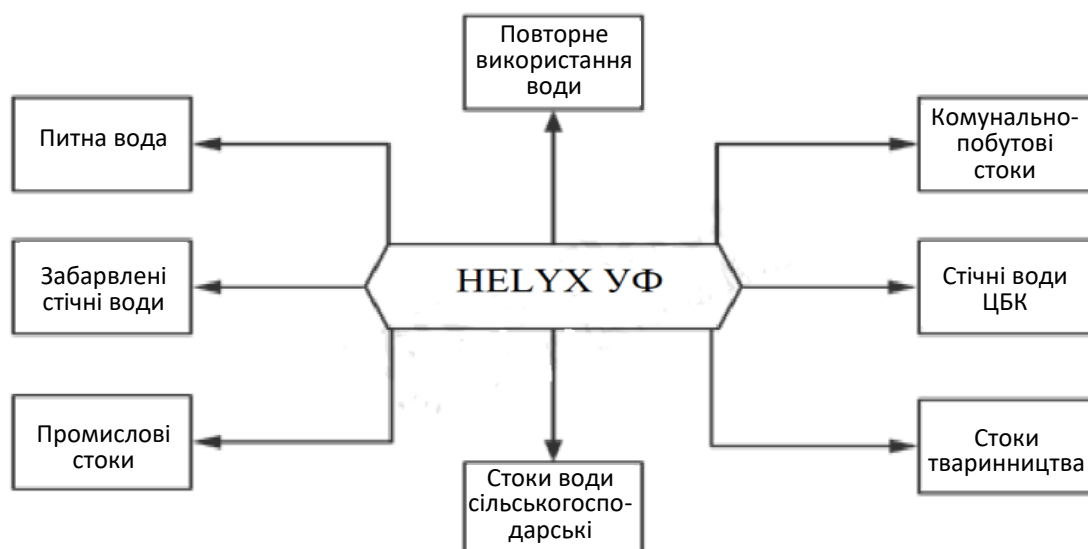


Рисунок 3.1 – Сфери застосування систем ультрафільтрації

Також ці системи застосовують для очищення стічних вод, що дозволяє підприємствам налагодити систему водопостачання. Застосування ультрафільтраційних систем набагато ширше, ніж систем зворотного осмосу та фільтрів видалення заліза, адже ультрафільтрація дозволяє вирішити питання фракціонування (селективного видалення частинок).

При перевірці води систему ультрафільтрації використовують у тих випадках, коли молекулярна маса хоча б одного складового компонента суміші має значення від 500 і більше. Поряд із системами зворотного осмосу принцип дії ультрафільтрації заснований на різниці тисків. Процес ультрафільтрації протікає при тиску 0,1-1МПа. Можна також скористатися системою пом'якшення води - вона дозволяє досягти найкращого складу цієї рідини. Переваги і недоліки ультрафільтрації:

До недоліків системи ультрафільтрації води відносять:

- невеликий технологічний діапазон, оскільки проведення процедури можливе лише за досконалого дотримання всіх умов (тиску, температури, складу розчинника і т. д.);
- неможливість тривалого використання мембран (1-3 роки) через утворення опадів на поверхні, а також у самих порах, що перешкоджає подальшому фільтруванню внаслідок чого мембрани засмічуються.

До переваг належать:

- низька собівартість фільтрованої води;
- низькі витрати на споживання води;
- високий ступінь очищення;
- скорочення споживання електроенергії;
- довготривала робота мембран;
- висока автоматизація процесу;
- низька вартість обладнання.

Системи ультрафільтрації дозволяють досягти кращої якості води за такими показниками: каламутність, кольоровість та окислюваність за рахунок знезалізнення.

Вода зберігає свої корисні елементи у своєму складі після очищення та одразу придатна для вживання.

Самі установки мають малі габарити, вони компактні і не потребують складного обслуговування, також придатні до очищення води з поверхневих джерел.

Щоб забезпечити компактність установки та зручність її розміщення, системи ультрафільтрації розміщують на спеціальних зварних конструкціях – рамах.



Рисунок 3.2 – Система ультрафільтрації води

Рама – об'ємна конструкція, що служить для з'єднання різних деталей та механізмів у єдиний комплекс.

Головними критеріями якості рами є жорсткість та міцність конструкції, а також раціональне розміщення виробу. Щоб забезпечити ці якості всі деталі рами жорстко з'єднують один з одним.

Рами знайшли своє застосування в багатьох галузях, але в основному в машинобудівній сфері. Рама є несучою конструкцією верстатів, вагонів, кранових візків, автобусів, причепів, фундаментів, ковальсько-пресових і прокатних машин, автомобілів, тракторів, металеві конструкції будівель та ін.

Оскільки всі транспортні засоби в процесі експлуатації зазнають динамічного навантаження, отже, конструкція, що несе повинна мати високу втомну міцність, що досягається тільки при виконанні високоякісного зварного з'єднання.

Існує велика різноманітність рамних конструкцій, тому й методи їх отримання різні. Так, у важкому машинобудуванні балочними заготовками для рам клітей прокатних станів є габаритні сталеві виливки, вони збираються, а потім зварюються між собою, а в рамах візків поїздів часто використовуються сталеві виливки з досить тонкими стінками для найбільш складних елементів.

Такі рами зазнають великих динамічних навантажень, тому технологія зварювання та складання повинна забезпечувати найменшу концентрацію напруг.

Залежно від типу серійності виробництва та числа однакових виробів, оснащення для збирання та зварювання може бути спеціалізованим, або переналагоджуваним.

При розробці технології виготовлення рамних конструкцій, одним із ключових параметрів є послідовність збирання та варіння виробу. У деяких випадках доцільно зварювати конструкції по окремих вузлах.

Для того, що робити повузлове складання та зварювання, необхідні спеціальні пристосування, які мають різні затискні та настановні елементи та механізми.

До різних конструкцій пред'являються різні технічні умови з механічної обробки та точності складання і можуть бути дуже високими.

У процесі виробництва на підприємствах та в будівельних організаціях слід виконувати вхідний, операційний та приймальний контроль точності.

Контроль точності геометричних параметрів є обов'язковою складовою контролю якості та здійснюється за допомогою зіставлення дійсних значень параметрів або характеристик точності зі встановленими.

Контроль точності повинен забезпечувати:

- визначення з заданою ймовірністю відповідності точності геометричних параметрів вимогам нормативно-технічної, технологічної та проектної документації на об'єкти контролю;
- отримання необхідної інформації для оцінки та регулювання точності технологічних процесів.

Контролю точності підлягають:

- геометричні параметри елементів та параметри, що визначають положення орієнтирів розбивних осей та орієнтирів для встановлення елементів, а також положення елементів у конструкціях;
- геометричні параметри технологічного обладнання, форм та оснащення, що впливають на точність виготовлення елементів та їх встановлення у конструкціях та зазначені у відповідних технологічних документах.

Правила контролю точності встановлюють залежно від характеру об'єкта контролю та контрольованих параметрів, обсягів виробництва та стабільності технологічних процесів з урахуванням вартості та необхідної надійності контролю.

Рама служить для надання стійкості та компактного розміщення систем водоочищення, тому вимоги щодо жорсткості та міцності у даної конструкції є не головними. Найважливішим функціоналом, який має мати конструкція – це зручне розміщення систем водоочищення та надання їй стійкого стану зі збереженням габаритних розмірів конструкції після зварювання.



Рисунок 3.3 – Установка ультрафільтрації

На рисунку 3.4 представлена конструкція рами для комерційних систем ультрафільтрації.

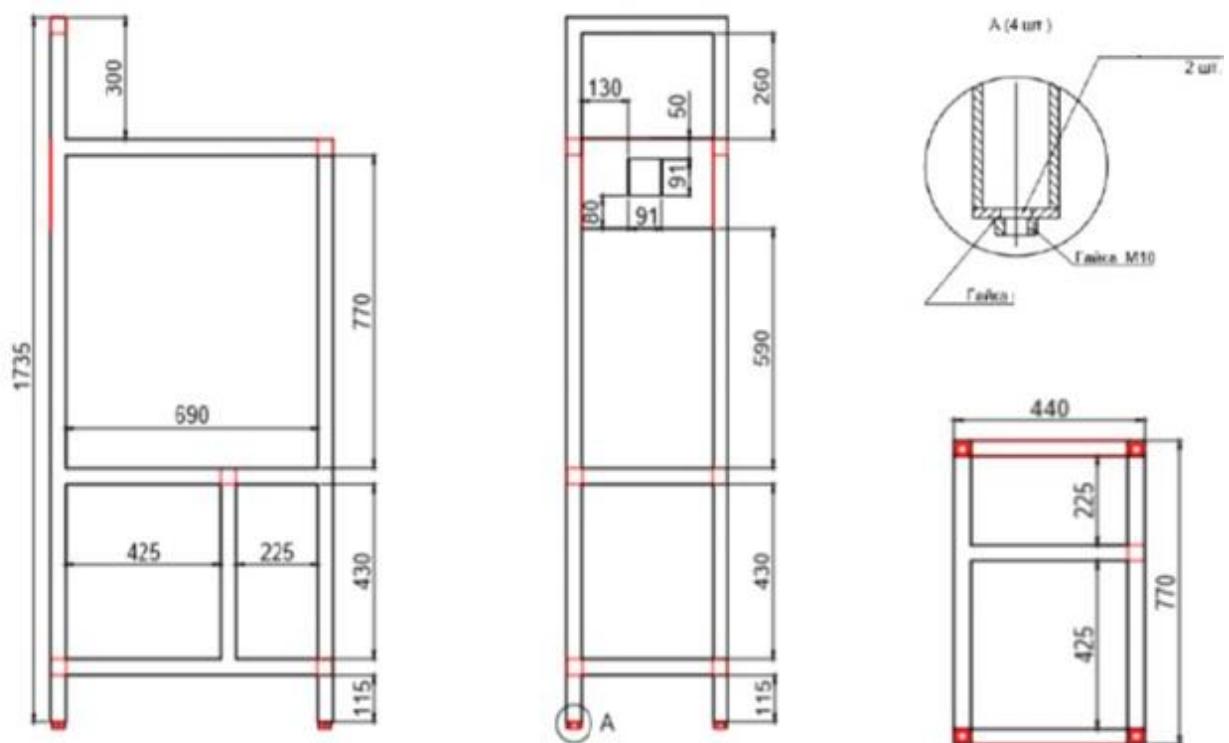


Рисунок 3.4 – Геометричні параметри виробу

Система ультрафільтрації, що розглядається, експлуатуються у закритому приміщенні при температурі понад 20°C та відносній вологості не більше 40%. Рама не сприймає серйозних навантажень.

