

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)

Кафедра технології і обладнання зварювального виробництва
(повна назва кафедри)

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ХАРЧОВИХ ЄМНОСТЕЙ ТА
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МЗ

спеціальності (напряму підготовки) _____

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Буяк Т.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Мариненко С.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
 Факультет інженерії машин, споруд та технологій
 Кафедра технології і обладнання зварювального виробництва
 Освітній ступінь магістр
 Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Підгурський М.І.

« _____ » _____ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Буяк Тарас Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломної роботи «Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення харчових ємностей та дослідження властивостей зварних з'єднань»

Керівник дипломної роботи Мариненко Сергій Юрійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 21 » 10 2019 року № 4/7-912

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 10.12.2019

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення виробу; технічні умови на виготовлення; річна програма випуску; базовий технологічний процес виготовлення виробу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Аналітична частина. Дослідницька частина. Технологічна частина. Конструкторська частина. Обґрунтування економічної ефективності. Спеціальна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Екологія. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	Барановський В.М., д.т.н., професор		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Пулька Ч.В., д.т.н., професор		
Екологія	Лясота О.М., к.т.н., доцент		
Спеціальна частина	Шанайда В.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі авдання

1 КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	2 Примітка
1	Вступ		
2	Аналітична частина		
3	Науково-дослідна частина		
4	Технологічна частина		
5	Конструкторська частина		
6	Обґрунтування економічної ефективності		
7	Спеціальна частина		
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
9	Екологія		
10	Висновки		
11	Графічна частина		

Студент

(підпис)

Буяк Т.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Мариненко С.Ю.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему: «Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення харчових ємностей та дослідження властивості зварних з'єднань» складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 103 аркуші формату А4 та графічної частини об'ємом 10 аркуші формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із наступних частин: аналітичної; науково-дослідницької; технологічної; конструкторської; організаційно-економічної; спеціальної; охорони праці та безпеки надзвичайних ситуаціях; екології.

Для висвітлення питань, які розглядаються в даному дипломному проекті, розрахунково-пояснювальна записка містить 17 рисунки, 25 таблиць та додатки. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 20 літературних джерел.

В даному дипломному проекті розроблено технологію та вибрано зварювальне устаткування для зварювання ємностей з нержавіючої сталі для харчової промисловості.

Внаслідок запропонованих інженерних рішень загальний річний економічний ефект складає 276000 грн. при річній програмі випуску продукції 1200 шт.

Ключові слова: НАПІВАВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ЗАХИСНИЙ ГАЗ, ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЗВАРЮВАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Опис конструкції виробу	11
1.2 Характеристика матеріалу виробу.	12
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції.	14
1.1.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів.	14
1.1.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів.	15
1.1.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу.	16
1.1.4 Вимоги до складання.	17
1.1.5 Вимоги до якості виробу.	18
Аналіз існуючого технологічного процесу.	18
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	17
2.1 Розрахунок термічних циклів і визначення швидкості. Структура зварного з'єднання	17
2.2 Дослідження опору до крихкого руйнування і оцінка холодостійкості металу	21
2.3 Розрахунок розподілу максимальних температур та визначення розмірів ділянок зони термічного впливу	22
2.4 Основні критерії зварюваності для оцінки надійності властивостей металу	28
2.5 Методика визначення діапазонів режимів автоматичного зварювання	32
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	28
3.1 Заготовки та методи їх одержання.	28
3.2 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання. . . .	31
3.3 Вибір зварювальних матеріалів.	36
3.4 Вибір та підбір параметрів режиму зварювання.	38

3.5 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування.	43
3.6 Вибір методу контролю якості виробу.	46
3.7 Опис вибраного технологічного процесу.	47
3.8 Нормування технологічного процесу і витрат матеріалів та електроенергії.	51
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.	56
4.1 Вибір типу пристосувань	56
4.2 Обґрунтування вибору баз.	57
4.3 Вибір типу упорів.	59
4.4 Визначення зусилля притискання виробу.	61
4.5 Розрахунок гвинтового затискача	62
4.6 Розрахунок пневмоциліндра.	63
4.7 Призначення та робота установи.	68
5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	73
5.1 Характеристика організаційних форм роботи дільниці.	75
5.2 Обґрунтування просторового плану цеху та розрахунок площі	76
5.3 Розрахунок кількості промислово-виробничого персоналу	77
5.4 Розрахунок номінальних вкладень	81
5.5 Розрахунок собівартості продукції	82
5.5.1 Розрахунок витрат на основні матеріали.	83
5.5.2 Розрахунок фонду оплати праці	84
5.5.3 Визначення річного фонду оплати праці основних робітників	85
5.5.3 Складання калькуляції собівартості виробу	89
5.5.4 Розрахунок нормованих оборотних коштів	89
5.6 Розрахунок основних техніко-економічних показників	
5.6.1 Розрахунок ціни реалізації готової продукції	90
5.6.2 Розрахунок прибутку від реалізації	90

5.6.3 Розрахунок собівартості товарної (реалізованої) продукції	91
5.6.4 Розрахунок фондівіддачі	91
5.6.5 Зниження собівартості продукції	91
5.6.6 Розрахунок економічного ефекту від впровадження нових технологічних процесів	92
5.6.7 Складання зведеної таблиці основних техніко-економічних показників роботи дільниці	92
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.	94
6.1 Охорона праці.	94
6.1.1 Оцінка шкідливих факторів, які діють в спроектованому цеху (дільниці). Заходи для зменшення їх впливу.	94
6.1.2 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою для спроектованого цеху (дільниці).	96
6.1.3 Пожежна профілактика в спроектованому цеху (дільниці).	98
6.2 Розрахунок природнього освітлення для спроектованої дільниці	99
7 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.	102
8 ЕКОЛОГІЯ.	107
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища.	107
8.2 Забруднення довкілля, що виникають у результаті виготовлення стінок на піввагона	108
8.3 Заходи зі зменшення забруднення довкілля.	111
ВИСНОВКИ.	113
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.	114
ДОДАТКИ.	116

ВСТУП

На сьогоднішній день зварювальне виробництво стало однією з провідних технологічних галузей. У всіх промислово-технічних сферах широко застосовують високопродуктивні, економічно ефективні технологічні процеси зварювання, наплавлення, паяння, термічного оброблення металів, які дають змогу успішно обробляти майже всі конструкційні матеріали товщиною від десятків мікрометрів до кількох метрів.

Досягнутий високий рівень розвитку зварювальної техніки є надійною базою для значного подальшого збільшення продуктивності праці, економії матеріалів та енергії в народному господарстві, а також підвищення якості та зниження собівартості зварної продукції.

В залежності від умов виробництва, особливостей зварюваних матеріалів, а також вимог, які ставляться до властивостей і якості зварних з'єднань, в останні роки в промисловості застосовують більш ніж пів сотні видів зварювання. Різновиди технологічних процесів обумовлюють різноманітність типів компонувань та конструкцій зварювального обладнання, устаткування та пристосувань.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції виробу

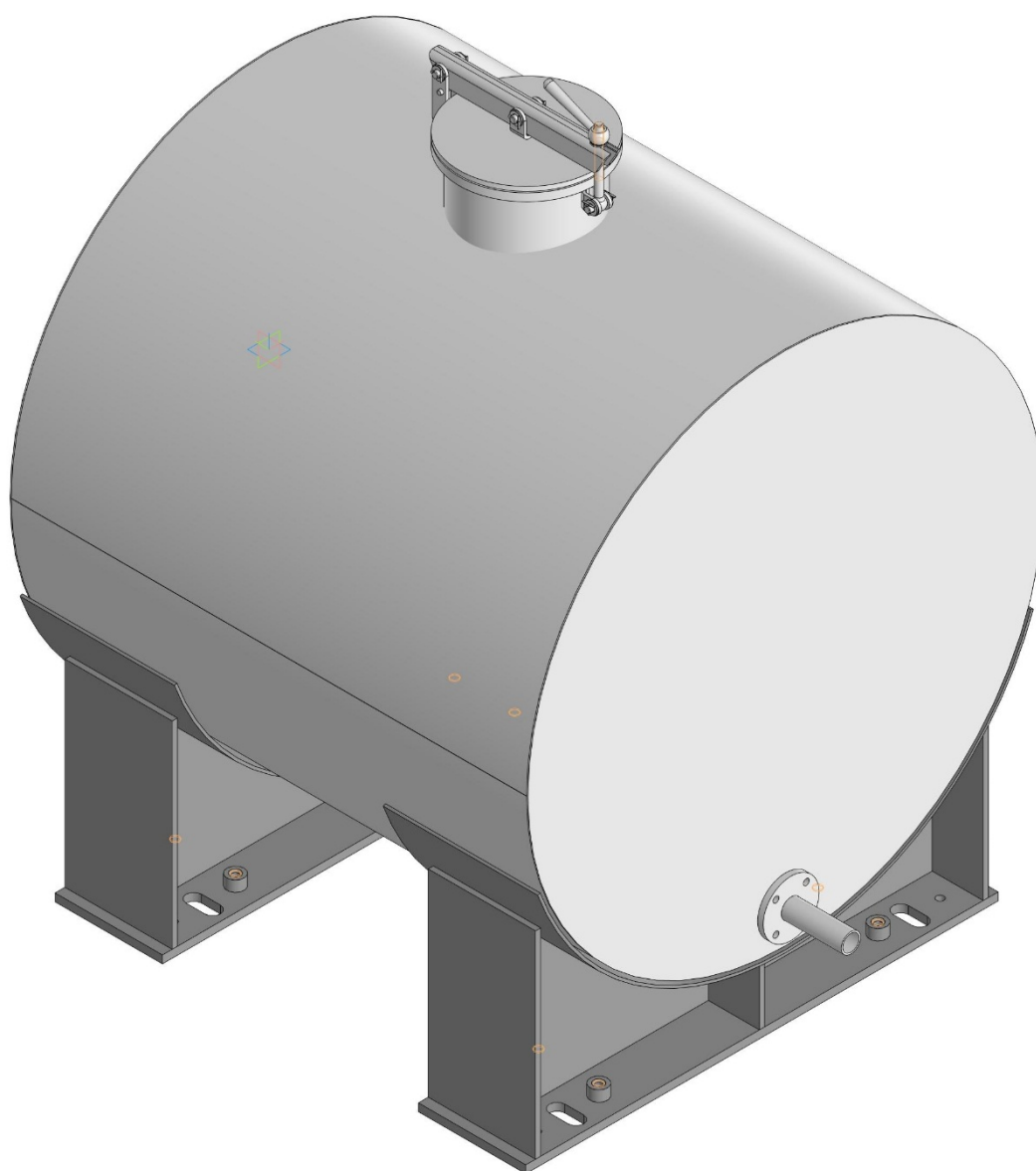


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд харчової ємності

Виріб являє собою циліндричну ємність горизонтального розміщення діаметром 1200 мм, довжиною 1200 мм та товщиною стінки 3 мм – призначену для зберігання біологічних рідин будь якого хімічного складу для харчової промисловості.

1.2 Характеристика матеріалу виробу

Оскільки харчові ємності призначені для роботи в різних кліматичних умовах а також в умовах різнорідних агресивних хімічних середовищ, то для виготовлення даної ємності застосуємо сталь 12X18H10T. Дана сталь в даний час є найбільш використовуваною і поширеною з усіх нержавіючих сталей. Це титановмісна сталь аустенітного класу, хімічний склад якої регламентується ГОСТом 5632-72. У числі її основних переваг варто виділити ударну в'язкість і високу пластичність.

Оптимальною термообробкою для сталей даної категорії є гартування при температурі близько 1050 °C із охолодженням у воді. Після гартування механічні властивості матеріалу визначаються максимальними в'язкістю та пластичністю, проте помірною міцністю і твердістю.

Завдяки унікальності своїх властивостей дана сталь знайшла застосування при виготовленні різноманітних конструкцій, в широкому діапазоні галузей промисловості.

Крім того сталь 12X18H10T може використовуватись як в криогенній техніці при температурі ≈ -269 °C градусів так і при температурі + 600°C, що притаманна дуговим печам, оскільки відноситься до аустенітних жароміцних сталей. Основними легуючими елементами даної сталі є Cr та Ni.

Однофазні сталі володіють стійкою структурою однорідного аустеніту з невеликою присутністю карбиду титану (з метою попередження міжкристалітної корозії). Потрібна структура досягається гартуванням в діапазоні температур 1050 °C – 1080 °C.

Як і всі сталі аустенітно - феритного і аустенітного класів дана сталь володіє рівнем міцності від 700 до 850 МПа.

Сталь 12X18H10T здатна чинити опір корозії в умовах підвищення температури до 900 °С градусів. Вона відмінно піддається будь-якій термічній обробці.

Сталь 12X18H10T відмінно зварюється будь яким способом зварювання плавленням, в тому числі й напів- та автоматичним зварювання в різних захисних середовищах.

Призначення сталі 12X18H10T

Дану сталь можна назвати ідеальним матеріалом для виготовлення величезної кількості виробів самого різного призначення, які здатні зберігати свої кращі хіміко-механічні властивості в широкому діапазоні температур, від -200 до + 600 °С.

Корозійностійкий хромо-нікелевий сплав 12X18H10T з різним ступенем зміцнення застосовується в разі необхідності поєднання підвищених характеристик міцності і пружних якостей металу, який працює в середньо агресивних умовах (при створенні транспортерних стрічок, кузовів пасажирських вагонів, діафрагм компресорів в спеціальних дихальних апаратах, відрізних кругів для особливо твердих матеріалів і т. п.).

Деталі з даного матеріалу використовуються при створенні зварювальних апаратів, посуду, що здатен працювати в контакті з азотною, оцтовою, фосфорною кислотами та іншими окисними середовищами, середньо концентрованими органічними кислотами та розчинниками.

Оскільки нержавіючі сталі відрізняються відмінними естетичними характеристиками, вироби з неї, наприклад, такі, як листи з блискучою дзеркальною поверхнею, часто використовуються в якості оздоблювального матеріалу.

Металопродукція зі сталі 12X18H10T широко використовується в харчовій і будівельній промисловості, а також при виробництві медичного обладнання.

Виготовлені із нержавіючої сталі 12X18H10T труби широко застосовуються в автомобілебудуванні, нафтохімічній та інших галузях промисловості, оскільки характеризуються високими надійністю, універсальністю, естетичністю, а також відмінною стійкістю до різних видів корозії.

Головним достоїнством сплаву даної марки є те, що вироби з нього практично не піддаються впливу агресивних середовищ, що і дозволяє успішно застосовувати їх навіть в найскладніших умовах. Наочними показниками виключно високої корозійної стійкості сталі даної марки є те, що вироби з неї ефективно використовують навіть в таких агресивних середовищах, як:

- сірчана кислота з концентрацією 100%, нагріта до 65 °С;
- 65% -й розчин азотної кислоти, нагрітий до 85 °С;
- 80% -й розчин азотної кислоти, нагрітий до 65 °С;
- розчин фосфорної кислоти з концентрацією 40%, нагрітий до 100 °С;
- розчин, що складається з сірчаної та азотної кислот в співвідношеннях 70 + 25% або 60 + 10% відповідно, нагрітий до 70 °С;
- розчини органічних кислот (таких як оцтова, лимонна, мурашина та ін.);
- розчини сильних лугів (NaOH і KOH).

Температура газового середовища, при якій труби зі сталі 12X18H10T можуть протягом 10 000 годин експлуатуватися без шкоди своїй якості, не повинна перевищувати 800 °С. Якщо температуру повітряного середовища підняти хоча б до 850 °С градусів, то на поверхні такої нержавіючої труби почнеться інтенсивне утворення окалини.

Також досить низьку стійкість сталь даної марки проявляє в середовищах з підвищеним вмістом сірки.

Рівень жаростійкості безшовних нержавіючих труб, виготовлених із сталевого сплаву марки 12X18H10T, визначає сферу їх застосування. Так, їх використовують для виготовлення:

- різних елементів пічної арматури;
- теплообмінних апаратів;
- муфелів;
- реторт;
- електродів для оснащення запальних іскрових свічок;
- елементів вихлопних систем (колекторів і патрубків).

Як вже йшлося вище, нержавіюча сталь марки 12X18H10T також відрізняється і жароміцністю, що дозволяє успішно використовувати вироби з цього матеріалу в ситуаціях, коли вони протягом тривалого часу піддаються впливу не тільки високих температур, але і механічних навантажень. Параметри жароміцності, якою володіють стали даної марки, дозволяють в певних умовах використовувати вироби з них від 50 до 100 тисяч годин.

При цьому слід мати на увазі, що оптимальною температурою, при якій може бути витриманий такий період експлуатації, є 600 °С. Як жароміцний сплав сталь марки 12X18H10T може бути використана для виготовлення елементів вихлопних систем, а також іншої продукції, умови експлуатації якої не виходять за межі припустимих для даного матеріалу.

На сучасному ринку представлена велика різноманітність сталей нержавіючої категорії, окремі параметри яких можуть перевершувати властивості сплаву 12X18H10T. Зокрема, дуже популярним матеріалом є сталь марки 14X2, з якої теж виробляються безшовні холоднокатані труби. Однак в більшості випадків всі такі сплави відрізняються однією-двома видатними характеристиками, а говорити про універсальність їх застосування не доводиться.

Саме тому вироби з таких сталевих сплавів можна експлуатувати лише у вузькоспеціалізованих областях, в той час як труби та іншу продукцію, для виготовлення яких була використана нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, можна використовувати практично всюди.