У зв'язку з цим оптимально буде вибрати конструкційну сталь марки Ст2кп, що недорога і має необхідні механічні властивості. Ст2кп - Сталь конструкційна вуглецева звичайної якості. Застосовується для невідповідних деталей, що потребують підвищеної пластичності або глибокої витяжки; малонавантажені елементи зварних конструкцій, що працюють при постійних навантаженнях та при позитивних температурах

Таблиця 3.1 – Хімічний склад у % матеріалу

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
не більше									
0.09-015	0.05	0.25-0.5	0.3	0.05	0.04	0.3	0.008	0.3	0.08

Таблиця 3.2 – Механічні властивості матеріалу

σ_B МПа	$\sigma_{0.2}$ МПа	δ %	HB 10-1 МПа	ρ кг/м ³
325	216	25	116	7850

У нашому випадку рама служить для надання стійкості та компактного розміщення систем водоочищення, тому вимоги щодо жорсткості та міцності у даної конструкції є не головними водоочищення та надання їй стійкого стану із збереженням габаритних розмірів конструкції після зварювання.

Щоб зварити таку конструкцію, потрібно розробити технологію по зварюванню і збиранню даної рами.

За проектом наша конструкція зварюється з профільної труби. Профільна труба має безліч переваг у порівнянні з трубами стандартної круглої форми:

- невисока вартість Порожня металева труба квадратного перерізу за вартістю менша, ніж аналоги, виготовлені з дерева, та здатна прослужити більш тривалий термін;
- простота установки Завдяки своїм якостям трубу легко можна зігнути. Висока стійкість до пошкоджень. Профільні труби не піддаються механічному впливу. Від корозії труби захищаються спеціальним покриттям; досить великі навантаження, причому протягом тривалого часу.

Першочерговим завданням розробки технології зварювання стоїть вибір способу зварювання. У завданні необхідно зробити зварювання сталі Ст2кп товщиною 2 мм. Для такої товщини підходить кілька способів зварювання:

- ручне дугове зварювання електродом, що плавиться;
- ручне дугове зварювання електродом, що не плавиться;
- механізоване зварювання в середовищі захисних газів.

Ручне дугове зварювання електродом, що не плавиться, можна відразу виключити, оскільки це дуже дорогий і довгий процес, а в умовах серійного виробництва ці параметри є ключовими. Тому потрібно вибирати з двох способів, що залишилися.

Ручне дугове зварювання ММА (ММА – загальноприйнята міжнародна назва) – це процес формування зварювального з'єднання за допомогою електричної дуги. Дуга запалюється між електродом та поверхнею металу, горить стабільно та формує рівний шов. Електроди для РДС виготовляються з металевого дроту та мають спеціальне покриття, що захищає зварювальну зону від негативного впливу кисню. У роботі використовують електроди, довжиною до 45 сантиметрів.

Ручне дугове зварювання електродом, що плавиться.

При РДС дуга запалюється дотиком електрода металевий виріб, зварювальник підтримує довжину дуги рукою на певній відстані і переміщає електрод у напрямку зварного шва.

При контакті електрода з металом виробу відбувається коротке замикання струму і електрод нагрівається до величезної температури, тим самим запалюючи дугу і забезпечується перенесення металу електрода у зварювальну ванну. При РДС застосовують змінний, постійний струм прямої та зворотної полярності та трифазний струм. Для цього способу зварювання застосовуються всі просторові положення зварювання.

Для РДС електродом, що плавиться, використовують електроди з різним покриттям. Воно може бути кислим, рутиловим, основним, целюлозним або комбінованим.

Стрижні електродів виготовляють із металевого дроту. Захисне покриття електродів служить для забезпечення необхідної якості зварювання і електроди повинні відповідати спеціальним вимогам.

Суть процесу РДС полягає в наступному: електрична дуга спалахує між електродом і металом, що зварюється. Електрична дуга розплавляє електродний стрижень, і метал, що зварюється.

В результаті цього в рідкому стані формується металева зварювальна ванна. Потік розплавленого металу з електрода, що плавиться, перетікає в рідку ванну. Розплавлений метал і розплавлений шлак разом утворюють зварювальну ванну.

У міру видалення електричної дуги, розплавлений метал у рідкій ванні остигає і твердіє, формуючи зварний шов. Розплавлений шлак також твердне і залишається на поверхні шва у вигляді кірки, яку згодом зачищають.

Для того, щоб вибрати потрібні електроди, потрібно враховувати наступні фактори: необхідне просторове положення зварювання (нижнє, горизонтальне, вертикальне та стельове) та потрібні властивості зварного шва. Для надання зварним швам потрібної якості зварювальні електроди покриваються спеціальними покриттями.

Вони забезпечують стійкіше горіння дуги, захищають поклик зварювання від шкідливих впливів атмосферних газів. Електродне покриття містить у собі різні розкислювачі, які запобігають зварювальним забрудненням, покращують стабільність горіння дуги, а легуючі елементи, що входять до складу покриття, покращують якість зварювання та якість зварних швів.

Перед зварюванням потрібно вибрати потрібний електрод. Склад стрижня електрода та основного металу виробу повинні бути однаковими або мати невеликі відмінності.

Для зварювання електроди вибирають так, щоб склад стрижня електрода був схожим або однаковим з металом основного матеріалу.

До складу електродних покриттів може входити різноманітна кількість компонентів.

Наприклад, рутил, целюлоза, залізний порошок, фторид кальцію та інші. Електроди, з рутиловим покриттям прості у використанні і здатні зварювати шви з гарним зовнішнім виглядом, але в їхньому складі велика кількість водню, що призводить до хрущення зварного шва.

Покриття, що містять фторид кальцію утворюють міцні зварні шви, але із зовнішнім виглядом набагато гірше, ніж при рутиловому покриття. Такі електроди здатні поглинати вологу з повітря, тому варто зберігати в сухому місці без доступу вологи.

Покриття, що містять целюлозу, здатні глибоко проплавляти основний метал, але потрібно вживати заходів щодо запобігання появі тріщин у зварювальному шві.

Для ручного дугового зварювання електродом, що плавиться, застосовують такі різновиди джерел струму:

- трансформатори;
- випрямлячі;
- інвертори.

Головна труднощі при зварюванні тонкого металу, (товщина якого не перевищує 2-3мм) ручним дуговим зварюванням полягає у появі пропалів з великою ймовірністю.

Тому при зварюванні тонколистового металу необхідно дотримуватися спеціальної техніки ручного дугового зварювання.

Для виключення пропалів часто виконуються такі технологічні прийоми, крім вищерозглянутих: - у зварювальний ланцюг включають осцилятор, необхідний стійкого горіння електричної дуги.

Також застосування осцилятора рекомендується у разі, коли виконується зварювання тонких листів металу до товстого листа.

Основні переваги технології перед іншими видами зварювання полягають у наступному:

- зварювання у важкодоступних місцях;
- будь-яке просторове становище;

- зварювання великого виду матеріалів через різноманітність електродів
- невелика вартість зварювального обладнання.

Але також РДС має ряд недоліків:

- низька продуктивність;
- шкідливий вплив на здоров'я;
- якість зварювання залежить від кваліфікації зварювальника;
- магнітне дування;
- потрібне зачищення від шлаку та бруду кожного шва.

Механізоване зварювання серед захисних газів.

Механізоване зварювання в середовищі захисних газів - дугове зварювання з використанням різних газів та їх сумішей для захисту зварювальної дуги та ванни від шкідливого впливу атмосферних газів.

При цьому способі зварювання, захисний газ подається у зварювальну зону та ізолює та захищає її від негативного впливу газів, що містяться у повітрі, перешкоджаючи їх взаємодії.

Потім, дуга нагріває та розплавляє основний та електродний метал, утворюючи зварювальну ванну. Після остигання металу, утворюється зварювальний шов. Для механізованого зварювання серед захисних газів застосовують інертні, активні гази та його суміші.

Основними інертними газами у зварювальному процесі є аргон і гелій, активними – вуглекислий газ, водород, кисень та азот та газові суміші на їх основі. наприклад, аргон + гелій, аргон + вуглекислий газ, аргон + кисень та інші.

Активні гази застосовують для того, щоб надати з'єднанню потрібних якостей. Суміші газів використовують для стійкого горіння дуги, покращення вигляду та форми зварного шва, а також для зменшення розбризкування металу.

Для розробки проекту зі зварювання рами буде використовуватися вуглекислий газ (CO_2), тому що він є найбільш економічним і підходить для зварювання нашого матеріалу.

Сутність зварювання серед захисних газів:

Вуглекислий газ, який подаються до зони зварювання, під впливом великої температури зварювальної дуги, розпадається на дві складові – кисень і чадний газ.

Після розпаду в зоні зварювання виходить газова суміш із трьох компонентів – кисень, чадний та вуглекислий газ. Ця суміш активно захищає поклик зварювання та взаємодіє з основним металом, а саме із залізом та вуглецем.

Для того, щоб прибрати окисний вплив CO_2 , до зварювального дрота додають надлишок марганцю і кремнію. Вони активніші, ніж залізо, тому, спочатку вони входять у реакцію з вуглекислим газом.

Щоб знешкодити дію вуглекислого газу на основний метал, у зварювальний дріт вводять надлишковий кремній та марганець. Ці елементи активніші, ніж залізо, тому, спочатку вони вступають у реакцію з вуглекислим газом.

Залізо не окислюється вуглецем, поки в зоні зварювання існують активніші марганець і кремній у вільному стані. Якщо співвідношення марганцю і кремнію лежить у межах від 1,5 до 2, то забезпечується гарна якість з'єднання з'єднання.

З'єднання марганцю і кремнію, що вийшло, не залишаються в зварювальній ванні, вони вступають в реакцію один з одним. З'єднання, що утворилися легкоплавкі, і швидко виходять на поверхню рідкого металу у вигляді шлаку.