Про переваги застосування безшовних труб, виготовлених з нержавіючого сталевого сплаву марки 12Х18Н10Т, говорить і те, що такі вироби можуть успішно експлуатуватися під тиском і при тривалому впливі на їх поверхню температур від -196 до +600 °. Однак це можливо, якщо такі труби не контактують з агресивними середовищами. В іншому випадку верхня межа температури, при якій труби тривалий час не будуть втрачати своїх початкових характеристик, знижується до + 350 °.

Завдяки широкому переліку достоїнств, таких, як немагнітність, стійкість до агресивних середовищ, довговічність, відмінний естетичний вигляд, екологічність, простота обробки і доступна ціна, цей сплав користується великою популярністю у споживачів усіх побутових та промислових категорій.

Хімічний склад та механічні властивості сталі

Хімічний склад сталі 08Х18Н10Т приведений в таблиці 1.1 [1, с. 524].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т %, ГОСТ 380 – 71

C	Cr	Ni	Ti	P	S	Si	Mn	Cu
				Не більше				
0,12	17 - 19	9 - 11	0.6 – 0.8	0,035	0,02	0,8	2	0,30

Механічні властивості сталі 08Х18Н10Тприведені в таблиці 1.2 [1, с. 525]

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 12Х18Н10Т, ГОСТ 5949-75

$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %
200	550	40	55

При зварюванні мало-вуглецевих легованих сталей малої товщини на звичайних режимах, які забезпечують невеликі швидкості охолодження, в структурі металу шва і біля шовної зони, як правило, не виникає гартівних структур на ділянках перегріву повної і неповної рекристалізації.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для виготовлення харчових ємностей повинні застосовуватись матеріали і напівфабрикати за відповідними стандартами і технічними умовами.

Використані матеріали та напівфабрикати за хімічним складом, механічними властивостями повинні задовольняти вимогам стандартів, та технічним умовам на виготовлення виробу.

Якість і характеристика матеріалів повинні бути підтвержені відповідними сертифікатами якості, які надає організація – постачальник. При відсутності таких сертифікатів дані про придатність і якість матеріалу подає заводська лабораторія.

При виборі матеріалів для виготовлення харчових ємностей повинні враховуватися: розрахунковий тиск, температура стінок, хімічний склад, характер середовища, технологічні особливості і необхідна корозійна стійкість матеріалів.

При виборі матеріалів, який будуть встановлювати на відкритій місцевості чи в приміщенні слід враховувати: абсолютну мінімальну температуру повітря; середню температуру повітря протягом найбільш холодної п'ятиденки даного району, найвищу температуру.

Сталеві листи не повинні мати хвилястості, тріщин та інших дефектів, які знижують експлуатаційну надійність.

Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Згідно правил Держтехнагляду на виготовлення ємностей, для транспортування і зберігання продуктів харчової промисловості допускаються

такі відхилення: за діаметром не більше 1 % номінального внутрішнього діаметру; за овальність поперечного перерізу не більше 1 %; місцеві потоншення не повинні перевищувати межі допустимого значення.

В окремих випадках експлуатації виробу в агресивних середовищах використовують прибавку до товщини, для компенсації корозії. Товщина стінки чи інших елементів виробу з врахуванням прибавки для компенсації корозії повинна бути не менше як: $(1000+2,5)$ мм виробу із вуглецевих і низьколегованих сталей.

Вимоги до зварних з'єднань виробу

Протягом всього терміну експлуатації зварні з'єднання повинні зберігати необхідну і достатню міцність, витривалість і стійкість при заданому навантаженні і робочому середовищі. Міцність металу шва повинна відповідати міцності основного металу.

Значний вплив на міцність зварного з'єднання мають тріщини, непровари, крихкість металу біляшовної зони та інші дефекти. Тому при розробленні технологічного зварювального процесу особливу увагу необхідно приділяти вибору таких матеріалів, способів, режимів зварювання, зварювальних пристосувань, при яких ймовірність утворення дефектів є мінімальною. Геометричні осі з'єднаних елементів повинні перетинатись в однійточці - центрі вузла.

Конструкція каркасів харчових ємностей і розташування зварних швів повинні забезпечити:

- можливість проведення зварювання з дотриманням всіх встановлених вимог;
- вільне розміщення нагрівальних пристроїв у випадку необхідності місцевого термічного оброблення;
- доступ проведення контролю якості зварних з'єднань передбаченими для цього методами;
- можливість проведення ремонту.

Конструктивні елементи виконаних зварних з'єднань перевіряють на відповідність вимог технічної документації. Зварні з'єднання маркуються. Це дає можливість встановити прізвище зварника, що провів зварювання.

Вимоги до складання

Значний вплив на якість зварних з'єднань даного виробу має складання під зварювання. При виготовленні потрібно дотримуватися всіх вимог, які вказані в технічній документації. Зварювані кромки і прилягаючі до них поверхні основного металу, шириною не менше 15 мм, перед зварюванням потрібно зачистити від іржі і забруднень до появи металевого блиску. Поверхня кромок після зачищення повинна бути рівною і не повинна мати подряпин глибиною більше 0,5мм.

При складанні необхідно забезпечити паралельність стиків кромок і постійність величини зазору між ними в межах, допустимих за інструкцією. Способи підгонки елементів при складанні не повинні викликати зміцнення металу.

1.2 Вимоги до якості виробу

При розробленні технологічного процесу складання і зварювання потрібно, виходячи з вимог збереження високої якості виробу, зменшити перерізи швів і ширину біляшовної зони. Потрібна якість зварного з'єднання може бути досягнута тільки при вільному доступі до місця зварювання.

Якість зварювання забезпечується виконанням наступних умов:

- зварювальні роботи проводити тільки відповідними матеріалами;
- не допускати наявності в з'єднаннях дефектів;
- забезпечити необхідну точність складання;
- контроль якості зварювання проводити ультразвуковою діагностикою.

При наявності в зварному з'єднанні дефектів допустимих без виправлення, загальна довжина ділянки з дефектами не повинна перевищувати 15% від загальної довжини шва в зварному з'єднанні.

Тріщини, непровари й пори в зоні термічного впливу і в металі шва не допускаються.

1.3 Аналіз існуючого технологічного процесу

Харчова ємність може бути призначена для зберігання різноманітних рідких речовин, різного хімічного складу і властивостей, тому якість виготовлення ємностей повинна задовільняти широкий спектр вимог, які можуть бути пред'явлені до виробів даного класу. Корпус виготовляють поздовжнім напівавтоматичним зварюванням в середовищі захисних газів, із подальшим приварюванням плоских торців з листової сталі. Кожен шов зачищається від шлаку і бризок металу і піддається контролю зовнішнім оглядом. Після завершення зварювальних робіт проводиться ультразвукова дефектоскопія всіх зварних з'єднань.

На основі проведеного аналізу базового технологічного процесу виготовлення харчових ємностей встановлено наступні недоліки:

- процес напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів не може забезпечити необхідну стабільну якість зварних з'єднань;
- також суттєвою є висока кваліфікація зварювальників;
- мала продуктивність процесу зварювання поздовжніх швів;
- використовуються застаріле обладнання та механічні затискачі.

З метою усунення вище перерахованих недоліків пропонується розробити новий технологічний процес зварювання харчових ємностей і замінити напівавтоматичне зварювання на автоматичне та вибрати раціональне зварювальне обладнання нового покоління.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження опору до крихкого руйнування і оцінка холодостійкості металу

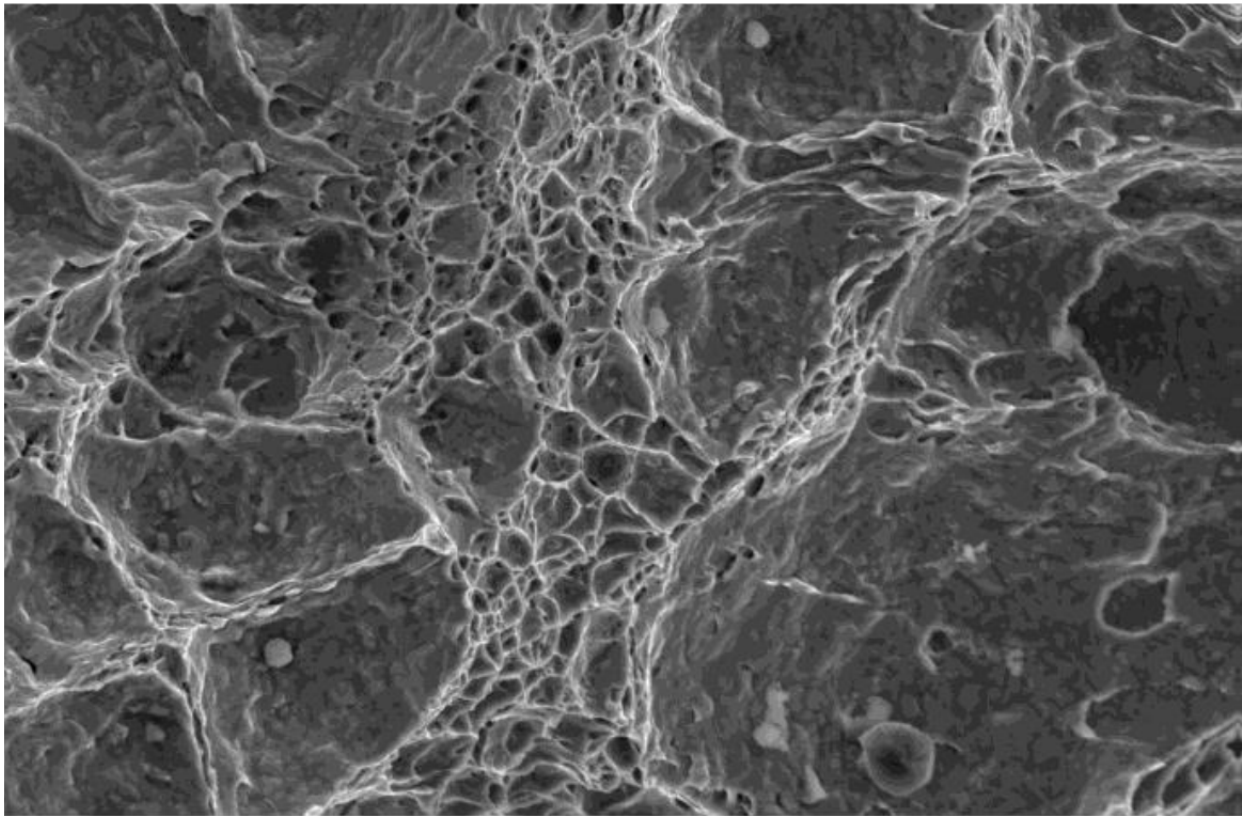
На основі експериментальних даних, отриманих на зразках з імітованою мікроструктурою металу побудовано графічні залежності, які дозволяють визначити параметри холодостійкості і допустимий діапазон швидкостей охолодження в якому можливо забезпечити гарантований рівень ударної в'язкості, встановлений зокрема нормами міжнародних стандартів. Для отримання більш надійних результатів стійкості металу проти руйнувань доцільно використовувати показник T50, який фактично за величиною ударної в'язкості в 1,5-2,0 рази вищий ніж заданий нормативний рівень, встановлений міжнародними стандартами.

Для оцінки властивостей харчової нержавіючої сталі проводили дослідження мікро-фрактограм зламів зразків вирізаних із зварного шва та біляшовної зони виробу при різних від'ємних температурах (-20, -40 та -60 °C).

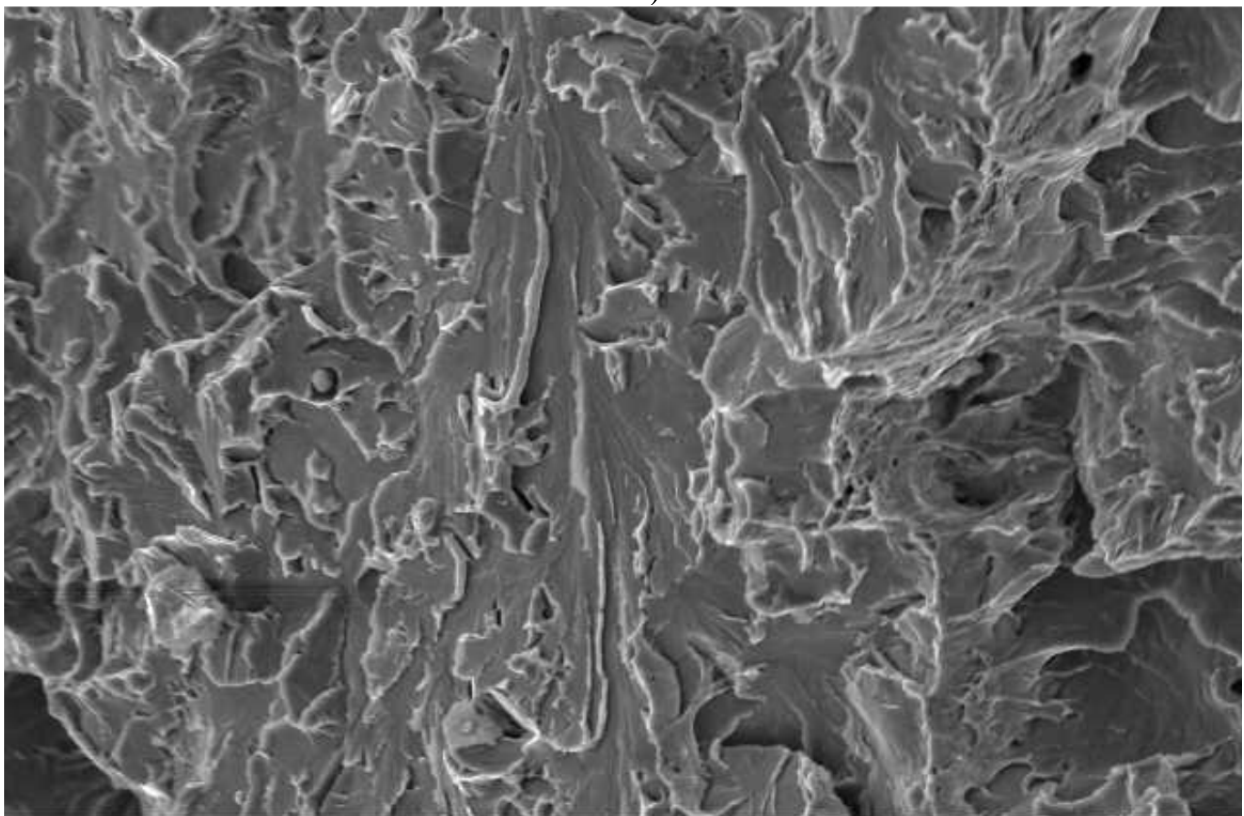
Спостерігали як з пружно пластичного руйнування зі зниженням температури випробувань характер фрактограм зразків змінювався на крихкий.

Встановили що з пониженням температури експлуатації характер руйнування металу шва і колошовної зони плавно змінюється із в'язко-текучого на крихкий.

Фотографії мікро-фрактограм зламів сталі при різних температурах показано на рисунках 2.1 – 2.3.