Особливості зварювання в середовищі вуглекислого газу: Для забезпечення методу механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу, використовують постійний струм зворотної полярності, тому що при використанні прямої полярності знижується стійкість горіння дуги, внаслідок чого утворюються зварювальні дефекти і підвищується чад і розбризкування. Для даного методу необхідно вибирати джерела зварювального струму з жорсткою характеристикою.

При необхідності можна зварювати на змінному струмі. Але щоб це здійснити, потрібно додати осцилятор у зварювальний ланцюг. Якщо зварювання здійснюється даним методом, то кромки можна не обробляти, якщо товщина матеріалу, що зварюється, лежить в межах від 1 до 8 мм і зазор при цьому повинен бути не більше 1 мм.

При зварюванні більш товстого металу, до 12 мм, рекомендується виконувати V-подібну обробку кромки. Якщо товщина перевищує 12 мм, слід здійснювати Х-подібну обробку кромки. Щоб приступити до процесу зварювання, слід зачистити підготовлені кромки від забруднень. Це можна зробити різними інструментами, вручну.

Зварювальні матеріали. Для даного методу найчастіше використовують зварювальний дріт з підвищеним вмістом марганцю і кремнію, так як вони не вступають у реакції з основним металом і нейтралізують окислювальну дію вуглекислого газу, а потім виходять у вигляді шлаку на поверхню рідкого металу.

Не допускаються забруднення на дроті, оскільки знижують стійкість горіння дуги.

Устаткування.

Щоб успішно здійснити метод механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу, необхідно наступне обладнання: зварювальна апаратура (джерело живлення, зварювальний пальник), газова апаратура (шланги, редуктори, газові балони). Механізоване зварювання в зрізі захисних газів має наступні переваги:

- відмінна якість з'єднань і високий ККД;
- можливість зварювання металу різної товщини;
- невелика ЗТВ;
- немає необхідності видаляти флюс чи шлак, зачищати шви;
- не потрібно зачищати шви при багатошаровому зварюванні;
- легкий візуальний контроль процесу зварювання.

Недоліки:

- Утруднене зварювання у важкодоступних місцях через громіздке обладнання;
- Дорожнеча обладнання;
- Потрібно постійно оновлювати газ у балонах.

Тепер, коли ми познайомилися з двома способами зварювання, потрібно зробити вибір на користь одного. Обидва види зварювання підходить під товщину металу, що зварюється.

Отже, потрібно робити вибір на користь економічності та продуктивності.

Ручне дугове зварювання покритим електродом має тільки одну потрібну нам якість – це її дешевизна, але вона абсолютно не продуктивна для великосерійного виробництва, бо нам потрібно випускати 20 складальних одиниць на місяць.

Тому цей спосіб не дозволить досягти необхідних показників продуктивності, і, отже, нам не підходить.

Механізоване зварювання в середовищі захисних газів, а саме в зрізі CO_2 , вимагає початкових фінансових вкладень на обладнання, яке набагато дорожче за обладнання для ручного дугового зварювання.

Але, оскільки у нас виробництво серійне, то зрештою ці вкладення окупляться. І подальші витрати будуть лише на газ та зварювальні матеріали. Також цей вид зварювання дуже продуктивний і не так залежить від кваліфікації зварювальника. Шви не потрібно зачищати від шлаку і сам процес відбувається набагато швидше.

Тому цей метод є кращим для нашого виробництва.

Тепер, коли ми визначилися зі способом зварювання, потрібно вибрати зварювальні матеріали. Для механізованого способу зварювання застосовується зварювальний дріт.

Зварювальний дріт повинен повністю або майже повністю відповідати хімічному складу основного металу.

Так як ми вибрали як основний метал сталь Ст2кп, то і дріт повинен бути з низьковуглецевої сталі.

Зварювальний дріт - дріт для зварювання та наплавлення.

Безпосередньо зварювальний дріт використовується як присадочний матеріал не тільки при ручному та напівавтоматичному електрозварюванні, але також і при електрозварюванні автоматичного типу.

Так, за своєю структурою, а також використовуваним матеріалом зварювальний дріт буває алюмінієвим, нержавіючим, порошковим, обмідненим, а також звичайним, без будь-якого покриття.

Для з'єднання низьковуглецевих і низьколегованих сталей використовують зварений зварений дріт.

Процес ведуть у середовищі захисних газів (вуглекислота). Завдяки мідному покриттю шов виходить міцним, з добрими механічними властивостями, стійкістю до руйнування.

Для такої сталі найвиправданішою є дріт з низьким вмістом вуглецю Св-08, Св-08А та легованих Св-08ГС, Св-08Г2.

Відмінною особливістю зварювання є одержання рівного та чистого зварювального шва.

При застосуванні її при зварюванні знижується рівень розбризкування та ймовірність залипання зварювальних електродів.

Для нашої конструкції найоптимальніший варіант за ціною та якістю буде дріт Св-08. Діаметр зварювального дроту вибирається за товщиною металу.

Для нашої товщини придатні дроти діаметром 08-12 мм.

Оскільки одним із важливих критеріїв у нашому виробництві є ціна, то найоптимальнішим вибором буде дріт діаметром 0,8 мм за рахунок своєї ціни.

Хімічний склад дроту Св-08 представлений у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад дроту Св-08

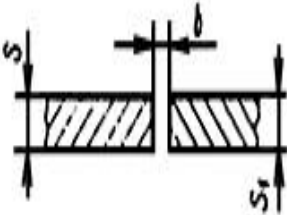
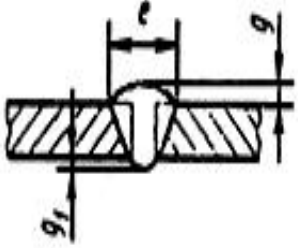
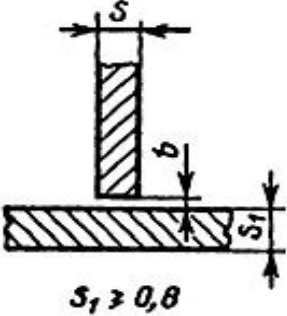
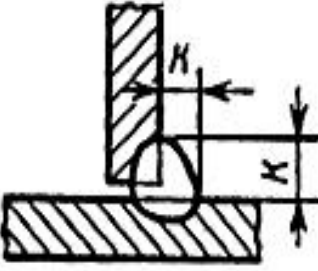
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
не більше								
0.1	0.03	0.35- 0.6	0.3	0.04	0.04	0.15	0.25	0.25

3.2 Розрахунок параметрів режиму зварювання

Режими зварювання – сукупність основних та додаткових характеристик зварювального процесу, що забезпечують отримання зварних швів заданих розмірів, форми та якості.

Насамперед потрібно визначити: геометричні розміри зварювального шва, чи потрібна обробка кромки.

Таблиця 3.4 – Основні типи, конструктивні елементи та розміри

Позначення зварного з'єднання	Конструктивні елементи підготовлених кромки зварюваних деталей	Конструктивні елементи зварного шва
C2		
T1		

Розрахуємо основні параметри зварювання.

До параметрів режиму механізованого дугового зварювання в захисних газах, що визначаються розрахунком, відносяться: зварювальний струм,

напруга на дузі, швидкість зварювання, діаметр зварювального дроту та швидкість подачі електродного дроту.

Шов характеризується глибиною проплавлення шириною шва, висотою посилення, коефіцієнтом форми провару та коефіцієнтом форми валика.

Розрахунок режиму зварювання проводиться завжди для конкретних випадків, коли відомі марку сталі, що зварюється, спосіб зварювання, обрані зварювальні матеріали: захисний газ, марка зварювального дроту та інші дані щодо шва та технологічного процесу.

Встановимо потрібну глибину проплавлення притуплення. При зварюванні односторонніх швів глибину проплавлення провару встановлюють залежно від застосованого прийому для формування кореня шва, що запобігає утворенню пропалів. У нас замкове з'єднання, отже – H не менше S , тому приймаємо $H = 2$.

Розрахуємо величину зварювального струму $I_{зв}$:

$$I_{зв} = \frac{H}{K_h} \cdot 100 \quad (3.1)$$

де K_h - коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов проведення зварювання.

$$I_{зв} = \frac{2,2}{2,1} \cdot 100 = 94 \text{ А}$$

Вибираємо діаметр зварювального дроту:

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}} \quad (3.2)$$

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{94}{200}} = 0,7$$

де j – допустима щільність струму в електроді (А/мм²), яку зменшують для забезпечення сприятливої форми провару та зниження ймовірності утворення кристалізаційних тріщин.

Визначаємо напругу на дузі:

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_e^{0.5}} \cdot I_{3\phi} \pm 1 \quad (3.3)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{0.7^{0.5}} \cdot 94 \pm 1 = 24 \pm 1.$$

Визначаємо швидкість зварювання:

$$V_{3\phi} = \frac{A}{I_{3\phi}} \quad (3.4)$$

де значення А приймають залежно від d_e , при $d_e = 0,7$ мм, приймаємо $A = 5000$ А·м/год.

$$V_{3\phi} = \frac{5000}{34} = 147 \text{ м/год}$$

При цьому необхідно мати на увазі, що при механізованому зварюванні, без застосування особливих технологічних прийомів швидкість зварювання повинна перебувати в межах 15 – 60 м/год, а розрахункове значення має бути округлене до найближчого цілого числа.

Розрахуємо погонну енергію q_n за формулою:

$$q_n = \frac{0,24 \cdot I_{3\phi} \cdot U_{\partial} \cdot \eta}{V_{3\phi}}, \quad (3.5)$$

де $\eta = 0.8 - 0.84$ при зварюванні у вуглекислому газі електродом, що плавиться.

$$q_n = \frac{0,24 \cdot 94 \cdot 24 \cdot 0,82}{0,43} = 1033 \text{ кДж/см.}$$

Визначаємо коефіцієнт форми шва:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0.1 \cdot I_{3\phi}) \cdot \frac{d_e \cdot U_{\partial}}{I_{3\phi}}; \quad (3.6)$$

$$\psi_{np} = 0,93 \cdot (19 - 0.1 \cdot 94) \cdot \frac{0,7 \cdot 24}{94} = 1,47.$$

Для механізованого зварювання ψ_{np} має бути в межах 0.8 – 4.