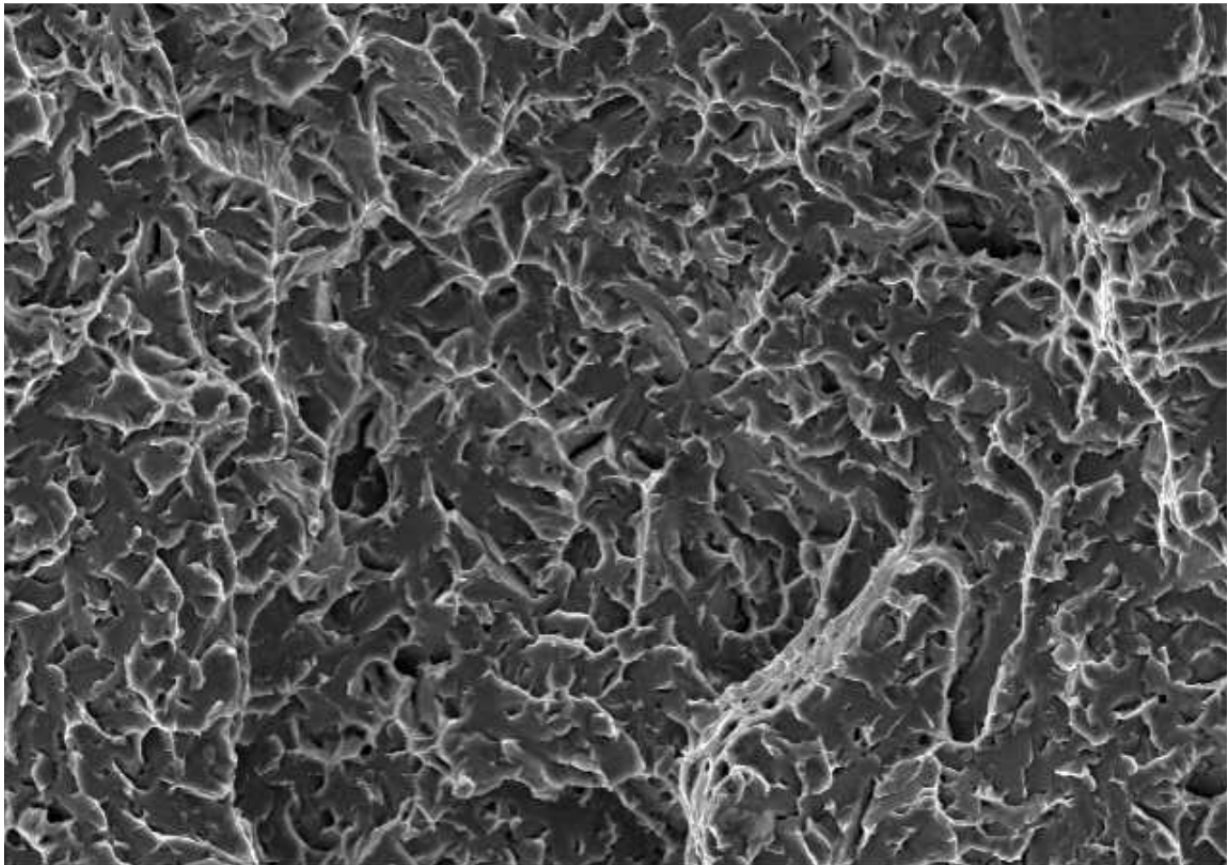


а)

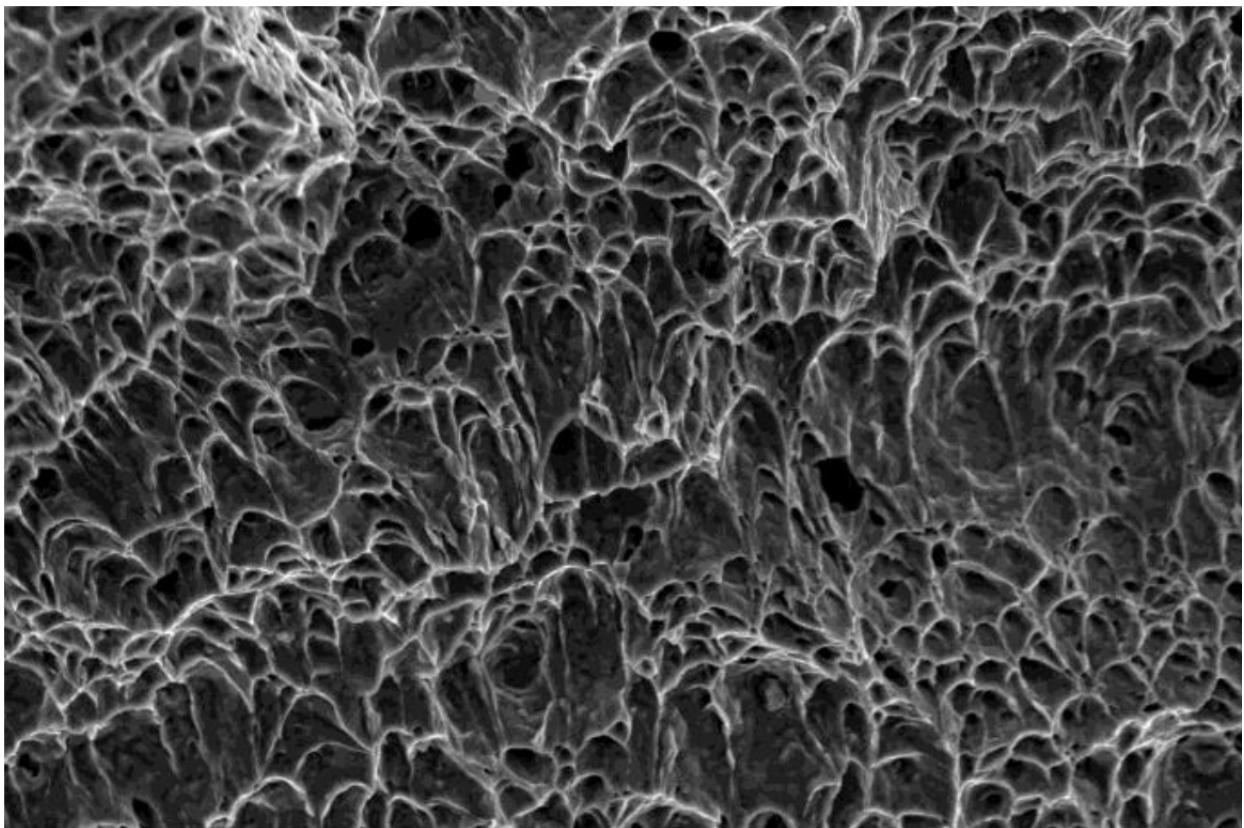


б)

Рисунок 2.1- Характер руйнування металу шва (а) та металу біля шовної зони (б) при температурі - 20⁰С

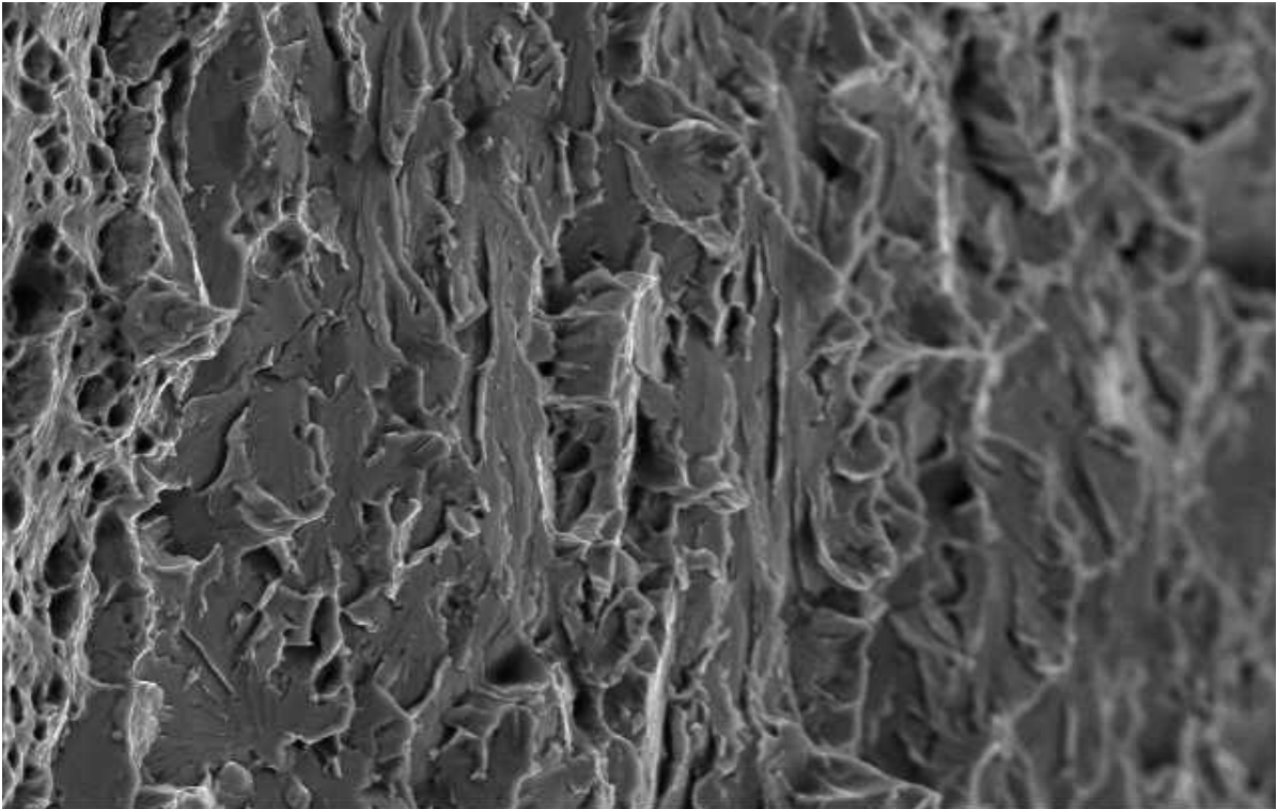


a)

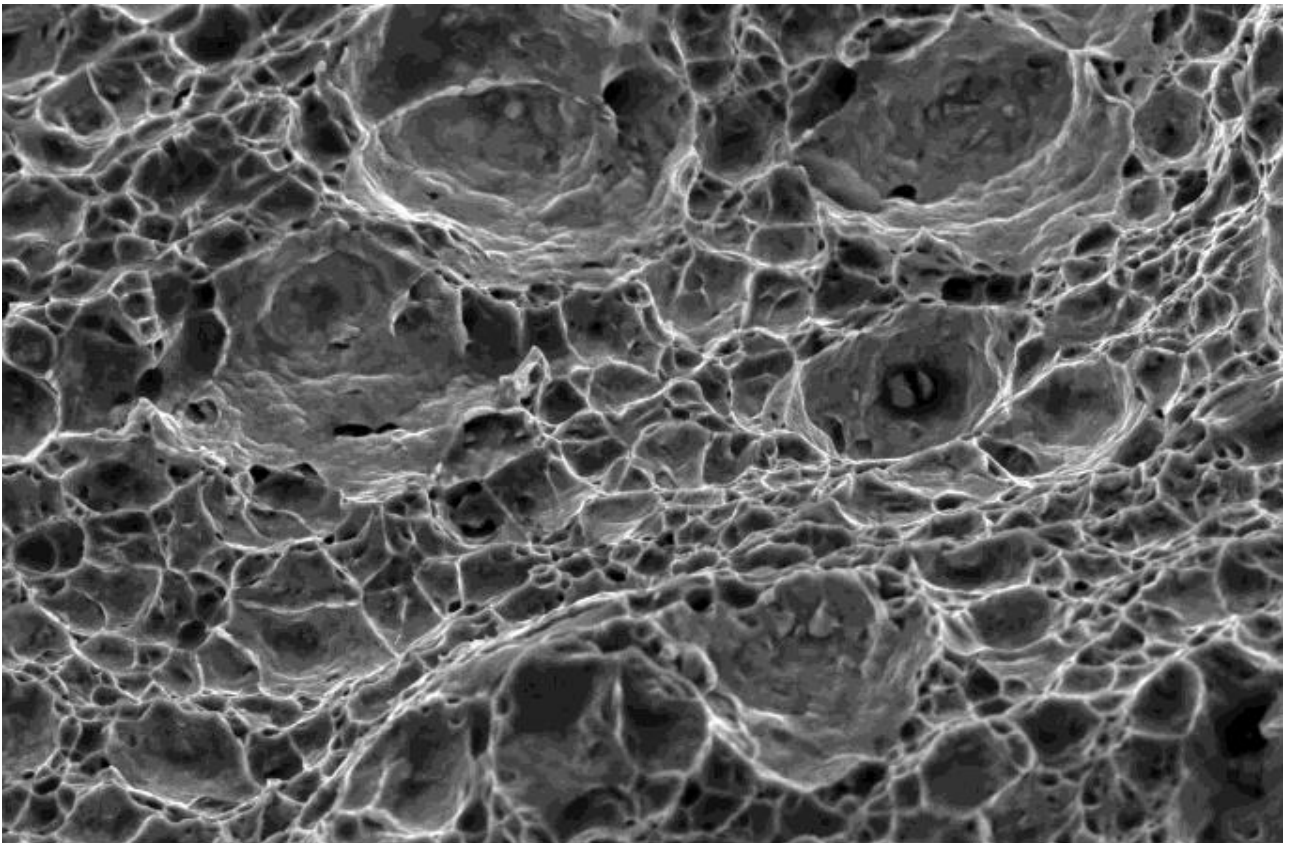


б)

Рисунок 2.2 - Характер руйнування металу шва (а) та металу біляшовної зони (б) при температурі - 40⁰С



a



b

Рисунок 2.3 - Характер руйнування металу шва (а) та металу біляшовної зони (б) при температурі - 60 °С

2.3 Розрахунок розподілу максимальних температур та визначення розмірів ділянок зони термічного впливу

Зона термічного впливу складається з наступних ділянок (рис.2.4);

- а) ділянка неповного розплавлення;
- б) ділянка перегрівання;
- в) ділянка нормалізації;
- г) ділянка неповної перекристалізації;
- д) ділянка рекристалізації;
- е) ділянка синьоламкості.

Розглянемо структуру і властивості кожної з ділянок зони термічного впливу.

Ділянка неповного розплавлення - тонка перехідна смуга від металу шва до основного металу (рис. 2.4). Максимальні температури цієї ділянки знаходяться в межах від температури плавлення сталі 1772 К до температури солідус 1745 К. Отже, тут є рідка і тверда фаза, що полегшує розвиток зерна. На ділянці відбувається безпосереднє змішування металу шва з основним металом шва, тому він, як правило, визначає якість зварного з'єднання. Структура феритно-перлітна з окантовкою перлітних виділень феритними прошарками.

Ділянка перегрівання лежить в інтервалі температур 1745 - 1513 К. Зерно в цих умовах встигає сильно вирости, а подальша перекристалізація при охолодженні не дає його помітного подрібнення, тому метал цієї ділянки характеризується крупнозернистістю. Ферит оточує зміцнені перлітні зерна своєю каймою, причому деколи тут спостерігається відманштетова структура. Ділянка перегріву характеризується погіршенням механічних

властивостей, тому чим менше її розміри, тим вища якість зварного з'єднання.

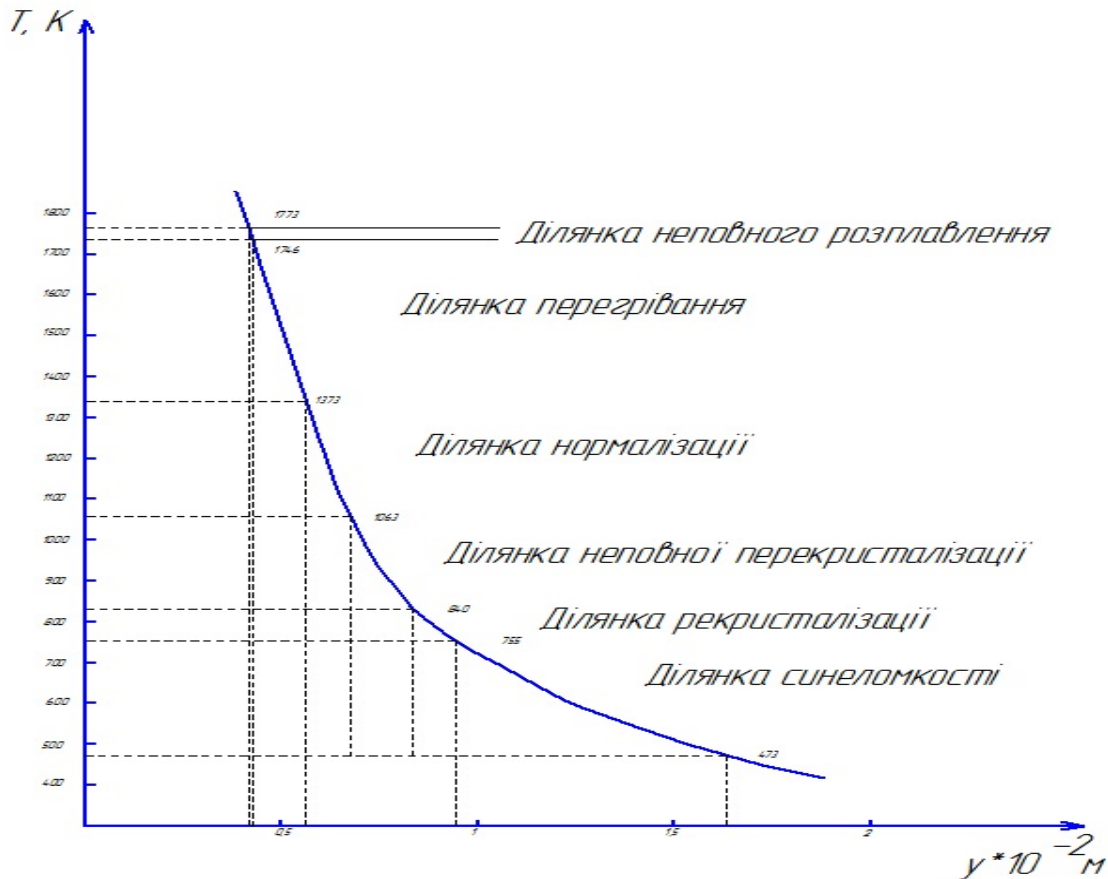


Рисунок 2.4 – Визначення розмірів ділянок зони термічного впливу

Ділянка нормалізації знаходиться в інтервалі максимальних температур 1513 - 1042 К. Оскільки тривалість перебудування металу в цих температурах невелика, то зерно аустеніту помітно виросте.

Подальша перекристалізація металу приводить до отримання дрібної рівно вісної структури. Метал цієї ділянки, має самі високі механічні властивості.

Ділянка неповної перекристалізації знаходиться в інтервалі максимальних температур 1042 — 1027 К. При досягненні металом температури 1027 К проходить евтектоїдне перетворення.

Перліт переходить в аустеніт, а потім ферит розчиняється в аустеніті. В цьому інтервалі температур частина фериту не розчиняється в аустеніті і при охолодженні буде виділятися з аустеніту та утворювати ділянки нових зерен

фериту: закінчується вторинна кристалізація евтектоїдним перетворенням А—П.

Кожній температурі, що лежить вище 1028 аж до 1043 К відповідає певна кількість фериту, що розчиняється в аустеніті і лише в смужці металу, що прилягає до ділянки нормалізації де буде досягнута температура 1043 К в аустеніті розчиняється весь ферит і кінцева структура металу на цій ділянці складається з крупних зерен фериту, що не пройшли перекристалізацію і розташованих навколо колоній дрібних зерен фериту і перліту.

Механічні властивості цієї ділянки гірші, ніж властивості ділянки нормалізації.

Ділянка рекристалізації спостерігається в зоні термічного впливу при зварюванні металу лише після холодного оброблення тиском, ця ділянка обмежується температурами 1028 - 708 К, тобто температурою нижньої границі рекристалізації, яка визначається згідно правилом А.А. Бочвара:

$$T_{\text{рек}} = T_{\text{пл}} \cdot 0,4 \approx 1773 \cdot 0,4 \approx 708 \text{ К}$$

Ні даній ділянці спостерігається рекристалізація зерен фериту, тобто зростання цих зерен з їх частинок, одержаних при пластичних деформаціях металу. Таке зростання можливе за рахунок переходу атомів заліза із гадки сусіднього зерна в сусідню, яка володіє меншою вільною енергією, в цьому випадку ніякого поліморфного перетворення не відбувається.

Структуру ділянки рекристалізації складають рівно вісні зерна перліту і фериту.

Ділянка холодноламкості знаходиться у температурному інтервалі 500-200К. Явище синьоломкості пояснюється виділенням твердого розчину альфа заліза субмікроскопічних частинок різних домішок розташованих на границях

зерен.

Різких меж між ділянками зони термічного впливу немає, спостерігається плавний поступовий перехід однієї структури в іншу. Розмір ділянок зони термічного впливу має велике значення для оцінки якості зварного з'єднання.

Таблиця 2.1 – Розміри ділянок зони термічного впливу

Назва ділянки	Розмір ділянки - 10^{-2} м
Неповного розплавлення	0,02
Перегрівання	0,08
Нормалізації	0,12
Неповної перекристалізації	0,05
Рекристалізації	0,38
Синеломкості	1,26

2.4 Основні критерії зварюваності для оцінки надійності властивостей металу

Механічні властивості металів характеризують їх поведінку під дією зовнішніх навантажень. Вони визначаються експериментально з використанням стандартних методик і в більшості випадків, стандартних зразків. В залежності від умов навантаження механічні властивості можуть визначатися при:

- статичному навантаженні, коли навантаження зростає поступово;
- динамічному навантаженні, коли навантаження відбувається амплітудно;

- повторно-змінному чи циклічному навантажуванні, коли навантаження в процесі випробування багаторазово змінюється за кількома показниками (наприклад величиною та напрямком).

Всього виділяють ряд основних критеріїв зварюваності конструкційних і оболонкових сталей:

- холодностійкість - оцінюється стійкістю зварного шва до впливу крихкого руйнування;
- схильності до знеміцнення при зварюванні;
- тріщиностійкості стійкість до в'язкого руйнування металу;
- схильність до утворення холодних.

Оцінка зварюваності на реальних зварних з'єднаннях трудомістка і ненадійна, особливо на стадії розробки складу сталі. У зв'язку з цим значного поширення набув метод імітації термічних циклів в металі при зварюванні. Метод дозволяє робити висновки про зварюваність за результатами досліджень фазових перетворень при безперервному охолодженні. Цей аналіз відноситься до металознавчих методик оцінки зварюваності сталей з побудовою діаграм перетворення аустеніту в металі .

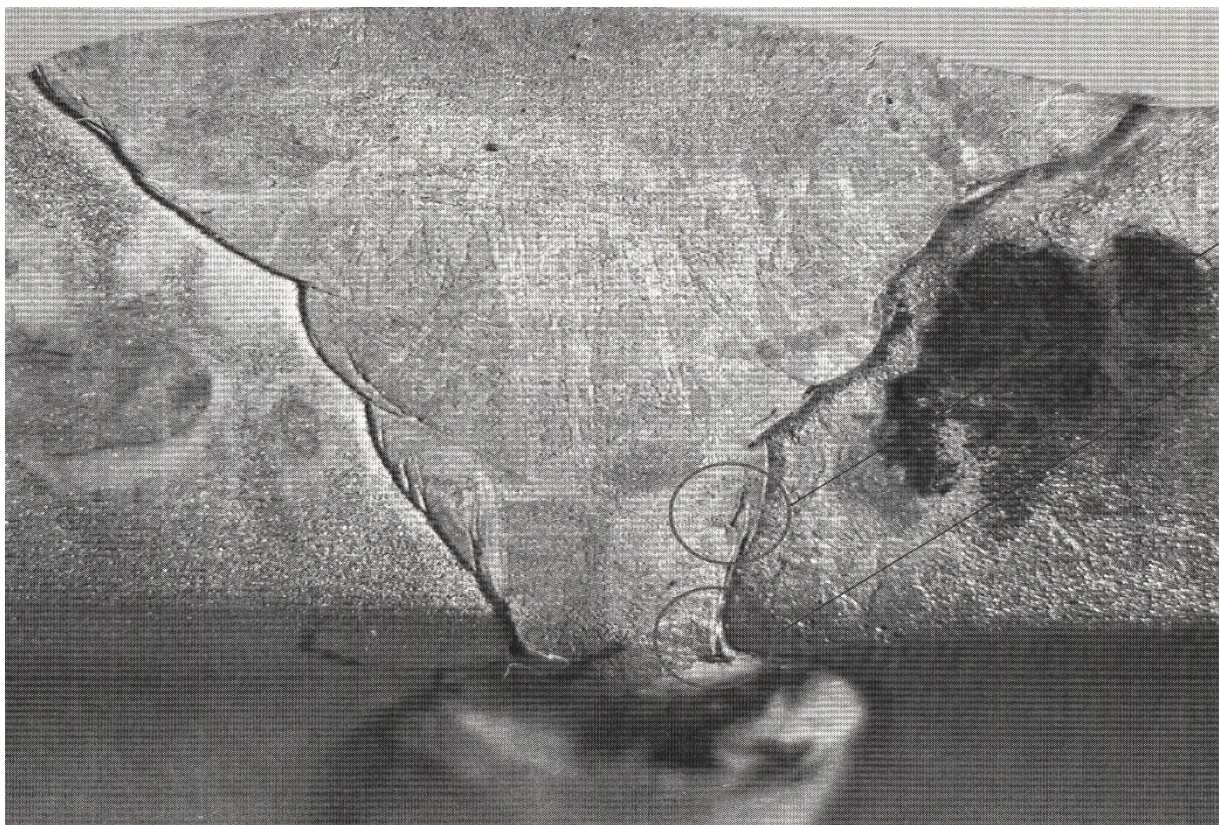
2.5. Оцінювання якості виконання швів за допомогою напівавтоматичного зварювання

Перед зварюванням зразки ретельно зачищають.

Пропали і подрізи, глибина яких перевищувала 10% від товщини зварюваного зразка приймають за критичний рівень погіршення якості.

Оскільки основний метал виготовлення заготовки у нас нержавіюча універсальна сталь марки 12Х18Н10Т експериментальним шляхом вибрали оптимальний спосіб зварювання для забезпечення максимальної надійності.

Фотографії деяких дефектів стикових швів показано на рисунках 2.5 – 2.7.



а) несплавлення

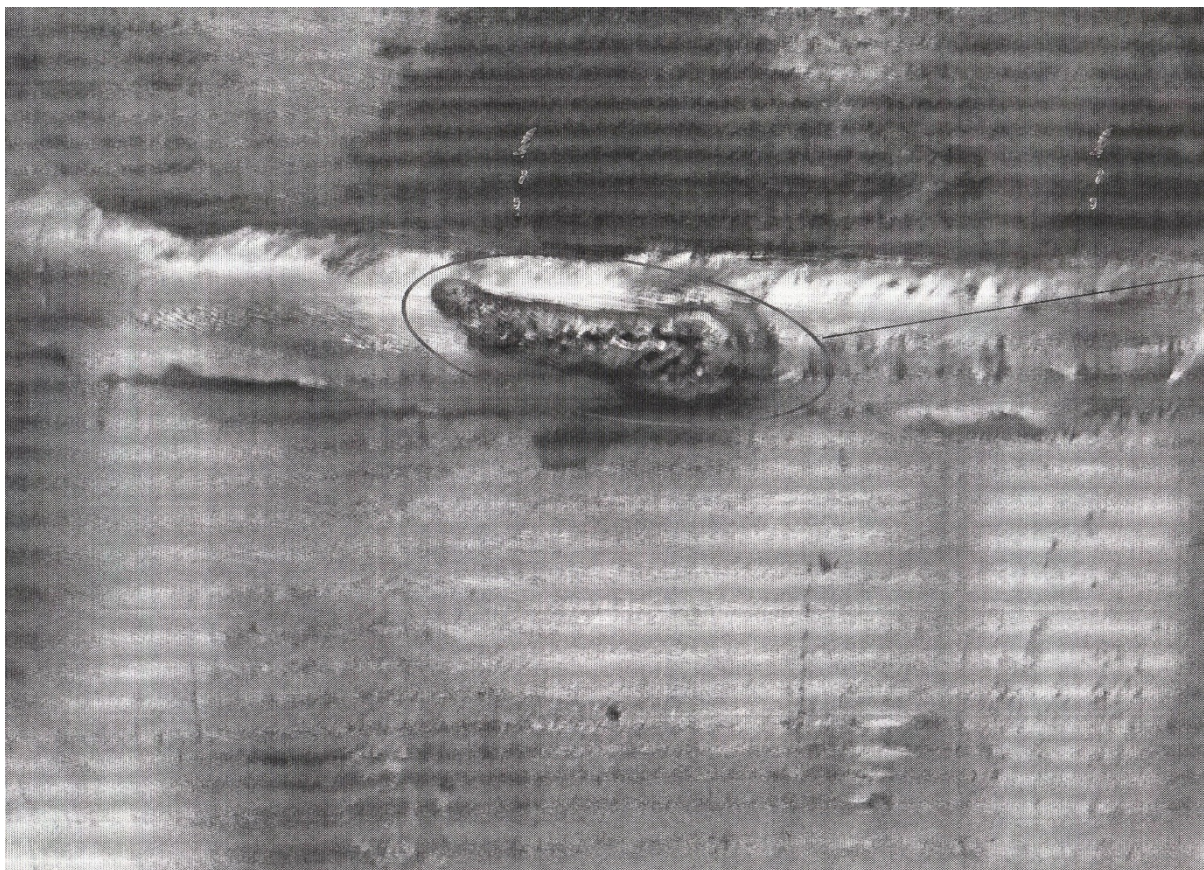


б) тріщина кореня шва

Рисунок 2.5 – деякі внутрішні дефекти при зварюванні нержавіючої сталі 12Х18Н10Т напівавтоматичним зварюванням

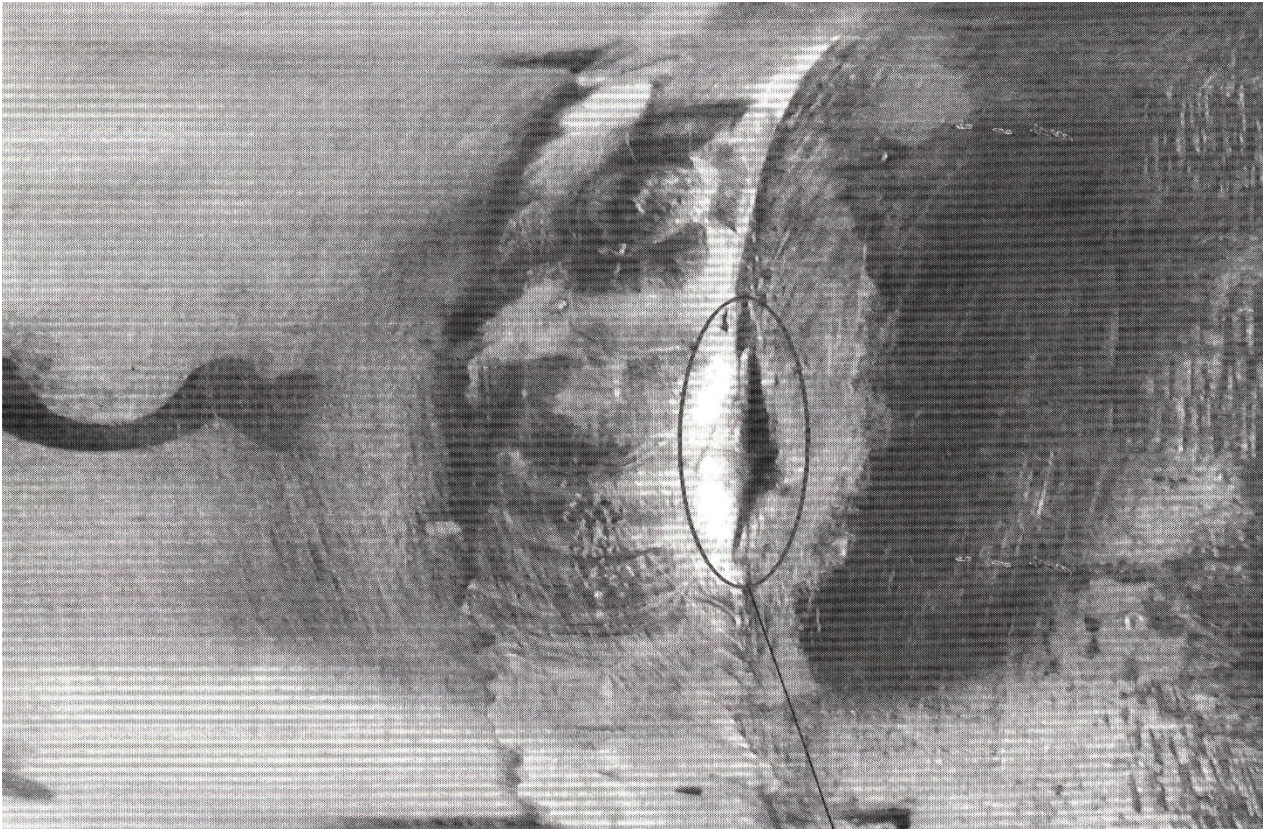


а) свищ, нерівномірна ширина шва

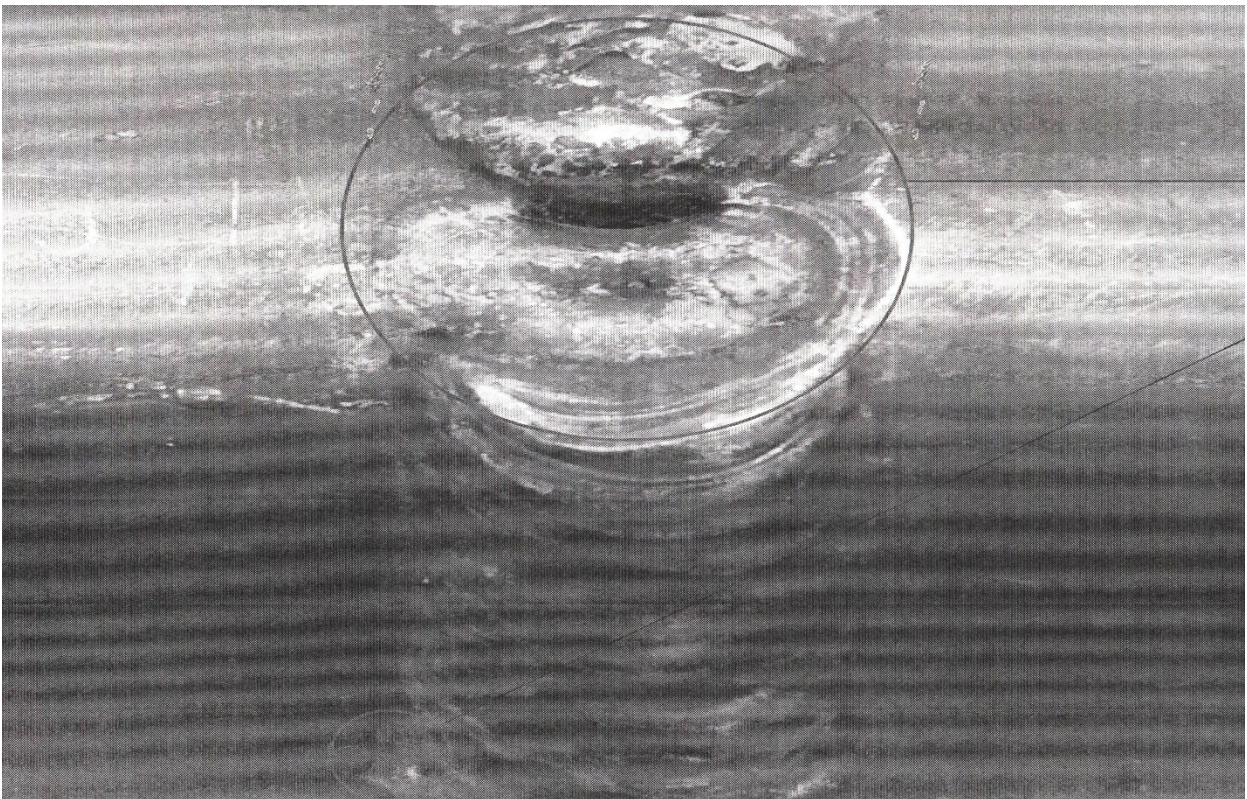


б) сітка пор

Рисунок 2.6 – деякі внутрішні дефекти при зварюванні нержавіючої сталі 12Х18Н10Т напівавтоматичним зварюванням



а) підріз



б) незаварений кратер шва

Рисунок 2.7 – зовнішні дефекти при зварюванні нержавіючої сталі

12X18H10T напіваавтоматичним зварюванням

Виходячи із проведених досліджень можемо зробити висновок що для підвищення якості зварних швів при виготовленні ємності бака з нержавіючої сталі 12X18H10T - потрібно змінити спосіб зварювання на такий, що здатен забезпечити максимальний захист зварювальної ванни металу шва. І, водночас не затрудняти можливість візуального контролю процесу зварювання із врахуванням максимальної економічності.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЧАСТИНА [3-16]

3.1 Заготовки та методи їх одержання

Технологічний процес виготовлення заготовок включає такі операції: правлення, розмічування, різання, оброблення та очищення кромки під зварювання.