Розрахунковий коефіцієнт форми провару $\psi_{np}=1,47$ відповідає заданим межам.

Розрахуємо необхідну глибину провару H за формулою

Для стикового з'єднання:

$$H = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}}; \quad (3.7)$$

$$H = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{1033}{1,47}} = 4.5 \text{ мм.}$$

Для таврового з'єднання:

$$H = (0,5...0,7)r \quad (3.8)$$

де r – відстані до ізотерми ($r = 0,11$).

Визначимо ширину шва e :

$$e = \psi_{np} H; \quad (3.8)$$

$$e = 1,47 \cdot 4,5 = 6,61.$$

Встановлюємо виліт електрода 1. При зварюванні у вуглекислому газі виліт електрода 1 вибирають у межах 10-20 мм:

Визначаємо коефіцієнт наплавлення α_n

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \psi), \quad (3.9)$$

де ψ – коефіцієнт втрат, що визначається за такою формулою:

$$\psi = 4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2; \quad (3.10)$$

$$\psi = 4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 200 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 200^2 = 10,57 \text{ \%}.$$

Коефіцієнт розплавлення α_p розраховується за такою формулою:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-4} \sqrt{I_{38}} \cdot \frac{1}{d_e^2} \quad (3.11)$$

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-4} \sqrt{94} \cdot \frac{1}{0,7^2} = 9,01;$$

$$\alpha_n = 9,01 \cdot (1 - 0,106) = 8,05 \text{ г/А год.}$$

Визначимо швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{n.e} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{36}}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \gamma}, \quad (3.12)$$

де γ – питома вага металу, г/м³ (Для Ст2кп, $\gamma = 7,85$ г/см³).

Отже, швидкість подачі дорівнює електродного дроту:

$$V_{n.e} = \frac{4 \cdot 8,05 \cdot 94}{3,14 \cdot 0,7^2 \cdot 7,85} = 193 \text{ м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.е}$ остаточно приймають з урахуванням технічної характеристики автомата, на якому буде зварювання.

Визначаємо площу наплавленого металу.

Для таврового з'єднання:

$$F_H = \frac{K_n \cdot K}{2} \quad (3.13)$$

де K_n - коефіцієнт посилення шва $K_n = 1,3$;

K – катет шва, мм.

$$F_H = \frac{1,3 \cdot 2,5^2}{2} = 4,06$$

Для стикового з'єднання:

$$F_H = \frac{\alpha_n \cdot I_{36}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{36}}, \quad (3.14)$$

де γ - питома вага металу, г/м³ (Для Ст2кп, $\gamma = 7,85$ г/см³).;

$$F_H = 8,1 \cdot 953600 \cdot 7,85 \cdot 0,44 = 6,1 \text{ мм}^2;$$

$$F_H = \frac{8,05 \cdot 94}{3600 \cdot 7,85 \cdot 4,3} = 5,3 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо висоту валика.

$$q = \frac{F_H}{0,73 \cdot e}; \quad (3.15)$$

$$q = \frac{5,3}{0,73 \cdot 6,61} = 1,01 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальну висоту шва С на стиковому з'єднанні

$$C = H + q; \quad (3.16)$$

$$C = 4,5 + 1,01 = 5,51.$$

Визначаємо коефіцієнт форми посилення:

$$\psi_e = \frac{e}{q} \quad (3.17)$$

$$\psi_e = \frac{6,61}{1,01} = 6,5$$

Для добре формованих швів ψ_v має знаходитися в межах 6 -10.

Наша умова відповідає вимогам.

Знайдемо площу проплавлення:

Для стикового з'єднання:

F_{np} - площа перерізу проплавленого металу, яка приблизно може бути визначена за формулою (3.13):

$$F_{np} = 0,73 \cdot e \cdot H, \quad (3.18)$$

при цьому ширину зварного шва візьмемо з таблиці С2 ($e = 8 \text{ мм}$).

необхідна глибина провару $H = 2 \text{ мм}$.

Тоді підставивши значення формулу (18), отримаємо:

$$F_{np} = 0,73 \cdot 8 \cdot 2 = 11,68 \text{ мм}^2$$

Для таврового з'єднання:

У зв'язку з тим, що розрахунок площі проплавлення в тавровому з'єднанні не має точної формули і є дуже складним, ми скористаємося комп'ютерною програмою.

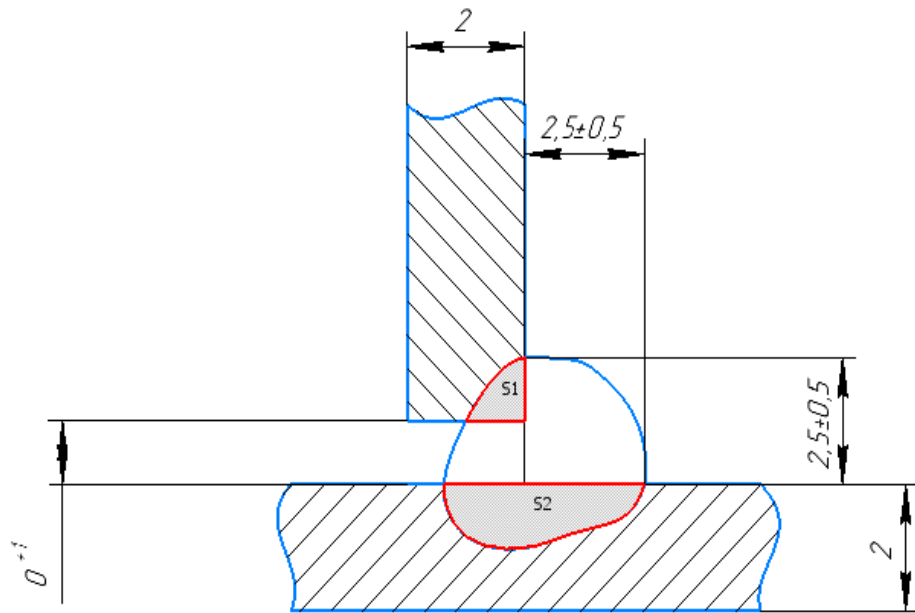


Рисунок 3.5 – Площа проплавлення

За програмою видно, що площа проплавлення $F_{np} = 3,17 \text{ мм}^2$.

Визначення частки участі основного металу:

$$\gamma_0 = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_H} \quad (3.19)$$

Для стикового з'єднання:

$$\gamma_0 = \frac{11,68}{11,68 + 4,06} = 0,74$$

Для таврового з'єднання:

$$\gamma_0 = \frac{3,17}{3,17 + 5,3} = 0,36$$

4 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

4.1 Вибір зварювального обладнання

В даний час на ринку представлений величезний вибір різного обладнання для механізованого зварювання у середовищі захисних газів.

Сучасне джерело має відповідати певним вимогам:

- забезпечувати необхідну силу струму та напругу дуги, необхідних для цього технологічного процесу;
- володіти потрібними ВВАХ, щоб забезпечувати стійке та стабільне горіння дуги;
- мати параметри, що змінюються, щоб нормально збуджувати дугу;
- мати малий коефіцієнт розбризкування;
- тривалість безперервного зварювання;
- наявність захисної функції від перегріву;
- робота за певних навантажень та умов експлуатації, просторове положення шва, вологість, температура.

Оскільки наш проєкт має на увазі серійне виробництво, то не варто вибирати найдешевше джерело живлення.

Потрібно проаналізувати ринок, почитати відгуки та рекомендації та зробити вибір на користь якісного джерела живлення, яке прослужить довгий час, не змінюючи своїх характеристик і не потребує постійного ремонту.

Механізоване (напівавтоматичне) зварювання за допомогою електрода, що плавиться в захисному газовому середовищі являє собою електродуговий процес.

При цьому посадковий дріт подається за допомогою роликового механізму електричним приводом.

Швидкості подачі дроту та його плавлення синхронізуються, завдяки чому електрична дуга зберігає постійну довжину, а процес перенесення у зварювальну ванну присадного металу відбувається рівномірно.

При цьому через наконечник зварювального пальника (сопло) подається захисний газ, що ізолює зону нагрівання та плавлення від атмосферних газів.



Рисунок 4.1 – ТП зварювання в захисному газі

Роботи здійснюються вручну, а для включення та вимкнення струму, керування подачею дроту, ініціації дуги та іншого служить спеціальна кнопка на пальнику «пуск/стоп».

Плюси та мінуси зварювання напівавтоматом серед захисних.

Переваги: велика продуктивність; оптимальне введення легуючих елементів та розкислювачів через дріт, завдяки чому з'єднання виходить якісним; немає флюсів та покриттів, а значить, не треба прибирати шлак; мало відходів – висока ефективність.

Недоліки: складна, якщо порівнювати з ручним зварюванням, апаратура; проведення захисних заходів під час роботи на відкритих місцях; потреба закуповувати захисні гази.

При зварюванні напівавтоматом зварювальні ванни надійно захищені газовою атмосферою, причому використовуються інертні (спосіб MIG), активні гази (спосіб MAG) та їх комбінації. Завдяки їм створюється середовище, в яке не може проникнути атмосферне повітря, ванна захищена від їхнього впливу від моменту, коли стартує плавлення, до самої кристалізації.

При напівавтоматичному зварюванні в середовищі захисних газів тип цього середовища вибирають виходячи з даних про метал заготовок (марка, вид), які, у свою чергу, говорять про їх фізико-хімічні характеристики. (Або) менш стабільний.

Крім цього, звертають увагу на таке:

- Ширина, довжина, висота заготовок; спосіб, яким вони готуються до зварювання.
- Чи потрібна термообробка деталей.
- Які технологічні нюанси зварювання, вимоги до якості шва.
- Технічні параметри обладнання та застосовуваних матеріалів.
- Стан довкілля: відносна вологість, температура, швидкість вітру, а також доступність стику.
- Яка розрахункова витрата газу та його ціна.

Зварювальний пост при напівавтоматичному зварюванні серед захисних газів включає:

1. Джерело електроструму.
2. Механізм, що подає дріт.

Сюди входить газобалонна апаратура:

- балони з вуглекислим газом, які приєднують за допомогою газового колектора;
- редуктор, що регулює витрати газу;
- ротаметр, що визначає рівень витрати;
- додаткові прилади, такі як змішувач, осушувач, підігрівач;
- газові шланги;
- припливно-витяжна вентиляція.