Листовий прокат потребує правлення у тому випадку, коли металургійний завод постачає його у неправленому вигляді, або при деформуванні в процесі навантаження, розвантаження чи транспортування.

В залежності від перерізу металевих напівфабрикатів, його розмірів, виду і марки металу, а також виходячи із деформацій, які необхідно виправляти, застосовуються способи (попереднього) правлення вигином в холодному (не нагрітому) стані (одноразовим чи багаторазовим), правлення з розтягненням (теж в холодному стані) і правлення шляхом місцевого (локального) нагрівання (окремих ділянок металу). Щоб уникнути наклепу металу його правлення в холодному стані допускається, якщо початкові деформації крайніх волокон металу не перевищують 1%.

Для правлення металевих напівфабрикатів застосовуються в основному три типи правильних машин роликіві листо- та сортоправильні машини і ротаційні машини з косо розташованими валками для правлення прутків і труб; правильні преси з механічним або гідравлічним приводом; розтяжні правильні машини.

На роликівих (багато-валкових) листоправильних машинах правляться листи, штаби та стрічки невеликої товщини, а на роликівих (багато-роликівих) сортоправильних машинах виправляється дрібно- і середньосортний металопрокат різних профілів.

Технологічний процес правлення листів здійснюється в наступній послідовності. Спочатку лист металу укладається на ролики подавального столу (рольгангу). В залежності від товщини листа виставляється відстань між верхніми та нижніми валками листопрямуючої машини. Якщо лист за один прохід через машину виправляється недостатньо, він пропускається через валки заднім ходом. Під час правлення сильно деформованих листів допускається пропускати їх через машину 3-4 рази. Після закінчення правлення виправлений лист подається для подальшого оброблення.

Розмічування буває індивідуальне або шаблонне. І хоч шаблонне розмічування не таке трудомістке та більш продуктивне ніж індивідуальне, але виготовлення спеціальних розмічувальних шаблонів не завжди економічно доцільне. Найчастіше для розмічування великих деталей використовується оптичний метод, що дозволяє проводити розмічування без шаблону по кресленню, яке проектується на розмічувану поверхню.

Різання і оброблення кромки. Різання листових деталей з прямолінійними кромками металу товщиною до 40 мм проводиться на гільйотинних ножицях типу HATS3212 (рисунок 3.1). При довжині заготовок від 1 до 4 м, похибка розміру складає $\pm 2,0..3,0$ мм при розрізанні по розмітці і $\pm 1,5..2,5$ мм при різанні по упору. Продуктивним є також процес вирубування в штампах. При номінальних розмірах деталей 14 м похибка може досягати $\pm 1,0..2,5$ мм. Для поперечного різання фасонних профілів застосовують порталну автоматичну машину MONOTEC Type-1530 (рис. 3.2).



Рис. 3.1 – Загальний вигляд гільйотинних ножиць типу **HATS3212**



Рис. 3.2 – Загальний вигляд порталної автоматичної машини **MONOTEC** Type-1530

Очищення поверхні металу виконується наступними операціями: видалення фарби, мастил та інших можливих забруднень; кінцеве обезжирення; видалення окисних плівок; пасивування поверхні; промивання; сушіння

3.2 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Доцільність застосування того чи іншого способу зварювання при виготовленні оболонкових конструкцій середнього діаметру, визначається на основі аналізу таких факторів:

- а) технічних і економічних вимог до зварних з'єднань;
- б) зварюваності металу;
- в) заданої продуктивності;
- г) можливості механізації та автоматизації процесу;

Для виготовлення нашої конструкції можна вибрати наступні способи зварювання:

- а) ручне дугове зварювання;
- б) зварювання під флюсом;
- в) газове зварювання;
- г) зварювання в середовищі захисних газів (автоматичне, напівавтоматичне).

Перевагою ручного дугового зварювання є простота і виробнича економічність процесу. Проте наявні і суттєві недоліки при застосуванні даного способу зварювання в нашому випадку. Основними недоліками можна визнати: низьку продуктивність процесу, що пов'язана з довжиною швів; необхідність високої кваліфікації зварника; відсутність автоматизаційної складової процесу; і в підсумку підвищення ризику виникнення браку зварних з'єднань.

Суть процесу зварювання під флюсом полягає в тому, що зварювальна дуга горить під шаром флюсу у газовому просторі, що утворюється навколо зварювальної дуги змішуванням парів присадного та основного металів із продуктами дисоціації компонентів флюсу. Розплавлений флюс оточує газовий простір покриваючи зварювальну ванну тонким шаром шлаку і не дає розплавленому металу зварювальної ванни взаємодіяти з N_2 , H_2 , O_2 , що являються шкідливими факторами при формуванні зварного шва.

До переваг зварювання під флюсом можна віднести: підвищення продуктивності праці в кілька разів у порівнянні з ручним дуговим зварюванням за рахунок підвищення густини струму в 10 – 15 разів; в 6 – 8 разів вищу швидкість зварювання; підвищення якості металу шва в цілому за рахунок надійного захисту розплавленого металу зварювальної ванни та отримання більш однорідних за хімічним складом швів завдяки стабільності параметрів режиму зварювання; можливість механізації або автоматизації процесу.

А до недоліків слід віднести: ускладнений контроль через закритий флюсом стик; складність виконання просторових швів; необхідність монтажу захисних планок для утримання розплавленого флюсу над зварювальною ванною шва; необхідність зачистки шва від шлаку після зварювання.

Для виготовлення оболонкових конструкцій можна також застосовувати й газове зварювання, перевагами якого можуть рахуватись: простота; більш плавна температура нагрівання; відсутність необхідності в наявності електричного джерела живлення; можливість зварювання кольорових металів та їх сплавів.

А до недоліків відносяться: підвищена вибухонебезпечність; складність механізації процесу; обмеженість застосування способу малими товщинами заготовок.

Одним із можливих видів зварювання для нашого випадку можна назвати також зварювання в захисних газах, яке може проводитись як автоматично так і напівавтоматично.

До переваг даного способу зварювання безперечно можна віднести можливість високої автоматизації процесу; високу продуктивність та маловитратність виробництва; високу якість зварних з'єднань; можливість зварювати в різних просторових положеннях метал різної товщини.

Як і в кожного виду зварювання, в даному випадку, можна також відмітити й кілька недоліків способу зварювання в захисних газах. Зокрема

інтенсивне розбризкування електродного металу, яке приводить до забруднення обладнання і виробу; необхідність використання джерела постійного струму; необхідність застосування захисних заходів для зварників у зв'язку з відкритістю дуги.

В якості захисного газу можна використовувати активні (кисень, водень або вуглекислий газ) або інертні (аргон чи гелій) газу та їх суміші.

Інертні газу застосовуються переважно для зварювання кольорових металів чи високолегованих сталей, а також у всіх випадках коли необхідно досягти максимальної однорідності основного та наплавленого металу.

При зварюванні в середовищі суміші вуглекислого газу в зону зварювання подають часто 20 – 40% чистого кисню. Це підвищує окислювальний потенціал захисного середовища, а також підвищує температуру зварювальної ванни, а це приводить до зменшення розбризкування електродного металу і до покращення якості металу шва.

Враховуючи степінь відповідальності конструкції і проаналізувавши переваги та недоліки всіх можливих в даному випадку способів зварювання оболонкових ємностей з нержавіючих сталей, вибираємо автоматичне зварювання в суміші вуглекислого газу та кисню.

3.3 Вибір зварювальних матеріалів

При зварюванні використовують вуглекислий газ вищого і першого сорту. Відповідно ГОСТ 8050 – 85 вуглекислий газ, який застосовують для зварювання, не повинен містити сірководень, органічні, кислоти, аміак, ароматичні вуглеводи. Зберігається CO_2 в рідкому стані під тиском 5–7 МПа. Вуглекислий газ не отруйний, добре розчиняється у воді, може знаходитись в будь-якому агрегатному стані.

З одного кілограма рідкої вуглекислоти можна отримати більше 500 л вуглекислого газу.

В промисловості вуглекислий газ отримують наступними способами:

- а) при бродінні спирту, пива (в даному випадку вуглекислий газ є побічним продуктом виробництва);
- б) з вихідних газів хімічного виробництва (синтетичного аміаку, і метанолу в яких міститься до 90 відсотків вуглекислого газу);
- в) з димових газів (промислові котельні, при спалюванні вугілля в цих газах міститься до 20 відсотків вуглекислого газу).

Балони, в яких зберігається вуглекислий газ пофарбовано в чорний колір і жовтою фарбою зроблено надпис “ CO₂ – зварювальний ”.

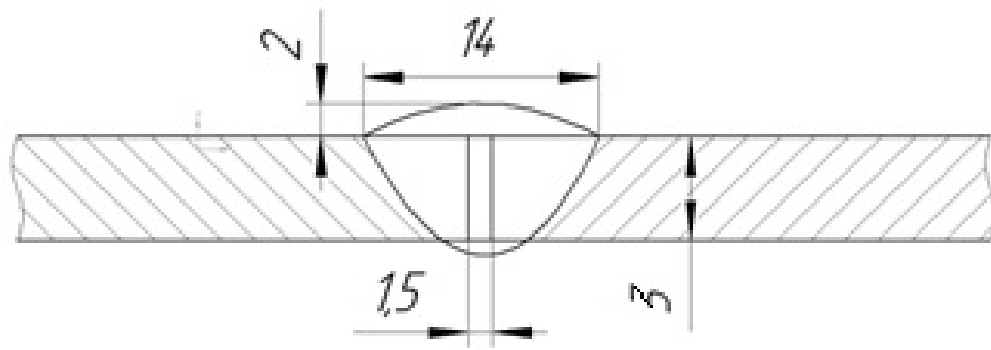
Оскільки основним матеріалом виробу є легована сталь 12X18H10T то в якості зварювального дроту рекомендовано використовувати дріт марки Св06Х19Н9Т, хімічний склад якого приведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад зварювального дроту Св06Х19Н9Т за ГОСТ 2246 – 70, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
					небільше	
≤ 0.08	0,4 - 1	1 - 2	18 - 20	8 - 10	0,015	0,030

3.4 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Схематичне зображення стикового шва представлено на рисунку 3.3.



Основними параметрами режиму зварювання в суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, які суттєво впливають на форму і розміри шва є:

- діаметр і марка електродного дроту, $d_{\text{ел}}$;
- величина зварювального струму, $I_{\text{зв}}$;
- напруга дуги, $U_{\text{д}}$;
- швидкість подачі електродного дроту, $V_{\text{п.ел}}$;
- швидкість зварювання, $V_{\text{зв}}$;
- виліт електрода, $l_{\text{ел}}$;
- витрати захисного газу, $Q_{\text{г}}$.

ГОСТ 14771 – 76 передбачає зварювання металу в CO_2 товщиною до 120мм з обов'язковою розробкою кромки при товщині більше 10мм. При цьому зменшені кути розробки до 40° і величина притуплення до 1 – 2мм при зазорах 0 – 5мм. Стикові з'єднання з товщиною зварюваних елементів від одного до 10 мм рекомендується зварювати однобічним зварюванням без розроблення кромки.

Діаметр електродного дроту вибираємо в залежності від товщини зварюваної деталі.

Таблиця 3.2 – Залежність діаметру електродного дроту від товщини зварюваних деталей

Товщина металу (S), мм	0,8-2,0	3,0-6,0	8,0-14,0	16,0-20,0	22,0-40,0
Діаметр дроту (дел), мм	0,8-1,2	1,2-1,6	1,2-2,0	1,4-3,0	1,6-4,0

Але автоматичному зварюванні в $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ діаметр електродного дроту повинен бути не менше 2мм.

Отже, враховуючи рекомендації по вибору діаметру дроту в залежності від товщини деталей і беручи до уваги спосіб зварювання приймаємо діаметр дроту 2 мм.

Величину зварювального струму визначаємо за формулою:

$$I_{зв.} = \frac{h}{R_a} \cdot 100, \quad (3.1)$$

де h – розрахункова глибина проплавлення, мм (в нашому випадку рівна товщині заготовки – 3 мм);

R_a – коефіцієнт, який залежить від діаметру електрода і береться з таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Залежність діаметру електродного дроту від товщини зварюваних деталей

дел, мм	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
R_a , мм/100А	2,10	2	1,75	1,55	1,45	1,35	1,2

Користуючись таблицею приймаємо $R_a = 1,55$.

Тоді струм $I_{зв.} = 3/1,55 \cdot 100 = 193,5$

Приймаємо $I_{зв.} = 200\text{А}$.

По розрахунковому значенню зварювального струму уточняємо значення діаметра електродного дроту за формулою:

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

де j – рекомендована густина струму, A/mm^2 , береться з таблиці 3,4

Таблиця 3.4 – Залежність густини струму (j) від діаметру електроду (дел) при зварюванні стикових швів без розроблення кромки

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

вибираємо $j = 65 A/mm^2$

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{200}{65}} = 1,98$$

Приймаємо $d_e = 2mm$.

Виліт електрода залежить від діаметру електродного дроту. При $d_{ел} = 2mm$, виліт електрода становитиме: $l_{ел} = 25mm$.

Напругу на дузі визначаємо за табличними даними в залежності від сили зварювального струму та діаметру електродного дроту.

Співвідношення величини зварювального струму і напруги на дузі в залежності від діаметра електродного зварювального дроту представлено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Залежність сили струму і напруги на дузі від діаметра електроду

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

Приймаємо, $U_d = 30\text{В}$.

– визначення швидкості подачі електродного дроту.

Швидкість подачі електродного дроту визначаємо за формулою:

$$V_{\text{п.ел}} = \frac{4\alpha_H \cdot I_{36}}{\pi d^2 \gamma}, \quad (3.4)$$

де α_H – коефіцієнт наплавлення, приймаємо $\alpha_H = 13,5 \text{ Г/А} \cdot \text{год}$

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

d – діаметр електрода

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

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

– визначення швидкості зварювання.

Швидкість зварювання визначаємо за формулою:

$$V_{36} = \frac{A}{I_{36}}, \quad (3.5)$$

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

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

Приймаємо $V_{зв} = 40 \text{ м/год}.$

– визначення витрат захисного газу.

Витрати захисного газу залежать від діаметру електродного дроту і становлять: $V = 20 \text{ л/хв}.$

Вуглекислий газ – 16 л/хв

Кисень – $4 \text{ л/хв}.$

Розраховані параметри режиму зварювання для автоматичного зварювання в середовищі суміші вуглекислого газу та кисню прямо шовної труби заносимо в таблицю.

Таблиця 3.6 – Розраховані параметри режиму зварювання

Струм зварювання,	А	200
Напруга на дузі,	В	30
Діаметр електродного дроту,	мм	2
Марка електродного дроту		Св06Х19Н9Е
Швидкість подачі електродного дроту,	м/год	110
Швидкість зварювання,	м/год	40
Товщина зварюваного металу,	мм	3
Довжина шва,	мм	1250
Захисний газ		
Витрати CO ₂ ,	л/хв	14 – 16
Витрати O ₂ ,	л/хв	3 – 4

3.5 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Виходячи з вибраного способу зварювання та отриманих параметрів режиму зварювання встановлюються необхідні для процесу статичні і динамічні характеристики обладнання. При виборі джерел живлення враховують:

- рід струму;
- зовнішню характеристику джерела живлення;
- номінальну потужність джерела по струму;
- можливість та доцільність використання багатопостового живлення.

Вибір джерела живлення для автоматичного зварювання під шаром флюсу. Під необхідні параметри режиму зварювання підходять декілька варіантів, такі як ПДГ-203, ПДГ-2312, ВДУ-1201.

Вибір зварювального обладнання для автоматичного зварювання в середовищі суміші вуглекислого газу і кисню, в даному випадку джерела живлення і напівавтомата, залежить від основних параметрів режиму зварювання які були розраховані в попередньому пункті:

- а) величини зварювального струму;
- б) діаметра електродного дроту;
- в) номінальної робочої напруги;
- г) швидкості подачі електродного дроту.

Таким чином, для автоматичного зварювання ємності в середовищі суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ вибираємо автоматичну установку для дугового зварювання в середовищі $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, А1406



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд автомата А 1406

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика автомата А 1406

Найменування параметру		Значення
Номінальна напруга сітки живлення, В		380
Захист зони зварювання		(CO ₂ +O ₂)
Номінальна частота, Гц		50
Електродний дріт	Діаметр, мм	1,2-2
	Швидкість подачі, м/год	17-553
Номінальний зварювальний струм при ПВ=60%, А		500
Границі регулювання зварювального струму, А		60-500
Джерело живлення		ВДГ-303
Витрати захисного газу л/год		500-960



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд випрямляча КИУ – 501

Таблиця 3.8 – Технічна характеристика випрямляча КИУ – 501

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

3.6 Вибір методу контролю якості виробу

Якість вихідних матеріалів, основного металу, зварювального дроту, захисного газу при зварюванні ємності харчового призначення повинна задовольняти поставлених до них вимог. Спочатку встановлюємо відповідність сертифікатних даних потрібних згідно технологічного процесу зварювання. Потім оглядаємо матеріал і перевіряємо їх якість у відповідності з нормативною документацією і ГОСТом.

Режими зварювання контролюємо в першу чергу з метою дотримання параметрів процесу. Якість зварного шва перевіряємо візуальним спостереженням по приладах а також по зовнішньому вигляду зварного шва. Крім цього якість зварного шва перевіряємо шляхом порівняння з еталонним зразком.

Зовнішнім оглядом перевіряємо якість і підготовку листових заготовок під зварювання ємності, виконання швів в процесі зварювання і готових зварних швів. Зовнішній огляд дає достатню інформацію про якість зварного шва. Це найбільш дешевий і оперативний метод контролю якості.

Також перевіряємо герметичність шва методом ультразвукової дефектоскопії

3.7 Опис вибраного технологічного процесу

Вдосконалений технологічний процес виготовлення ємності має перед базовим технологічним процесом ряд переваг, а саме:

- а) розраховані параметри режиму зварювання більш економічні;
- б) підібране сучасне зварювальне обладнання;
- в) заміна захисного газу, значно покращує захист металу шва;
- г) заміна напівавтоматичного зварювання в середовищі CO_2 автоматичним зварюванням в середовищі суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ підвищує продуктивність праці і збільшує швидкість зварювання.

Дані переваги приводять до покращення механічних властивостей шва, зменшення розбризкування розплавленого металу, зменшують трудоемність виготовлення конструкції, збільшують продуктивність праці, а також дають значний економічний ефект.

Технологічний процес складається із наступних операцій:

- заготівельні;
- складальні;
- зварювальні;
- опоряджувальні;
- допоміжні;
- контрольні.

3.7.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок, з яких надалі виготовляють ємності харчового призначення, необхідно виконати наступні операції:

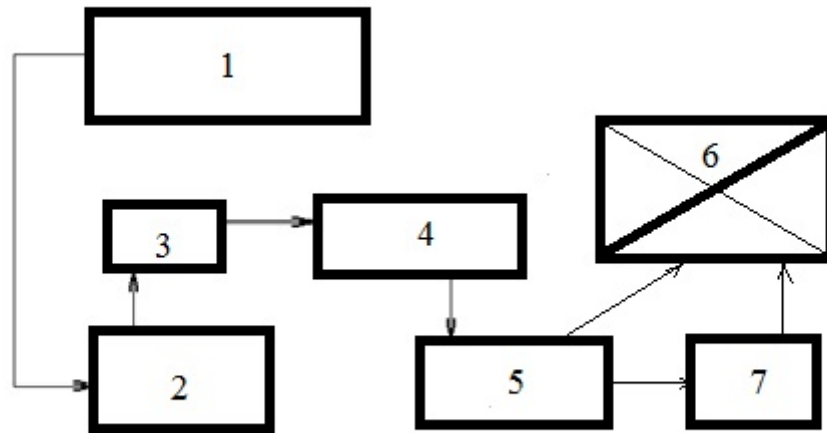
- правлення;
- розмічування;
- різання;
- очищення.

3.7.2 Складальні операції

Заготовки із стелажів подаються за допомогою портального маніпулятора, що рухається по рельсах на рольганг (роликівий конвеєр), а з нього – на стенд зачистки кромки. Із стенду зачищені заготовки подаються на візки, які по рельсовому шляху подають заготовки на ділянку складання.

3.7.3 Складально-зварювальні операції

Маршрутна схема обраного технологічного процесу показана на рисунку 3.5.



1 – стелажі для заготовок; 2 – для розмітки і порізки листових заготовок; 3 – кондуктор для складання і прихоплення ємності; 4 – установка для автоматичного дугового зварювання в середовищі суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$; 5 – ділянка зачищення і контролю якості; 6 – стелажі готової продукції; 7 – ділянка виправлення дефектів.

Рисунок 3.6 – Маршрутна схема обраного технологічного процесу.

Портальний кран із захватом подає заготовку на кондуктор для складання і прихоплення. На цьому кондукторі проводять складання і прихоплення деталей виробу. Прихоплення здійснюється напівавтоматичним зварюванням в середовищі вуглекислого газу з метою зменшення розходження кромки деталі а також фіксації складеної деталі. Крім цього прихоплення здійснюють в тих місцях де буде проходити повне зварювання деталі.

Зі складального кондуктора цим же портальним краном заготовку подають на установку для автоматичного дугового зварювання в середовищі суміші вуглекислого газу та кисню. Зварювання ведеться за один прохід.

3.7.4 Опоряджувальні операції

Після зварювання знімаємо бак з установки і піддаємо візуальному та ультразвуковому контролю .

Контроль якості зварювання оболонкових конструкцій поділяється на : поопераційний і приймальний.

Завдання поопераційного контролю – забезпечення правильності виконання всіх операцій технологічного процесу, в тому числі монтажу і зварювання, шляхом дотримання вимог нормативно-технічної і технологічної документації.

При складанні деталей під зварювання контролюють відповідність розмірів і форм зварюваних кромок, величину зазору, щоб зміщення кромок було в межах допусків згідно ГОСТ.

В процесі зварювання перевіряють режими і техніку ведення операцій, послідовність накладання швів, якість зачищення зварних швів від шлаку, відсутність видимих дефектів.

Приймальний контроль зварних з'єднань ємкостей є заключною частиною виготовлення. Приймальний контроль проводимо використовуючи ультразвукову дефектоскопію всіх швів. Вона дозволяє виявити невеликі тріщини і малий непровар, що неможливо виявити просвічуванням гамма – променями.

Визначення технічних властивостей зварних з'єднань проводимо у відповідності за ГОСТ6996 – 76. Показники властивостей при випробуваннях на розтяг і на згин визначаємо як середнє арифметичне результатів випробування всіх зразків даного контрольного з'єднання. Результати випробувань вважаються незадовільними, якщо хоча б один із показників перевищує допустимі норми більш ніж на 10%.

Механічні випробування проводяться через певні інтервали часу в центральній заводській лабораторії.

За результатами механічних випробувань, при необхідності, проводять коректування параметрів режимів зварювання одного чи всіх зварювальних швів.

Вибір методів контролю якості визначається характером отримання необхідної інформації, особливостями контролюючого об'єкту, чи є можливість його застосування в конкретних виробничих умовах. Зовнішні дефекти зварних з'єднань виявляють візуальним методом контролю. Його проводять неозброєним оком, або з використанням лупи. Це проста, але дуже важлива контрольна операція. Її необхідно виконувати старанно і кваліфіковано, з обов'язковою реєстрацією всіх зовнішніх дефектів для їх аналізу і вияснення причин.

Контролю магнітним методом піддають лише феромагнітні матеріали. Складність перевірки становлять габарити виробу, так як для такого виробу необхідний досить великий і потужний електромагніт.

В основі радіаційних методів контролю лежить іонізуюче випромінювання в формі рентгенівських променів і гама – випромінювання. Контроль зварних з'єднань радіоактивними методами базується на зміні рентгенівського і гама – випромінювання в результаті втрат частини енергії при проходженні ними через матеріал в залежності від його густини і товщини. На отриманому рентгенівському знімку можна побачити темні і світлі ділянки, різна зміна кольору ділянки шва означає зменшення чи збільшення густини металу, а також можливість наявності дефекту.

Недоліком радіаційного методу контролю є низько виявляюча здатність площинних дефектів, тривалість процесу, використання гостродефіцитної плівки.

Для визначення внутрішніх дефектів зварних швів (тріщин, непроварів, неметалевих включень) застосовують радіаційний і ультразвуковий методи контролю; в окремих випадках можна застосовувати магнітний, а також перевірку на герметичність.

Ультразвукова дефектоскопія базується головним чином на двох основних методах.

Перший метод. Дефекти виявляються зменшенням амплітуди сигналу, як при імпульсному, так і при неперервному випромінюванні. Ці методи носять назву тіньовий і дзеркально-тіньовий. Вони мають добру перешкодостійкість, але для використання тіньового методу необхідний двобічний доступ до дефекту. Дзеркально-тіньовий метод не потребує двобічного доступу до з'єднання, дозволяє визначати дефекти в корневих швах стикових з'єднань.

Ці два тіньових методи можуть використовуватися при контролі об'єктів з неякісно обробленими поверхнями. Ці методи успішно застосовують для контролю стиків арматури залізобетону.

Другий метод – це використання відбитку ультразвукових хвиль від нещільностей контрольованої деталі, які мають відмінний від основного металу акустичний опір. Знімається і реєструється відбита хвиля.

Вказаний метод називається «відлуння-імпульсним», оскільки перевірка об'єкта проводиться короткими неперервними ультразвуковими імпульсами. Ознакою дефекту є поява на екрані приймача відлунь сигналів. Відлуння-імпульсний метод використовується для контролю всіх основних видів зварних з'єднань – стикових, кутових, таврових. Виявлення дефектів має місце для елементів товщиною до 1000 мм.

Дефекти площею до $0,7 \text{ мм}^2$ виявляються на глибині до 100 мм. Контроль здійснюється при однобічному підході до з'єднання, використовується один перетворювач для випромінювання і приймач для прийняття і підсилення сигналу.

Ємнісні конструкції в залежності від призначення конструкції часто випробовують на герметичність. Процес оцінки герметичності проводять в наступній послідовності:

- а) встановлюють виріб в місце випробування;

б) приєднують труби для перевірки герметизації, забезпечуючи герметизацію всіх отворів;

в) заповнюють весь об'єм випробувальних виробів водою з видаленням повітря;

г) підвищують тиск води у випробувальних виробах до величини випробувального тиску (приблизно на 50 % більше за робочий);

д) витримують даний виріб під тиском на протязі встановленого часу;

е) зменшують тиск і звільняють виріб від рідини.

Величина випробувального тиску зазвичай рівна 2...2,5 МПа, а час витримки виробу під тиском до 60 с.

Тріщини в готовому виробі не допускаються. Згідно правил державної служби технагляду зварні з'єднання не повинні мати напливів і підрізів.

Для перевірки механічних властивостей зварних з'єднань проводяться механічні випробування. Їх проводять на зразках, які вирізають з контрольної пластини. Контрольна пластина для контролю поздовжніх швів при зварюванні обичайок прихоплюється таким чином, щоб зварний шов на пластині був продовженням шва на обичайці. Пластина для контролю кільцевих швів може зварюватися окремо, але з обов'язковим дотриманням всіх умов зварювання виробничих стиків. З кожного контрольного зварного з'єднання вирізаються два зразки для випробування на розтяг, два зразки для випробування на згин і три зразки для випробування на ударну в'язкість.

Отже, для виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів використовуємо ультразвуковий контроль якості дефектоскопом ИЦ-35, всі вимоги, щодо контролю якості регламентуються згідно ГОСТ 14782 – 86 і так як виріб використовується у харчовій промисловості для зберігання рідкої продукції різного хімічного складу то його додатково перевіряємо на герметичність.

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Перевірочний розрахунок міцності конструкції

При виготовленні корпусу ємності для рідини використовується стикове з'єднання рисунок 4.1, тому розрахунок будемо проводити для стикових швів. Схематичне зображення розташування основних зварних швів при виготовленні корпусу показано на рисунку 4.1

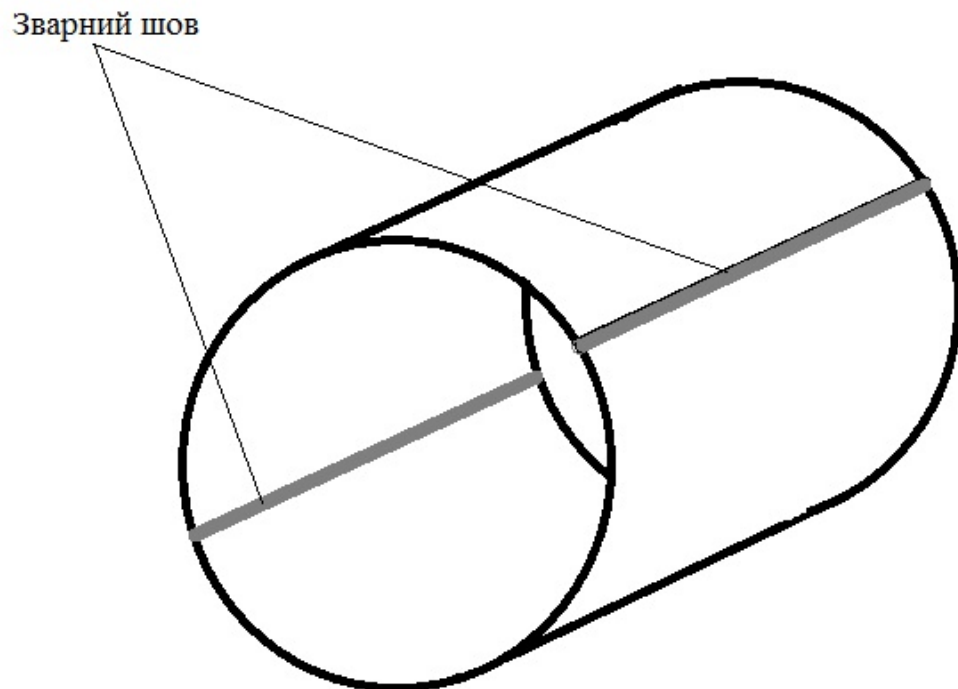


Рисунок 4.1 – Схема зварного стикового з'єднання

Проведемо розрахунок міцності зварного шва за формулою:

$$[\sigma'] = \frac{P \cdot r}{2 \cdot S}, \quad (4.1)$$

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

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

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

тут n – коефіцієнт запасу міцності;

r – радіус заготовки, $r = 600 \text{ мм},$

S – товщина стінки, $S = 3 \text{ мм}.$

Звідси допустимий тиск який витримає виріб:

$$P = \frac{2 \cdot [\sigma'] \cdot S}{r} = 1,58 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,58 \text{ МПа}, \quad (4.2)$$

4.2 Вибір типу пристосувань

При виготовленні зварних конструкцій високої якості необхідне правильне складання деталей зварювального виробу, тобто їх правильне взаємне розміщення і закріплення. Для цього в зварювальному виробництві використовується складальне устаткування.

- При виборі типу пристосувань необхідно забезпечити наступні вимоги:
- а) можливість механізації транспортних операцій ;
 - б) швидкість і надійність базування ;
 - в) зручність складальних і зварювальних операцій ;
 - г) ефективне закріплення деталей у пристосуваннях.

В залежності від функціонального призначення складальне устаткування поділяється на власне складальне та складально-зварювальне. На складальному устаткуванні операції складання закінчуються прихопленням деталей. На складально-зварювальному устаткуванні, крім складання проводиться повне

або часткове зварювання виробу, а іноді і витримування після зварювання з метою зменшення зварювальних деформацій. При цьому операцію зварювання можна виконувати як після попереднього прихоплення так і без нього. Вибір того чи іншого устаткування визначається технологічним процесом, який залежить перш за все від виробу, його форми, розмірів, необхідної точності, типу виробництва, його програми, наявності виробничих площ, завантаження робочих місць, способу зварювання та інших факторів.

Зварювання обичайки резервуара проводиться різними технологічними процесами з використанням різного обладнання.

Для цього ми використовуємо складально-зварювальне пристосування для складання і зварювання обичайок. Так, як технологічно дане з'єднання слід проводити однобічним зварюванням, то за допомогою спеціального станда проводимо зварювання із зовнішньої сторони.

4.3 Обґрунтування вибору баз

Установчою базою вважається кожна поверхня деталі, якою вона дотикається з установчими поверхнями пристосування. Завдяки контакту з цими поверхнями пристосувань, деталь займає чітко визначене розташування відносно нього чи зварювального устаткування.

Розташування складальних деталей в пристосуванні здійснюється за правилом базування. Положення будь-якого твердого тіла в просторі визначається шістьма степенями вільності – переміщення вздовж трьох взаємно перпендикулярних осей і обертанням навколо них. Щоб тверде тіло зафіксувати, необхідно обмежити всіх степенем вільності. Це досягається притисканням тіла до шести опорних точок, що розташовані в трьох взаємно перпендикулярних площинах.

В нашому випадку циліндрична деталь, тому виконуємо базування на призму. Призмою називають установчий елемент з робочою поверхнею у формі пазу, утвореного двома площинами, похиленими під деяким кутом α . Дві площини утворюють ролики роликового стенду, які і забезпечують надійне базування виробу при зварюванні, так як більшість операцій здійснюється саме на цьому пристосуванні.

Для базування деталей циліндричної форми необхідні чотири опорні бази: головна, направляючі і упорні площини. За головну базу вибирають поверхню з найбільшими габаритами, за направляючу – поверхню найбільшої довжини.

Схема базування даного виробу зображена на рисунку 4.2.

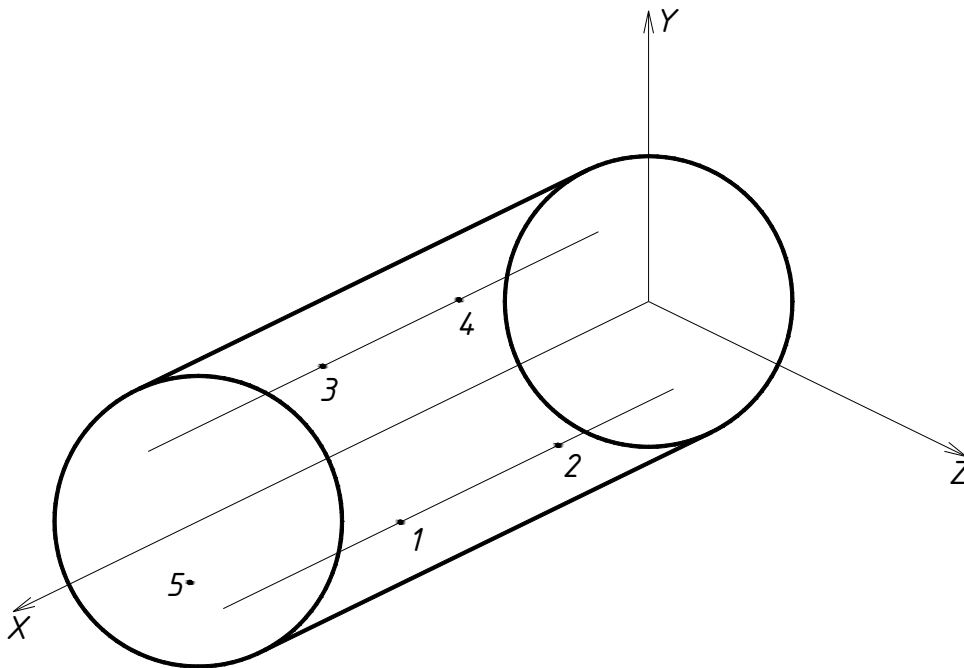


Рисунок 4.2 – Схема базування деталей циліндричної форми

Базування деталей здійснюється з врахуванням специфіки складання декількох деталей (в послідовності їх встановлення по технологічному процесу). Специфіка складання під зварювання полягає в необхідності послідовної орієнтації всіх деталей виробу, їх з'єднання у відповідності з

розмірами складеного креслення, тимчасового закріплення перед зварюванням з допомогою затискних пристроїв.