Суть напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів полягає у використанні установки, яка включає джерело електроживлення, пальник, механізм подачі матеріалу, блок управління зварювання та пульт дистанційного керування. Режими напівавтоматичного зварювання серед захисних газів — постійний і імпульсно-дуговий.

Зварювання проводиться як електродами, що не плавляться, так і плавляться.

Електроди, що не плавляться (графітові, вугільні або вольфрамові) необхідні тільки для збудження і підтримки горіння дуги. Щоб заповнити обробку кромek, що зварюються в зоні дуги, необхідно ввести присадковий метал у вигляді дроту або прутків.

При цьому графітові або вугільні електроди використовують найчастіше тільки при роботі з легованими сталями, тому що вони не зможуть забезпечити стійке горіння дуги, внаслідок чого зварний шов пористий і матиме темний наліт.

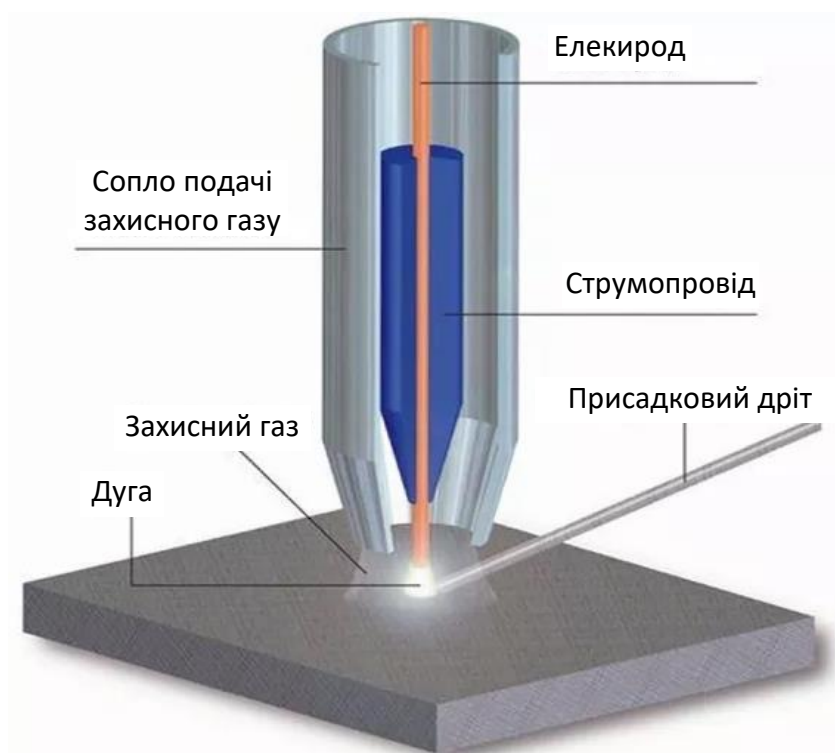


Рисунок 4.2 – Електроди для зварювання у захисних газах

При напівавтоматичному зварюванні в захисних газах використовують електроди, що не плавляться, і спеціальні інверторні шлангові зварювальні напівавтомати. Суть виконання таких робіт полягає в пересуванні зварювальної головки вздовж лінії зварного шва одночасно при опорі на дріт, що має перетин 1-2 мм.

При автоматичному зварюванні в захисних газах можуть використовуватися як плавляться, так і електроди, що не плавляться. Роботи такого типу виробляються на спеціальних автоматах із закріпленою головкою на консолі, що обертається.

Тим самим з'являється можливість одночасної обробки одразу на декількох робочих ділянках.

При автоматичному або напівавтоматичному зварюванні в захисних газах електродом, що плавиться, при товщині металу не більше 8 мм можна виконати повністю проварений шов, навіть не використовуючи обробку кромки і не роблячи зазор між ними.

При обробці кромки і проміжку повний провар можна отримати при товщині стінки металу до 11 мм.

При автоматичному зварюванні продуктивність виготовлення стикових з'єднань можна значно збільшити, використовуючи обробку без скосу кромки.

Останнім часом набули популярності інверторні апарати, що працюють на постійному струмі.

Завдяки механізмам подачі дріт стабільно і із заданою швидкістю надходить у зварювальний пальник.

Ці механізми включають електродвигун, редуктор, ролики - притискні та подають, дротяні касети. Подаючі механізми бувають відкритого та закритого типів.

Для домашнього користування досить простого приладу з двома роликами, професійні зварювальні установки можуть містити чотири ролики і більше.

Іноді потрібно збільшити робочу зону зварювання.

Щоб забезпечити надійну подачу дроту на десятки метрів від пульта управління, використовують проміжні механізми подачі.

Вони діють одночасно з основним обладнанням, завдяки чому зварювання проходить без перебоїв.

Пропонуємо вибрати інверторне джерело живлення AURORA ULTIMATE 350 з відкритим подаючим механізмом.

Серія ULTIMATE – це максимально продуктивні інверторні джерела для напівавтоматичного зварювання MIG/MAG, а також для повноцінного зварювання MMA у всьому діапазоні.

Виконання "декомпакт" з 4-х роликовим виносним механізмом, що подає.

У стандартній поставці пакет кабелів до механізму подачі - 5 метрів, що дозволяє максимально розширити робочу зону кожного зварювальника.



Рисунок 4.3 – Джерело живлення AURORA ULTIMATE 350

Проста в налаштуваннях панель управління має всі найважливіші функції для якісного виконання будь-якого виробничого завдання.

Є режим заварювання кратера, продувка газом, 4-х тактний режим роботи пальника, перемикач зміни полярності і т.д.

Передова технологія силової частини з урахуванням модульної технології IGBT гарантує надійність роботи цієї техніки довгі роки.

Особливості:

- універсальне джерело для напівавтоматичного зварювання MIG/MAG та для ручного дугового зварювання MMA;
- потужний і легкий (7кг.) 4х-роликовий механізм подачі з пакетом проміжних кабелів;
- інтуїтивно зрозуміла панель управління для точного налаштування всіх найважливіших параметрів зварювання;
- стабільна тривала робота на максимальних струмах;
- два цифрових дисплеї для відображення налаштувань та контролю зварювального процесу;
- розетка 36В на задній панелі для підключення підігріву газу;
- сучасна високоефективна система повітряного охолодження;
- передова модульна технологія IGBT;

Функції управління подаючого механізму:

- регулювання зварювального струму відповідно до вибраного діаметра дроту;

- регулювання зварювальної напруги;
- режим швидкого протягування дроту.

Таблиця 4.1 – Характеристики апарату Aurora ULTIMATE 350 з відкритим механізмом подачі

Напруга мережі	380
MIG-MAG струм (min)	60
MIG-MAG струм (max)	350
Охолодження	Повітряне
Клас захисту	IP 21
ПВ (тривалість включення) %	35
Напруга холостого ходу, В	61
Потужність, що споживається, кВА	16.25
Тип джерела	Інвертор
Діаметр сталевих дроту	0.8-1.2
Кількість роликів у подаючому механізмі	4
Швидкість подачі дроту, мм/сек	50-250
Розташування подаючого пристрою	Усередині
Потужність генератора, що рекомендується	11.20
Споживаний струм, А	21.30
Гарантійний термін	2
Вага, кг	30
Габаритні розміри	550x280x545

Даний механізм подачі дроту розроблений відповідно до всіх правил безпеки.

Правильне встановлення апарату та дотримання всіх запобіжних заходів при роботі забезпечать вам безпечне використання даного обладнання.

Механізм подачі дроту моделі SB-10-F - це чотири-роликовий повнопривідний механізм подачі дроту і має такі переваги:

- велика потужність,
- стабільна подача,

- міцність,
- надійність,
- пиленепроникність,
- здатність витримувати жорсткі умови роботи.

Даній моделі більше підходить порошковий дріт діаметром Ø 1.0, 1.2 та 1,6 мм. SB-10-F підходить для різних типів CO2\MAG зварювальних апаратів та майже всіх типів пальників (Euro, Panasonic).

Ця модель складається і закритого корпусу, двигуна з редуктором, повнопривідного подачі, тримача для катушки з дротом, газового шланга, кабелю управління та силового кабелю.

Апарат має легку вагу, компактність, простоту у використанні та високу потужністю подачі.

Так як механізм подачі дроту не оснащений спеціальним пристроєм для пересування та підняття, потрібно взяти заходів ізоляції між механізмом подачі та підтримуючою системою.