Вибір правильної схеми базування забезпечує дотримання технологічного процесу виготовлення і правильності складання виробу.

Основною складністю при виборі схеми базування є правильне визначення точок базування, і вибір відповідних площин.

В даному випадку таку схему базування забезпечує основне складально-зварювальне пристосування, а саме роликівий стенд.

4.4 Вибір типу упорів

При виборі установчих елементів таких, як опори, упори, пальці, призми, шаблони, на самперед керуються умовами правильності утворення базових поверхонь, і забезпечення правильної орієнтації деталей в них у відповідності з правилом базування по шести опорних точках.

В свою чергу опори пристосувань поділяють на основні і допоміжні. Основні опори визначають розташування деталі в просторі, обмежуючи всі чи декілька степенів вільності. Допоміжні призначені для надання деталі додаткової жорсткості і стійкості в них на випадок, коли деталь може деформуватися через малу жорсткість. Допоміжні опори індивідуально підводять до встановленої деталі і закріплюють, внаслідок чого вони перетворюються в додаткові жорсткі опори.

Упори, як основний елемент встановлюються для фіксування деталей по базових поверхнях. Упори можуть бути постійними, поворотними, відкидними і знімними з рифленого, сферичною чи плоскою базовою поверхнею.

Установчі пальці можуть бути постійними і змінними. Вони використовуються в складально-зварювальних пристосуваннях для встановлення на них деталей з отворами.

Призми призначаються для фіксації осі циліндричних деталей.

Шаблони є проміжною базою між деталями і використовуються для встановлення деталей в заданому положенні по інших раніше встановлених елементах вузла.

4.5 Вибір типу затискних елементів та їх розрахунок

В загальне число затискних елементів, входять притискачі і затискачі, призначені для закріплення деталей зварювального виробу в процесі складання і зварювання після їх встановлення в пристосуванні. Притискачі повинні забезпечувати правильне прикладання притискного зусилля для закріплення деталей без зсуву відносно установчих баз, надійне закріплення деталей впродовж всього процесу складання і зварювання, швидкодію, можливість зручного встановлення деталей в пристосуванні, зручність при зварюванні вузла, а також можливість зняття виробу з пристосування після зварювання та безпечність у роботі.

Слід відмітити, що притискачі можуть бути ручними і механічними. Притискачі з механізованим приводом, не зважаючи на їх більшу вартість і складність, мають у порівнянні з ручними наступні переваги:

- створюють значно більші притискні зусилля;
- швидкодія;
- покращення умов праці і підвищення культури виробництва;
- можливість дистанційного керування;
- можливість розташування притискачів у важкодоступних місцях;
- можливість одночасного вмикання кількох притискачів.

По способу отримання зусилля притискання розрізняють механічні, пневматичні, гідравлічні і магнітні притискачі. Найбільш поширеним є пневматичний привід, який має наступні переваги:

- доступність завдяки наявності на заводах мережі стиснутого повітря;
- порівняно просту конструкцію;
- надійність в роботі;
- зручність керування.

Для складання обичайки резервуара, необхідно спроектувати притискні елементи пристосувань для затискання виробу. Розрахунок зусиль притискання досить трудомісткий. Такі зусилля необхідні для обмеження переміщень, що виникають внаслідок деформування рами в процесі зварювання і наступного охолодження, а також для затискання деталей при складанні і забезпеченні відсутності зазорів між деталями виробу.

Враховуючи виробничий досвід багатьох машинобудівних заводів і проектних організацій для закріплення деталей, зусилля кожного окремого затискача вибирають в межах 2 ... 6 кН.

Враховуючи масу пристосування і виробу, вибираємо зусилля притискання деталей величиною 2 кН.

4.6 Розрахунок необхідних зусиль притискання

Пневматичні приводи широко використовуються в пристосуваннях завдяки його швидкодії, простоті конструкції, надійності і стабільності в роботі.

Розрахунок будемо здійснювати використовуючи розрахункову схему зображену на рисунку 4.3.

Осьова сила на штоці визначається за формулою:

$$W = P \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta, \quad (4.3)$$

де P – тиск повітря в пневмокамері цеху, МПа, $P = 0,45$ МПа;

D – діаметр пневмоприводу, м;

η – коефіцієнт корисної дії від пневмоприводу, приймається рівним $\eta = 0,98$

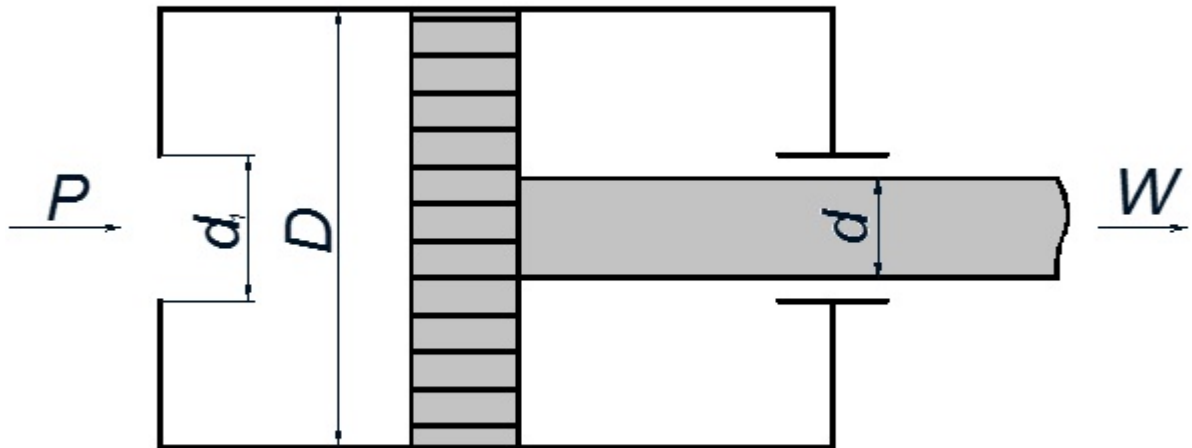


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема пневмоциліндра

Де: P – тиск повітря в пневмокамері, МПа; D – діаметр пневмоприводу, м; d – діаметр штока, м; d_1 – діаметр вхідного отвору, м; W – осьова сила на штоці, МПа·м².

Оскільки відомо необхідне зусилля підтискання $2кН$, по формулі (4.3) запишемо для визначення діаметра пневмоциліндра співвідношення:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot P \cdot \eta}} \quad (4.4)$$

Підставивши значення одержимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2000}{3,14 \cdot 0,45 \cdot 0,98}} = 76,13 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Згідно ГОСТ 6540-68 знайдений діаметр округлимо до найближчого значення із стандартного ряду і приймемо $D = 80 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Діаметр штока вибираємо із співвідношення:

$$d = (0,25 \dots 0,32) \cdot D, [] \quad (4.5)$$

Тоді $d = (0,25 \dots 0,32) \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Із стандартного ряду приймемо $d = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Хід штока пневмоциліндра для діапазону тиску $P = 0,4 \dots 0,8 \text{ МПа}$ приймаємо із співвідношення:

$$S = (0,08 \dots 0,15) \cdot D \quad (4.6)$$

Тоді $S = (0,08 \dots 0,15) \cdot 80 \cdot 10^{-3} = (6,4 \dots 12) \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Отже, будемо використовувати пневмоциліндр з діаметром $80 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, діаметром штока $25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ і робочим ходом $12 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

4.7 Опис конструктивних схем обладнання

Згідно технологічного процесу виготовлення виробу в першу чергу проводиться розмічування і різання листів з застосуванням гільйотинних ножиць. Робота даного пристосування здійснюється внаслідок руху одного з ножів в вертикальному напрямку, при наявності великого зусилля і швидкості руху ножа.

З метою отримання заготовки для харчової ємності ідеально круглої форми в перерізі перед операцією вальцювання листа, здійснюють підгинання кромки листа заготовки на спеціальному стенді.

Однією з перших зварювальних операцій на даному етапі є прихоплення кромки стиків при складанні. Проводять складання корпусів ємностей на спеціальному складально-зварювальному пристосуванні в якому забезпечують збереження необхідного зазору і паралельність кромки що дуже важливо при наступних етапах формування виробу.

Далі безпосередньо проводять зварювання поздовжнього шва на тому ж складально-зварювальному стенді за допомогою автомата типу А-1406. Зварювання проводять за один прохід.

Установки для зварювання прямолінійних швів застосовуються при зварюванні швів великої довжини, а також при масовому і крупносерійному виробництві малогабаритних виробів з декількома паралельними швами. Зварювання коротких прямолінійних швів на середньо і великогабаритних виробках, а також при різних напрямках швів на малогабаритних виробках раніше виконувалися вручну електродами або напівавтоматами.

При виконанні прямолінійних швів виріб здебільшого нерухомий, зварювальний апарат переміщається вздовж лінії шва, виконуючи основний рух. Допоміжні переміщення і коректуючі рухи теж здійснюються зварювальним автоматом, це пов'язано з тим, що рівномірне переміщення виробу разом з пристосуванням складне ніж переміщення зварювального автомата. При зварюванні листових конструкцій, листи необхідно притискати до підкладки, або флюсові подушки, і це простіше здійснити на нерухомому виробі. Переміщення зварювального автомата знайшло своє широке застосування в установках, в зв'язку з тим, що промисловість випускає багато самохідних зварювальних автоматів.

Однак переміщення зварювального автомата відносно виробу має деякі недоліки:

- а) складність підводу різного роду комунікацій до рухомого автомата;

б) необхідність спостереження за процесом зварювання в зоні, яка безперервно переміщається, тому зварник теж повинен переміщатися разом з автоматом;

в) зварювання виконуються в одному напрямку і тому необхідно мати холостий хід автомату, для того, щоб його повернути у вихідне положення.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА [17]

5.1 Вихідні дані

Доцільність розроблення і впровадження нових технологічних процесів та обладнання по автоматизації виробництва визначається їх економічною ефективністю, яка проявляється на основі комплексного порівняльно-економічного аналізу. В порівняльно-економічному аналізі розглядаються такі питання:

- проекування нових складально-зварювальних пристосувань;
- автоматизація і механізація транспортних, складальних і зварювальних операцій;
- порівняння різних варіантів технологічного процесу і вибору виду обладнання;
- порівняння різних варіантів режимів зварювання, зварювального обладнання і систем живлення зварювальних постів.

Вихідні дані для економічних розрахунків приводяться у вигляді таблиць 5.1 і 5.2, основою для яких служить інформація взята із проектно-кошторисної документації та у відповідних розділах даної роботи: креслення виробу, нормування витрат матеріалів та електроенергії і технологічний процес виготовлення виробу.

Річний об'єм випуску харчових ємностей становить 1200 шт. Характеристика виготовлення ємностей наведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Характеристика виготовлення харчових ємностей

№	Показник	Одиниці вимірювання	Кількісна чи вартісна оцінка	
			Фактичні дані	Проектні дані
1	Габаритні розміри	мм	1250x2500	1250x2500
2	Норма витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
	- листовий прокат 12X18Н10Т	3.0	12.17	12.17
	- зварювальний дріт Св 06X19Н9	2.0	7,86	7,86
3	Норма витрат по видах та марках допоміжних матеріалів на виріб чи інший об'єкт нормування:			
	- захисний газ (Ar+CO ₂)	л	3,68	3,68
	- кисень (O ₂)	л	0,2	0,2
4	Ціна придбання матеріалу:			
	- сталь 12X18Н10Т	грн/кг	80	80
	- зварювальний дріт (Св-06X19Н9)	грн/кг	200	200
	- захисний газ (Ar+CO ₂), 40л	грн	192,00	192,00
	- кисень (O ₂), 40 л	грн	78,00	78,00
5	Ціна реалізації товарних відходів	грн	-	-

Характеристику технологічного процесу виготовлення харчової ємності
подано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення харчової ємності

Зміст операцій	Варіанти	Устаткування		Потужність електро-двигуна, кВт	Штучна норма часу, год
		Назва моделі	Ціна за одиницю, грн		
Складання і зварювання ємності	З	Обертач універсальний	260000	1,5	0,9
	П	Стенд для складання та авт.. зварювання	900000	-	0,7
Складання та зварювання обичайки із днищем днищами	З	КИУ - 501 А-1406	59900 316200	-	1,2
	П	КИУ - 501 А-1406	59900 316200	-	0,8
Транспортування виробу	З	Мостовий кран	59000	-	0,1
	П				

Штучна норма часу.

Всього по технологічних операціях:

- по заводу: 2,3год;
- по проекту: 1,45 год.

Всього по допоміжних і транспортних операціях:

- по заводу: 0,15год;

- по проекту: 0,15 год.
- Разом:
- по заводу: 2,3год;
- по проекту: 1,7 год.

5.2 Організаційна частина

5.2.1 Характеристика організаційних форм роботи дільниці

5.2.1.1 Розрахунок необхідної кількості технологічного устаткування та робочих місць

Фактичний фонд часу роботи устаткування розраховується за наступною формулою [17]:

$$\Phi_{yc} = D_{роб} \cdot S \cdot \partial \cdot (1 - K_p), \quad (5.1)$$

де $D_{роб}$ - кількість робочих днів в році, $D_{роб} = 253$ дні;

S - кількість робочих змін в добу, $S = 1$ зміна;

∂ - тривалість зміни, $\partial = 6$ год.;

K_p - нормований коефіцієнт простою устаткування в ремонті, обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками, може приймати значення (0,003...0,1) [17], приймаємо $K_p = 0,04$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 6 \cdot (1 - 0,05) = 1442,1 \text{ год.}$$

Потреба в використанні устаткування визначається для технологічного процесу за формулою [17]:

$$n = \frac{T_{шт} \cdot B}{\Phi_{yc} \cdot K_{вн}}; \quad (5.2)$$

де $T_{шт}$ - штучний час на операції, що виконуються на однотипному устаткуванні, нормованих машино - годин, $T_{шт} = 1,6$ год.;

B - річний об'єм випуску, прийнятий для розрахунку, $B = 1200$ шт.;

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається рівним $K_{вн} = 1,1-1,2$, приймаємо $K_{вн} = 1,1$.

Визначаємо кількість устаткування для складання і зварювання ємностей:

$$n = \frac{1.6 \cdot 1250}{1442,1 \cdot 1,1} = 1,2 \text{ шт.}$$

Приймаємо, $n = 1$ шт.

5.2.1.2 Обґрунтування типу виробництва та форм його організації

Тип виробництва визначається на основі його серійності, яка розраховується по кількості деталеоперацій, що припадають на одне робоче місце. Розрахунок проводимо за формулою [17]:

$$K_{сер} = \frac{K_{до}}{n_{рм}}, \quad (5.3)$$

де $K_{до}$ - кількість деталеоперацій на дільниці;

$n_{рм}$ - кількість робочих місць на дільниці (механізованих та не механізованих), де виконуються основні технологічні операції.

$$K_{сер} = \frac{20}{10} = 2$$

Так, як $K_{сер} = 1 < 2$, то тип виробництва буде серійним.

5.3 Економічна частина

5.3.1 Розрахунок капітальних вкладень

При розрахунку капітальних вкладень в окремі елементи основних і оборотних засобів, необхідних по новому і базовому варіантах, повинні враховуватись вкладення як нові так і в наявні засоби, якщо передбачається їх використання.

5.3.2 Розрахунок собівартості продукції

Для визначення порівняльної економічності порівнюваних способів і засобів виробництва, розрахунку затрат і досягнутого економічного ефекту необхідно розрахувати собівартість продукції.

Собівартість продукції - це сума грошових затрат підприємства на її виробництво та реалізацію. Зміна собівартості продукції буде досягатись за

рахунок застосування нового складально-зварювального обладнання в процесі виготовлення виробу.

5.3.2.1 Розрахунок витрат на основні матеріали, закупні та комплектуючі вироби

До основних матеріалів відносяться:

- основний метал – сталь 12X18H10T;
- зварювальний дріт - Св-06X19H9.
- захисний газ – Ar+CO₂+O₂.

Розрахунок вартості основних матеріалів проводять по двох напрямках:

- а) на один виріб - для обчислення калькуляції собівартості;
- б) на програму - для визначення об'ємних економічних характеристик.