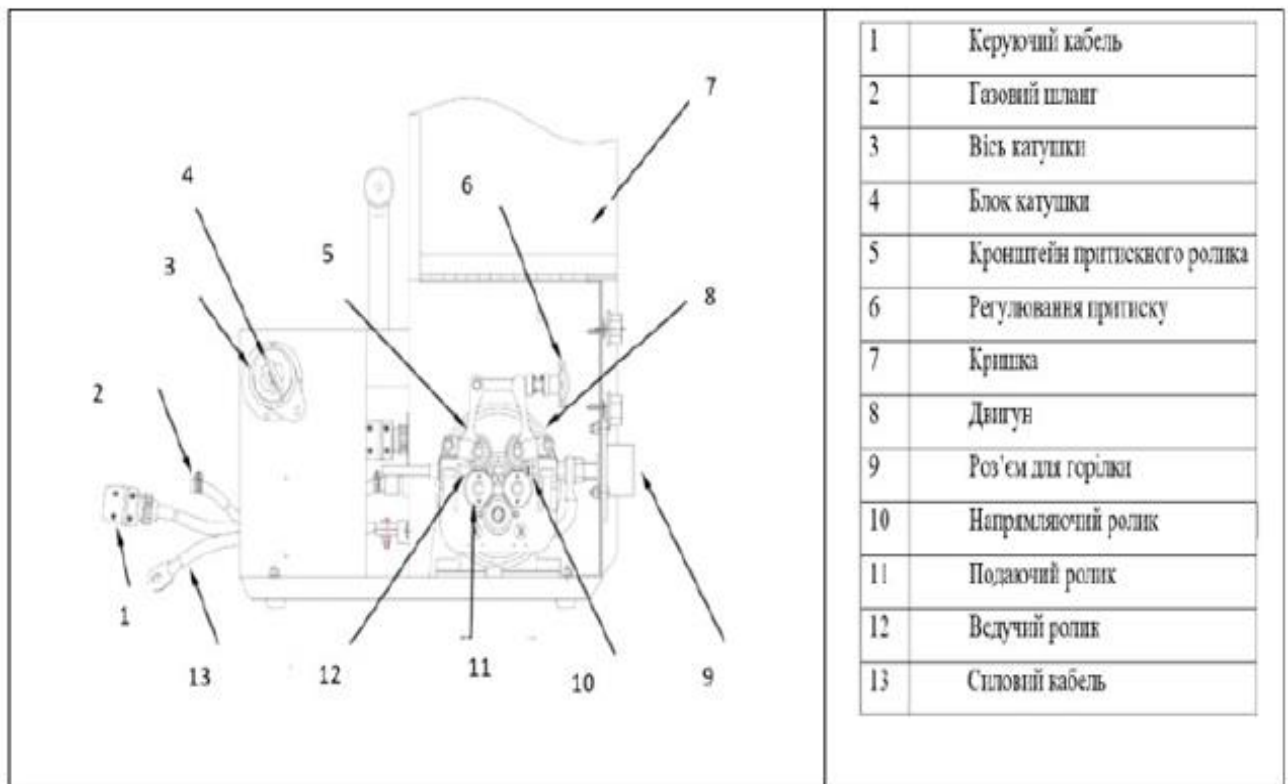


Рисунок 4.4 – Будова апарату Aurora ULTIMATE 350 з відкритим механізмом подачі

Зварювальний апарат Aurora ULTIMATE 350 INDUSTRIAL 10044 знаходить застосування на виробництві та будівництві, монтажі металоконструкцій.

Зручність виробу полягає в особливостях конструкції:

- довжина кабелів подаючого механізму: 15 метрів, що дозволяє збільшити зону зварювання;
- точне налаштування роботи апарату: продування газом, зміна полярності.

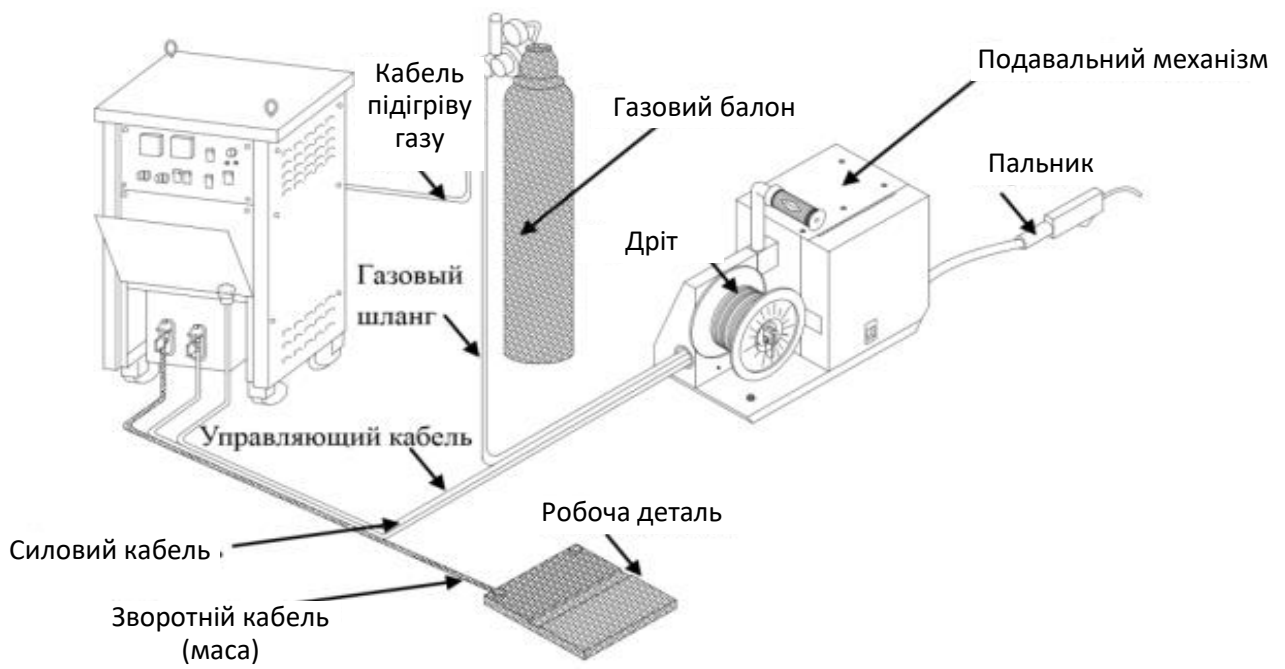


Рисунок 4.5 – Зварювальний пост

- основа: модулі IGBT.

Точне налаштування зварювального апарату:

- налаштування зварювальної напруги заварювання кратера;
- контролює індуктивність для налаштування бажаної жорсткості дуги, глибини провару та форми валика;
- регулювання зварювального струму заварювання кратера в режимі MIG;
- регулювання зварювального струму у режимі MMA;
- вибір режиму зварювання MIG/MAG чи MMA;
- увімкнення/вимкнення режиму заварювання кратера;

- вибір типу дроту: металевий/порошковий;
- вибір діаметра дроту: 1.0 – 1.2;
- регулювання зварювального струму відповідно до вибраного діаметра дроту;
- регулювання напруги;
- режим швидкого протягування дроту.

4.2 Технологія збирання та зварювання

Заготівельні операції. Після виконання креслення нашої конструкції потрібно зробити розмітку та нарізка труб потрібної довжини згідно з розмірами, встановленими на кресленні.

Довжина профільних труб варіюється від 1,5 до 12,5 метрів в залежності від способу виготовлення. Найпоширеніший прокат труб завдовжки 3 та 6 метрів.

Таким прокатом ми скористаємося.

Після надходження матеріалу в цех, на стадії вхідного контролю слід виконати перевірку з метою підтвердження його відповідності вимогам стандартів, технічних умов, конструкторської документації та переконатися як постачання, перевірити паспорт заготовок, наявність дефектів, отриманих під час транспортування та розвантаження.

Наступним кроком після виконання візуального контролю є розмітка матеріалу. Розмітку слід виконувати з урахуванням припусків на обробку.

Після нарізки всіх елементів конструкції необхідно підготувати кромки труб до збирання та зварювання. Кромки, що зварюються, необхідно зачистити до металевих блиску і знежирити на ширину близько 20 мм.

Складальні операції. Після виконання всіх заготівельних операцій проводиться складання конструкції рами.

Складання під зварювання одна з найбільш трудомістких операцій. Вона повинна забезпечувати зручність та якість зварювання конструкції.

Для цього необхідно витримати заданий зазор між деталями, що з'єднуються, виставити співвісність, встановити деталі в проектне положення і закріпити між собою так, щоб взаєморозташування деталей не порушилося в процесі зварювання.

Заготовки розміщують на зварювальному столі або кондукторах, щоб надати їм нерухомий стан, що в процесі зварювання є одним з важливих параметрів. Після складання повинен бути забезпечений вільний доступ до місця зварювання для зручного процесу.

Щоб з'єднати деталі між собою безпосередньо перед зварюванням, з'єднують їх короткими швами, які називаються прихватками. Для різних відповідальних конструкцій кількість прихваток регламентується різними документами, але в нашому випадку прихватки ставляться тільки для того, щоб з'єднати деталі між собою для зручності та стійкості, тому достатньо поставити по одній прихватці з кожної межі квадратної труби.

Технологія зварювання та прихваток однакова. Так як машина конструкція вариться механізованим зварюванням в середовищі CO_2 , прихватки перед зварюванням досить очистити металевою щіткою.

Повна послідовність операцій представлена маршрутній карті комплекту документів.

Зварювальні операції. Зварювання виробляють від країв до центру, намагаючись рівномірно прогрівати шов, не затримуючись на одній ділянці, оскільки висока ймовірність пропалити нашу профільну трубу.

З тієї ж причини зварювання рекомендується проводити короткими ділянками з відривом, стежачи за тим, щоб кромки встигали оплавлятися.

Способи виконання зварювальних швів залежать від їхньої довжини і товщини металу, що зварюється. Так як наші шви мають довжину 40 мм, то вони виконуються напрохід.

Для запобігання перегріву всередину з'єднання слід вставити відрізок бруса з підвищеною теплопровідністю з перетином, максимально наближеним до внутрішніх розмірів заготовки, або збільшити швидкість зварювання.

Зварювання тонкостінної профільної труби в середовищі захисного газу CO₂ слід виконувати на постійному струмі прямої полярності.

Повна послідовність операцій представлена маршрутній карті комплекту документів.

Для зварювання профільних труб звичайним інвертором краще використовувати електроди 3 мм. Якщо товщина стін металу всього 2 мм, то струм виставляється 85А.

Торець зварювального електрода приставляється до труб, що зварюються під 45 градусів. Дуга запалюється, і після того, як електрод почне плавитися, плавно ведеться на себе. Дійшовши до точки закінчення шва, він відривається від поверхні.

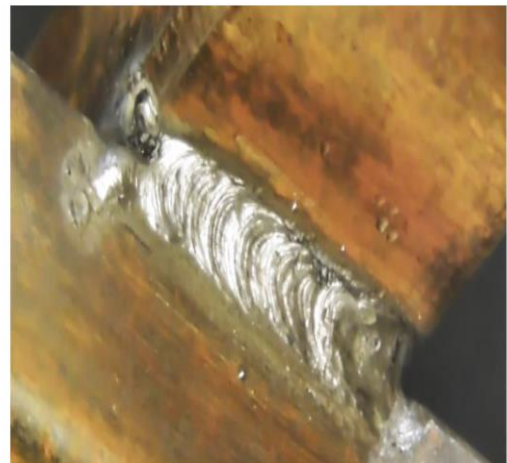


Рисунок 4.6 – Зварювання металу суцільним швом

Для тонкостінних труб також використовують електрод 3 мм, але на зварювальному апараті виставляється струм 75А. Якщо вести дугу по такому металу, він перегріється і пропалиться.

У такому випадку починати варити також потрібно з далекої точки тримаючи електрод під 45 градусів. Після розпалу дуги він ведеться 10 мм і відривається на секунду.

Потім виконується торкання у місці розриву, і шов тягнеться ще на 10 мм. Перериваючись таким чином, можна виключити перегрів металу та пропалення. Даний метод допоможе навіть на більш тонкостінних трубах.

Для тонкостінних труб також використовують електрод 3 мм, але на зварювальному апараті виставляється струм 75А. Якщо вести дугу по такому металу, він перегріється і пропалиться. У такому випадку починати варити також потрібно з далекої точки тримаючи електрод під 45 градусів. Після розпалу дуги він ведеться 10 мм і відривається на секунду.



Рисунок 4.7 – Зварювання металу з відривом

Потім виконується торкання у місці розриву, і шов тягнеться ще на 10 мм. Перериваючись таким чином, можна виключити перегрів металу та пропалення. Даний метод допоможе навіть на більш тонкостінних трубах.

Для максимального зниження ймовірності пропалу тонкостінного металопрокату використовують електроди діаметром не більше 1,5 мм. При цьому обов'язково встановлюють на зварювальному апараті малу величину електроструму та вибирають зворотну полярність.

Рекомендується також здійснювати процес із відривом. Іншими словами, зварювання потрібно проводити короткими ділянками. Її також можна виконати точковим способом. Крім того, краще в труби вставити металевий вкладиш, зовнішні габарити якого максимально наближені до внутрішнього розміру елементів, що з'єднуються.

Ще намагаються максимально зменшити відстань між кромками профільних труб, що зварюються. При цьому прагнуть якомога швидше переміщати електродний стрижень.

Каркаси із профільної труби дуже популярні. Вони легкі, міцні, дешеві, прості та швидкі у виготовленні.

Відмінністю при зварюванні каркасів є просторові положення зварних швів.

Ще одна особливість – це деформації, яким піддаються всі зварювальні вироби. Найчастіше використовувані стикові С2, а також таврові Т1.

Тепер про деформації та як з ними боротися. Дуже часто буває, що при складанні виявляється такий момент, що труба недостатньо якісно виготовлена, має нерівні бічні грані.

Це збільшує зазори при стиковці, а в процесі зварювання доведеться наплавити більше металу і нагріти сильніше виріб. Ось тут з'являються зварювальні деформації, профільну трубу «веде».

Щоб конструкцію не повело і для зниження цих впливів використовують спеціальні пристрої кондуктори. Вони фіксують елементи конструкції, не даючи можливості відхилень від заданих розмірів.

Починаємо варити із середини, поступово просуваючись до країв. При зварюванні різнотовщинних профілів, запалювати дугу необхідно на більш товстій трубі і переходити на тоншу. Колювання можна здійснювати як кругові, так і зигзагоподібні

Теплопровідність матеріалу, що зварюється, головним чином впливає на величину деформацій. Існує залежність: чим більша теплопровідність матеріалу, тим рівномірно розподіляється по основному металу, що призводить до менших зварювальних деформацій.

Нерівномірне нагрівання металу. При існуванні джерела зосередженого тепла, чи це дуга або зварювальне полум'я, яке переміщається вздовж зварного шва, викликає нерівномірне нагрівання металу, що призводить до виникнення внутрішніх напружень та зварювальних деформацій у виробах.

Розрізняють такі напруження:

- теплові напруження. Ця напруга з'являється через нерівномірний розподіл тепла в процесі зварювання;

- структурні напруження. Виникають через структурні перетворення, в яких відбувається переохолодження аустеніту та утворення продуктів гарту мартенситу в навколошовній зоні.

Зварювальні напруження та деформації, залежно від часу існування, можна розділити на:

- залишкові. Вони залишаються у виробі навіть після зняття навантаження;
- тимчасові. Такі напруги знаходяться тільки, коли існує навантаження, або в певний момент часу.

Напруження розрізняють залежно від розмірів області, в межах яких вони залягають та врівноважуються:

- напруження I роду – врівноважуються у великих обсягах, порівнянних із розмірами виробів або окремих його частин;
- напруження II роду – врівноважуються в мікрообсязі тіла в межах одного або кількох зерен;
- напруження III роду – врівноважуються в об'ємах порівнянних з атомними ґратами.

Зварювальні напруження можна розділити за напрямом дії:

- вздовж осі шва – поздовжні;
- перпендикулярно осі шва – поперечні.

Заходи боротьби зі зварювальними деформаціями та напруженнями.

В рамках КРМ сталева конструкція виготовляється з сталі, що добре зварюється. Така сталь не потребує будь-якої термообробки до або після зварювання. Для того, щоб уникнути появи зварювальних деформацій і напруг, потрібно забезпечити жорстке закріплення конструкції при складанні, раціональну послідовність зварювання, розрахувати режими зварювання і підібрати обладнання, що задовольняє цим розрахункам.

Використання кондукторів значно збільшує швидкість і точність збирання виробів, що, безсумнівно, потрібно при серійному виготовленні конструкцій.

Великогабаритні конструкції необхідно жорстко фіксувати до стапелю за допомогою струбцин. Здійснюється прихватка деталей по кутах. Виконання здійснюється з протилежного боку від встановлених прихваток.

Візуальному та вимірювальному контролю підлягають всі зварні з'єднання зварної конструкції, що розробляється, з метою виявлення в ній наступних зовнішніх дефектів:

- тріщин всіх видів та напрямків;
- нориці та пористості зовнішньої поверхні шва;
- подрізів;
- напливів, пропалів, незаплавлених кратерів;
- зміщення та спільного відведення кромок елементів, що зварюються, понад норми, передбачені цими правилами;
- непрямолинійність елементів, що з'єднуються;
- невідповідність форми та розмірів швів вимогам технічної документації.

Перед візуальним оглядом поверхня зварного шва та прилеглі до нього ділянки основного металу шириною не менше 20 мм в обидва боки від шва повинні бути зачищені від шлаку та інших забруднень. Контролю зовнішнім оглядом зазвичай піддають 100% виконаних швів. Зовнішні дефекти, такі, як тріщини, напливи, пропали, незаварені кратери, нориці на початку шва (запалювання дуги на основному металі), висновки кратера на основний метал, суцільні сітки або ланцюжка пір, непровари, подрізи - не допускаються.

5 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1.1 Засоби індивідуального захисту робітників-зварювальників

Особливості умов праці зварників характеризуються наявністю низки небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що є наслідком зварювального процесу.

Створення і підтримання нормальних санітарно-гігієнічних умов праці у зварювальному виробництві досягається застосуванням системи профілактичних заходів.

Видалення зварювального пилу і газів з робочого приміщення виконують насамперед за допомогою місцевої вентиляції для стаціонарних і нестаціонарних зварювальних постів. Місцеві відсмоктувачі розташовуються таким чином, щоб повітря, що відсмоктується, не проходило через зону дихання працівника.

Під час зварювання металів всередині закритих ємностей повинен використовуватися місцевий відсмоктувач біля зварювальної дури або установка загального вентилявання з обов'язковим використанням вентиляторів високого тиску і гнучких рукавів.

Довжина і діаметр шлангів обираються так, щоб повний опір всієї системи становив 2000–2500 кг/м².

Виробничі приміщення (складально-зварювальні цехи) необхідно обладнувати також загальною обмінною припливно-витяжною вентиляцією. Для компенсації повітря, що видаляється витяжною вентиляцією, повинен бути забезпечений його організований приплив.

Забезпечується організація контролю за роботою витяжних вентиляційних пристроїв за затвердженим графіком, але не рідше одного разу в квартал.

Для захисту працівників на суміжних робочих місцях від небезпечних чинників, що супроводжують зварювання, ділянки зварювання металів повинні бути огорожені негорючими перегородками або конструкціями порталів, консолей.

Відстань до проходів від місця зварювання повинна бути не менше 5 метрів для захисту сторонніх працівників від випромінювання зварювальної дуги.

В разі унеможливлення виконання зазначених вимог біля місця зварювання повинні бути встановлені перегородки або ширми з негорючого матеріалу.

На кожне стаціонарне робоче місце працівника з електрозварювальних робіт, крім площі, займаної устаткуванням і проходами, повинно бути відведено не менше 4,5 м².

На стаціонарних робочих місцях у положенні «стоячи» повинні використовуватися спеціальні підставки (підвіски) для зменшення статичного навантаження на руки працівника. Не дозволяється полегшувати навантаження на руку працівника перекиданням шланга (кабелю) через плече або навиванням його на руку працівника.

У виробничих приміщеннях зварювальних цехів, де проводяться роботи зі шкідливими речовинами (кислотами, лугами), для промивання очей і шкіри повинні бути передбачені душі і фонтанчики.

Працівники повинні бути забезпечені питною водою, якість якої повинна відповідати Державним санітарним нормам та правилам «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» ДСанПін 2.2.4-171-10.

Оброблення поверхонь виробничих приміщень повинно унеможливлювати накопичення пилу, поглинання парів та газів і дозволяти систематичне прибирання поверхонь вологим способом.

Боротьба з шумом ведеться як при створенні обладнання, так і при його розміщенні у виробничих приміщеннях. Там, де неможливо знизити рівень звукової потужності, наприклад при плазмових процесах, застосовують

індивідуальні засоби захисту: протишумові навушники або вкладиші. Радикальним способом оптимізації умов праці зварників є впровадження автоматизації зварювальних операцій і застосування робототехніки.

Індивідуальні засоби захисту застосовуються також для захисту органів дихання. При невеликій концентрації газів у повітрі можна користуватися респіраторами.

При високих концентраціях шкідливих (при зварюванні у колодязях, цистернах та інших замкнутих об'ємах) необхідно застосовувати шлангові протигази з примусовою подачею повітря.

В останні роки розроблені і отримали високу гігієнічну оцінку способи подачі припливного повітря в зону дихання зварника — безпосередньо під щиток.

До індивідуальних засобів захисту відносяться спецодяг і спецвзуття зварників. Для захисту очей та обличчя зварника використовують спеціальні щитки і маски із захисними світлофільтрами від осліплюючої видимої частини спектру випромінювання, ультрафіолетових і інфрачервоних променів.

Для захисту рук працівники повинні забезпечуватися рукавицями, виготовленими з іскростійкого матеріалу з низькою електропровідністю.

Не дозволяється використовувати рукавиці і спеціальний одяг із синтетичних матеріалів типу лавсан, які не мають захисної властивості, руйнуються від випромінювань зварювальної дуги і можуть займатися від іскор і бризок розплавленого металу, спікатися при зіткненні з нагрітими поверхнями.

Для захисту ніг від опіків бризками розплавленого металу, механічних травм, переохолодження під час роботи на відкритому повітрі узимку, перегрівання під час зварювання виробів з підігрівом, а також від ураження електричним струмом особливо під час роботи в закритих ємностях, відсіках працівники повинні забезпечуватися спеціальним взуттям.

Забороняється застосовувати взуття з відкритою шнурівкою і металевими цвяхами.

5.2 Охорона праці

5.2.1 Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки

З метою визначення ступеня небезпеки об'єкту проводиться ідентифікація потенційно небезпечного об'єкту відповідно до наказу МНС від 23 лютого 2006 року № 98 «Про затвердження Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів». Використані у цій методиці терміни вживаються в такому значенні:

- потенційно небезпечний об'єкт – вживається у значенні, встановленому Законом України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [10];

- ідентифікація потенційно небезпечного об'єкта, надзвичайна ситуація, аварія, об'єкт господарської діяльності, джерело небезпеки чинники небезпеки – вживається у значенні, встановленому Положенням про паспортизацію потенційно небезпечних об'єктів [19];

- відповідальні особи об'єктів господарської діяльності – особи, уповноважені власниками об'єктів господарської діяльності, або за якими ці об'єкти закріплені на правах повного господарського відання або оперативного управління або перебувають у їх володінні та користуванні;

- державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів – вживається у значенні, встановленому Положенням про Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 29 серпня 2002 року № 1288;

- небезпечні речовини – хімічні, токсичні, вибухові, окислювальні, горючі речовини і матеріали, біологічні агенти та речовини біологічного походження (біохімічні, мікробіологічні, біотехнологічні препарати, патогенні для людей і тварин мікроорганізми тощо), які становлять небезпеку для життя і здоров'я людей та довкілля, сукупність властивостей речовин і/або особливостей їх стану, внаслідок яких за певних обставин може створитися загроза життю і здоров'ю людей, довкіллю, матеріальним та культурним цінностям;

– безпека – сукупність факторів, пов’язаних з функціонуванням об’єкта господарської діяльності, які виникають внаслідок певних ініціюючих подій, і здатних чинити негативний вплив на людей та довкілля.

Ідентифікація передбачає аналіз структури об’єктів господарської діяльності та характеру їх функціонування для встановлення факту наявності або відсутності джерел безпеки, які за певних обставин можуть ініціювати виникнення НС, а також визначення рівнів можливих НС. У процесі ідентифікації розглядаються і ураховуються внутрішні і зовнішні чинники безпеки.

Внутрішні чинники безпеки характеризують небезпечність будов, споруд, обладнання, технологічних процесів об’єкта господарської діяльності та речовин, що виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються на його території.

Зовнішні чинники безпеки безпосередньо не пов’язані з функціонуванням об’єкта господарської діяльності, але можуть ініціювати виникнення НС на ньому та негативно впливати на її розвиток (природні явища та аварії на об’єктах, які розташовані поблизу).

Закон України «Про об’єкти підвищеної безпеки» [10] вводить такі терміни:

– порогова маса небезпечних речовин – нормативно встановлена маса окремої небезпечної речовини або категорії небезпечних речовин або сумарна маса небезпечних речовин різних категорій;

– ідентифікація об’єктів підвищеної безпеки – порядок визначення об’єктів підвищеної безпеки серед потенційно небезпечних об’єктів;

аварія на об’єкті підвищеної безпеки (аварія) – небезпечна подія техногенного характеру, що виникла внаслідок змін під час експлуатації об’єкта підвищеної безпеки (наднормативний викид небезпечних речовин, пожежа, вибух тощо) і яка спричинила загибель людей або створює загрозу життю і здоров’ю людей та довкіллю на його території і/або за його межами;

– транскордонний вплив аварії – шкода, заподіяна населенню та довкіллю однієї держави внаслідок аварії, яка сталася на території іншої держави;

– ризик – ступінь імовірності певної негативної події, яка може відбутися в певний час або за певних обставин на території об’єкта підвищеної небезпеки і/або за його межами;

– прийнятний ризик – ризик, який не перевищує на території об’єкта підвищеної небезпеки і/або за її межами гранично допустимого рівня;

– управління ризиком – процес прийняття рішень і здійснення заходів, спрямованих на забезпечення мінімально можливого ризику;

– декларація безпеки – документ, який визначає комплекс заходів, що вживаються суб’єктом господарської діяльності з метою запобігання аваріям, а також забезпечення готовності до локалізації, ліквідації аварій та їх наслідків.

Суб’єкт господарської діяльності ідентифікує об’єкти підвищеної небезпеки відповідно до кількості порогової маси небезпечних речовин. Нормативи порогової маси небезпечних речовин встановлюються Кабінетом Міністрів України. Порядок ідентифікації, форма та зміст оповіщення про її результати визначаються Кабінетом Міністрів України.

На основі ідентифікаційних даних Кабінет Міністрів України затверджує класифікацію об’єктів підвищеної небезпеки і порядок їх обліку.

Рівень можливих НС встановлюють за показниками:

- територіальне поширення імовірних НС;
- кількість осіб, що можуть постраждати від впливу наслідків НС;
- кількість осіб, яким можуть бути порушені умови життєдіяльності у результаті можливої аварії на об’єкті;
- збитки від наслідків можливих НС.

Об’єкт господарської діяльності визнається потенційно небезпечним за умови наявності у його складі хоча б одного джерела небезпеки, здатного ініціювати НС місцевого, регіонального або державного рівнів. Об’єкти, які підпадають під дію нормативно-правових актів, зазначених у пунктах 14 та 15 Наказу МНС від 23 лютого 2006 року № 98 [18], належать до потенційно небезпечних незалежно від рівнів НС, які можуть ініціювати виявлені джерела небезпеки. Об’єкт господарської діяльності, який за результатами ідентифікації не підпадає під вищезазначені вимоги, не визнається ПНО.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання КРМ виконано порівняння двох видів зварювання, для даної конструкції і обраний найбільш економічний та продуктивний спосіб – механізоване зварювання в середовищі вуглекислого газу. Підібрано матеріал конструкції, зварювальний дріт та обладнання для даного процесу зварювання.

Проведено розрахунок режимів зварювання та розроблено технологію зі збирання та зварювання металевої конструкції.

Складено раціональний розкрій металу, описаний заготівельні, складальні та зварювальні процеси.

При дотриманні розроблених рекомендацій технології зварювання очікується одержання зварного з'єднання, що забезпечує стійке та надійне кріплення комерційних систем ультрафільтрації.

За проведеним аналізом бачимо, що механізована зварювання серед вуглекислого газу – є ефективним методом зварювання сталі 2кп і здатна зайняти своє місце над ринком рахунок своєї продуктивності, простоті і економії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Малиновський В.І., Пасічник А.Є. Процес електродугового зварювання рамних конструкцій: тези доп. XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 7-8 грудня 2023 р. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. С. 115 – 116.
2. Кривов Г.О., Зворикін К.О. Виробництво зварних конструкцій : підручник для студентів вищих навчальних закладів. К.: КВІЦ, 2012. 896 с.
3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением : під ред. академіка Б. Є. Патона. К.: Машинобудування, 1974. 767 с.
4. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник. Миколаїв : НУК, 2004. 225 с.
5. ДСТУ 8713-79 Зварювання під флюсом. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
6. ДСТУ 14771-76 Дугове зварювання в захисних газах. З'єднання зварні основні типи, конструктивні елементи і розміри.
7. Александров О.Г., Антонюк Д.А., Капустян О.Є. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення : навч. посібник. Львів : Новий світ, 2013. 224 с.
8. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій : підручник. К.: Основа, 2021. 400 с.
9. Пулька Ч.В. Пути совершенствования технологии индукционной наплавки тонких стальных дисков/ Ч.В. Пулька, О.Н. Шаблій, В.Н. Барановский [та ін.] // Междун. науч.-техн. и произв. журнал «Автоматическая сварка». 2015. № 5–6 (742). С. 64–67.
10. Пулька Ч.В. Математична модель оптимізації енерговитрат індукційного наплавлення / Ч.В. Пулька, О.М. Шаблій, В.М. Барановський [та ін.] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / Серія «Техніка і енергетика АПК» / Редкол.: С.М. Ніколаєнко (відп. ред.) та ін. К., 2015. Вип. 226. С. 386–393.
11. Стельмах І.С. Перспективи використання методу плазмового

зварювання для відновлення культиваторних лап / І.С. Стельмах, Г.А. Герасимчук, В.М. Барановський // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»). Луцьк : ЛНТУ, 2015. Вип. 51. С. 182–186.

12. Pulka Ch.V. Ways of updating the technology of induction surfacing of thin steel disk / Ch.V. Pulka, O.N. Shably, V.M. Baranovsky [but other] // The Paton WELDING JOURNAL. Kiev, E.O. Paton Elektric Welding Institute of the NAS of Ukraine. May-June 2015. – № 5–6/2015. – Pg. 59–62.

13. Лопата Л.А. Создание износостойких композиционных покрытий на основе порошков самофлюсующихся сплавов электроконтактным припеканием / Л.А. Лопата, В.Я. Николайчук, В.Н. Барановский, С.Л. Чиграй // Проблемы трибологии. Міжн. наук. журнал : Хмельницький нац.ун-т. 2015. № 4. С. 92–98.

14. Барановський В. Експериментальні дослідження контактного точкового зварювання деталей сільськогосподарських машин / Віктор Барановський // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – Тернопіль, 2015. – Т. 4 (80). С. 111–118.

15. Барановский В.Н. Методы применения контактной точечной сварки в сельскохозяйственном машиностроении / В.Н. Барановский // Lucrări științifice, UASM. Chișinău: Centrul editorial UASM, 2015. Vol. 45. – С. 191–195

16. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. К.: Основа, 2010. 240 с.

17. Барановський В.М. Конспект лекцій з дисципліни «Складально-зварювальне оснащення». Вид. Тернопільського нац. технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 254 с.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. Барановський В.М., Сенчишин В.С. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Безпека життєдіяльності». Вид. Тернопільського національного технічного університету. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. 62 с.

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

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

ДОДАТКИ