Затрати на матеріальні ресурси приведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Зведена відомість затрат на матеріальні ресурси

Варі- ант	Назва матері- альних ресурсів	Ціна прид- бання за одиницю виміру, грн	Затрати в матеріальних одиницях, грн		Транспортно- заготівельні витрати	
			На один виріб	На прог- раму	У % до ціни купівлі	В грн на один виріб
З	Сталь 12X18H10T	20	203	276564	1,5	2,5
П						
З	Зварювальний дріт Св-06X19H9	24,7	37,3	78930	5	1,75
П						

З	Захисний газ Ar+CO ₂ +O ₂	1,95	6,63	8287,5	5	0,33
П						
Разом		39,41	212,67	265837,5		4,58

Загальна сума матеріальних ресурсів становить:

- сталь 12X18H10T на один виріб, грн: 203;
- сталь 06X19H9 на програму, грн 276564;

Загальна сума витрат електродного дроту становить:

- електродний дріт Св-06X19H9 на один виріб, грн: 35,04;
- електродний дріт Св-06X19H9 на програму, грн: 78930.

5.3.2.2 Розрахунок фонду оплати праці

Таблиця 5.4 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
Основні робітники:				
зварювальники	5	5	IV	IV
складальники	3	3	III	III
зачищувальники	2	2	III	III
контролери	1	1	V	V
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
транспортувальники	2	2	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	20	20	—	—

Приймаємо, що всі основні робітники, ІТР та службовці оплачуються по штатно-окладній системі, а допоміжні робітники - по погодинній

Для основних, інженерно-технічних робітників та службовців розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою:

$$Z_{on} = c_n \cdot O_m \cdot 12, \quad (5.4)$$

де Z_{on} - основна заробітна плата певних категорій працівників, грн;

c_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців в одному році.

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою:

$$Z_{on} = Z_{on} \cdot (D1 + D2), \quad (5.5)$$

де $D1$ - додаткова доплата за шкідливість, грн, $D1 = 12 \dots 24\%$, приймаємо $D1 = 20\%$;

$D2$ - інші доплати, $D2 = 15-20\%$ від основної заробітної плати, приймаємо $D2 = 15\%$.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за наступною формулою:

$$Z_{nn} = Z_{on} \cdot P, \quad (5.6)$$

де P - розмір премій та надбавок, грн, $P = 40\%$.

Отже, за формулами 5.4- 5.6 проводимо розрахунок фонду оплати праці основних робітників.

Затрати на оплату праці зварників по заводському варіанті:

$$Z_{on} = 5 \cdot 13000 \cdot 12 = 780000 \text{ грн};$$

$$Z_{on} = 780000 \cdot 0,35 = 273000 \text{ грн};$$

$$Z_{nn} = 780000 \cdot 0,4 = 312000 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ІТР:

$$Z_{on} = 1 \cdot 14500 \cdot 12 = 174000 \text{ грн};$$

$$Z_{on} = 174000 \cdot 0,35 = 60900 \text{ грн};$$

$$Z_{nn} = 174000 \cdot 0,4 = 69000 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$Z_{on} = 1 \cdot 5500 \cdot 12 = 66000 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial n} = 66000 \cdot 0,35 = 23100 \text{ грн};$$

$$Z_{nn} = 66000 \cdot 0,4 = 26400 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою:

$$Z_{од} = \chi_{д} \cdot C_p \cdot \Phi_{ef}, \quad (5.7)$$

де $Z_{од}$ - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн; $\chi_{д}$ - чисельність допоміжних робітників даної категорії; C_p - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

Додаткова заробітна плата ($Z_{дд}$) та премії і надбавки ($Z_{пд}$) допоміжних робітників розраховується так само, як основних робітників.

Затрати на оплату праці налагоджувальників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 6,54 \cdot 0,85 \cdot 10000 = 111180 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial \partial} = 111180 \cdot 0,35 = 38913 \text{ грн};$$

$$Z_{n\partial} = 111180 \cdot 0,4 = 44472 \text{ грн}.$$

Затрати на оплату праці ремонтників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 6,5 \cdot 0,73 \cdot 1900 = 9015,50 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial \partial} = 9015,5 \cdot 0,35 = 3155,42 \text{ грн};$$

$$Z_{n\partial} = 9015,5 \cdot 0,4 = 3606,20 \text{ грн}.$$

Затрати на оплату праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 6,5 \cdot 0,81 \cdot 7000 = 36855 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial \partial} = 36855 \cdot 0,35 = 12899,25 \text{ грн};$$

$$Z_{n\partial} = 36855 \cdot 0,4 = 14742 \text{ грн}.$$

5.3.2.3 Складання кошторисів непрямих витрат

Кошториси непрямих витрат об'єднують витрати, що відносяться до функціонування підрозділу в цілому, тому віднести суму певних затрат на конкретний виріб складно. Тому необхідно розрахувати загальну суму на річний об'єм випуску, а потім розділити її між окремими видами продукції

використовуючи метод розподілу пропорційно основній заробітній платі основних робітників. Згідно з цим методом складаються два кошториси, що показані в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Кошторис дільничих витрат

1 Утримання будов, споруд та інвентаря: -допоміжні матеріали та роботи господарських потреб -енергія для опалення -енергія для освітлення -вода для потреб	0,56грн на 1 м ² в місяць 0,015 кВт на 1 м ² (за год) 25л на одного робітника	731 3225,6 2768,8 109,6	927 2822,4 2422,7 69,9
2 Амортизація будов та	По розрахунку таблиці 4.4	19200	16800
3 Страхування майна	15% від вартості будов та	57600	50400
4 Поточний ремонт;	1% від вартості будови 7%	3840	3360
5 Витрати по охороні	4...5% від фонду оплати	6562,5	1312,5
6 Видатки на раціоналіза-	0,4... 1 % від фонду оплати	1312,5	262,5
Інші витрати	3...5% від фонду оплати	5250	1050
Всього		155080	133907

5.3.2.4 Складання калькуляції собівартості виробу

При складанні калькуляції затрати групуються по статтях. Методика їх визначення відрізняється для прямих і непрямих витрат. Прямим, методом визначається переважна більшість витрат, а непрямим - дві останні статті. Калькуляція собівартості даного виробу наведена в таблиці 5.9.

Таблиця 5.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	З	П
Основні матеріали: Сталь 12Х18Н10Т Дріт Св-06Х19Н9	313840 56754	
Покупні вироби та напівфабрикати	5000	
Поворотні відходи	-	

5.4.1 Розрахунок ціни реалізації готової продукції

Розрахунок ціни проводиться по заводських вихідних даних. Всі на ступні розрахунки проводять за проектними даними. Розрахунок ціни реалізації проводять за формулою5:

$$C_e = (C_u + 0,8 \cdot Z_{on}) \cdot 1,1 + 0,15 \cdot (C_u + 0,8 \cdot Z_{on}) \cdot 1,1 \quad (5.8)$$

де C_p - ціна реалізації виробу, грн.; C_u - цехова собівартість виробу по заводських даних, грн.; 0,8 - коефіцієнт, що враховує загальнозаводські затрати на виріб; Z_{on} - основна заробітна плата основних робітників на один виріб, грн; 1,1 - коефіцієнт, що враховує поза виробничі витрати; 0,15 - коефіцієнт рентабельності продукції.

$$C_e = (1250 + 0,8 \cdot 0,3) \cdot 1,1 + 0,15 \cdot (1250 + 0,8 \cdot 0,3) \cdot 1,1 = 1581,29 \text{ грн.}$$

5.4.2 Розрахунок обсягу товарної продукції

Розрахунок обсягу товарної (реалізованої) продукції проводимо за формулою:

$$B_{\text{ц}} = B \cdot Ц_{\text{в}}, \quad (5.9)$$

$$B_{\text{ц}} = 1200 \cdot 1581,29 = 1897547,52 \text{ грн}$$

5.4.3 Розрахунок прибутків від реалізації продукції

Прибуток від реалізації продукції визначаємо за формулою:

$$\Pi = B \cdot Ц_{\text{в}} - B \cdot (C_{\text{ц}} + 0,8 \cdot З_{\text{он}}) \cdot 1,1, \quad (5.10)$$

$$\Pi = 1200 \cdot 1581,29 - 1200 \cdot (1200 + 0,8 \cdot 0,06) \cdot 1,1 = 313484,64 \text{ грн};$$

5.4.4 Розрахунок собівартості товарної продукції

Собівартість товарної продукції визначають за формулою:

$$C = B \cdot C_{\text{п}} = B \cdot (C_{\text{ц}} + 0,8 \cdot З_{\text{он}}) \cdot 1,1, \quad (5.11)$$

де $C_{\text{п}}$ - повна собівартість виробу, грн.

$$C = 1200 (1200 + 0,8 \cdot 0,06) \cdot 1,1 = 1584063,36 \text{ грн.}$$

4.4.7 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці визначають за формулою:

$$A = \frac{B_{\text{ц}}}{\Gamma_{\text{ппв}}}, \quad (5.12)$$

де $\Gamma_{\text{ппв}}$ - середньосписочна чисельність промислово-виробничого персоналу,

$\Gamma_{\text{ппв}} = 7$ чол.

$$A = \frac{11149935}{7} = 1592847 \text{ грн/чол.}$$

5.4.8 Розрахунок рентабельності виробництва

Рентабельність виробництва визначають за формулою:

$$R = \frac{\Pi}{\Phi_{\text{ос}} + \text{Об}} \cdot 100\%, \quad (5.13)$$

де Об - вартість нормативу оборотних коштів, грн.

$$R = \frac{10690575}{640040 + 201775} \cdot 100\% = 12,69\%.$$

5.4.9 Розрахунок рівня механізації та автоматизації

Рівень механізації та автоматизації визначаємо за наступною формулою:

$$Y_{\text{м}} = \frac{P_{\text{м}}}{P_{\text{м}} + P_{\text{в}}} \cdot 100\%, \quad (5.14)$$

де P_m - кількість робітників, які виконують роботу механізованим (автоматизованим) способом, $P_m = 1$ чол.; P_e - кількість робітників, які виконують роботу вручну, $P_e = 1$ чол.

$$U_m = \frac{2}{2+1} \cdot 100\% = 66,7\%.$$

5.4.10 Зниження собівартості продукції

Зниження собівартості продукції визначається за формулою:

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\%, \quad (5.15)$$

де ΔC - процент зниження собівартості продукції; C_1, C_2 - собівартість одиниці продукції по базовому і проектному варіантах, грн.

$$\Delta C = \frac{980 - 750}{980} \cdot 100\% = 24\%.$$

5.4.11 Ріст продуктивності праці

Продуктивність праці визначаємо за формулою:

$$B = \frac{\Delta T_{шт} \cdot 100}{100 - T_{шт}}, \quad (5.16)$$

де $\Delta T_{шт}$ - процент зниження норми часу на виготовлення одиниці продукції по проектному варіанту.

$$B = \frac{4,3 \cdot 100}{100 - 9,6} = 4,75.$$

5.4.12 Розрахунок економічного ефекту від впровадження нових технологічних процесів

Визначаємо умовну річну економію за формулою:

$$E_{ур} = B \cdot (C_{нз} - C_{мн}), \quad (5.17)$$

де $C_{нз}$ - повна собівартість виробу по заводських даних, грн.; $C_{мн}$ - повна собівартість виробу по проектних даних, грн.;

$$E_{ур} = 1200 \cdot (980 - 750) = 276000 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E_{ф} = ((C_{нз} + E_n - \Phi_{мз}) - (C_{мн} + E_n - \Phi_{мн})) \cdot B, \quad (5.18)$$

де $\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції по заводських даних, грн/шт;

$\Phi_{мн}$ - фондомісткість продукції по проектних даних, грн/шт.;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, приймаємо $E_n = 0,15$

$$E_\phi = 683800 \text{ грн}$$

5.4.13 Розрахунок терміну окупності додаткових вкладень

Термін окупності додаткових вкладень визначаємо за наступною формулою:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осп} - \Phi_{осз}}{E_{ур}}, \quad (5.19)$$

$$T_{ок} = \frac{3545871 - 3124851}{287500} = 1,46 \text{ роки.}$$

6 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА [19]

6.1 Аналіз математичної моделі.

Геометрія наплавленого валика (рис. 5.1) характеризується висотою валика a , шириною валика b , глибиною проплавлення h , коефіцієнтом форми

$\phi_b = \frac{b}{a}$ валика, коефіцієнтом форми $\phi_h = \frac{b}{h}$ проплавлення, коефіцієнтом

повноти $\mu_b = \frac{F_n}{a \cdot b}$ валика і коефіцієнтом повноти $\mu_h = \frac{F_n}{h \cdot b}$ проплавлення.

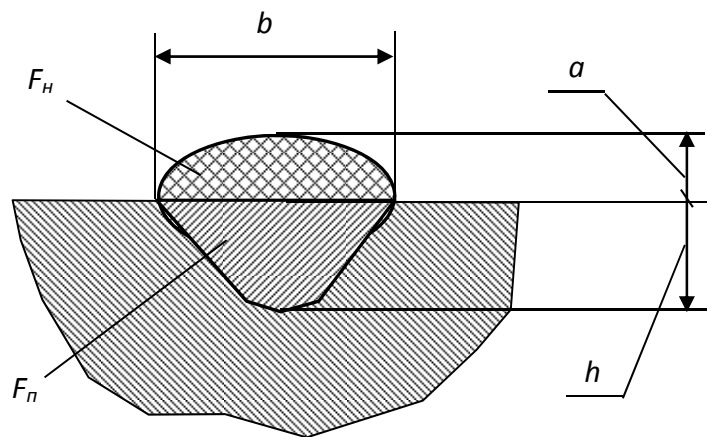


Рис. 6.1 Основні параметри наплавленого валика.

F_n – площа наплавленого металу; F_n – площа проплавлення.

Рациональні розміри валика у значній мірі впливають на продуктивність процесу зварювання. Від розмірів валика залежить чистота наплавленої поверхні і величина припуску на наступну механічну обробку. Крім того, при наплавленні легованих та високолегованих сталей на середньо вуглецеву та конструктивну сталі від розмірів валика залежить структура, механічні властивості наплавленого шару.

Емпіричним шляхом встановлено, що на розміри шва основний вплив мають наступні фактори технологічного процесу зварювання: зварювальний

струм, тип та полярність струму, діаметр електроду, напруга на електродах і швидкість зварювання.

Розміри шва також залежать від ряду додаткових факторів. В літературі запропоновані деякі наближені залежності ширини шва, висоти валика і коефіцієнта форми проплавлення від основних параметрів зварювання.

$$\begin{aligned} b &= f_1(I_{зв}); & b &= f_2(d_e); & b &= f_3(v_e); \\ h &= f_4(I_{зв}); & h &= f_5(d_e); & h &= f_6(v_n); \\ a &= f_7(U_p). \end{aligned}$$

де $I_{зв}$ – зварювальний струм;
 d_e – діаметр електрода;
 v_e – швидкість подачі електрода;
 v_n – швидкість зварювання;
 U_p – робоча напруга на електродах.

Кожна із представлених залежностей є функцією від однієї змінної і отримана при певних умовах процесу зварювання при фіксації всіх впливаючих факторів крім одного. Зміна умов зварювання призводить до зміни аналітичного виразу, яким описували досліджуваний параметр.

Для розрахунку розмірів валика використовують моделі, які встановлюють залежність розміру валика не від одного, а одночасно від всіх впливаючих факторів у процесі зварювання.

В якості змінних факторів прийнято d_e – діаметр електрода; v_e – швидкість подачі електрода; v_n – швидкість зварювання; U_p – робоча напруга на електродах; s_0 – відносне зміщення електрода від zenіту. Залежності розмірів валика від основних факторів процесу зварювання можна подати у загальній формі виразами

$$b = f_1(d_e, v_e, v_n, U_p, s_0); \quad (6.1)$$

$$a = f_2(d_e, v_e, v_n, U_p, s_0); \quad (6.2)$$

$$h = f_3(d_e, v_e, v_n, U_p, s_0). \quad (6.3)$$

Вище приведені залежності можна з достатньою точністю апроксимувати рівнянням нелінійної регресії загального виду (показниковою функцією) і наприклад, рівняння (5.1) представити у вигляді

$$b = c \cdot d_e^{\alpha_1} v_e^{\alpha_2} v_n^{\alpha_3} U_p^{\alpha_4} s_0^{\alpha_5}. \quad (6.4)$$

За результатами експериментальних досліджень встановлено наступні математичні залежності для розрахунку:

- ширина зварного шва

$$b = 0.12415 \frac{d_e^{1.146} v_e^{0.524} U_p^{0.488} (1.97 + s_0)}{v_n^{0.447}} \quad (6.5)$$

- висоти зварного шва

$$a = 2.12638 \frac{d_e^{0.481} v_e^{0.47} (1.7517 - s_0)}{U_p^{0.418} v_n^{0.406}} \quad (6.6)$$

- висоти зварного шва

$$h = 40.82 \cdot 10^{-6} \frac{d_e^{2.437} v_e^{1.675} U_p^{0.669} (2.13 - s_0)}{v_n^{0.439}} \quad (6.7)$$

Подані аналітичні залежності математично ілюструють наступні процеси, що мають місце в процесі зварювання. Збільшення діаметра електроду сприяє збільшенню переходу основного металу у наплавлений шар тому що глибина наплавлення зростає значно швидше ніж висота валика зварного шва.

При збільшенні швидкості подачі електрода зростає перехід основного металу у наплавлений шар. Із збільшенням швидкості зварювання всі розміри зварного шва зменшуються. При збільшенні напруги зростає перехід основного металу у наплавлений шар, тому що згідно (6.6) і (6.7) з

підвищенням напруги глибина проплавлення збільшується, а висота шару наплавлення зменшується.

Аналіз залежностей (6.5), (6.6) і (6.7) показує, що у тих випадках, коли потрібно отримати наплавлений шар, який близький по складу до електродного металу, використовувати електрод малого діаметру. При цьому швидкість подачі електрода та робоча напруга повинні бути мінімальними. В тому випадку, коли метал електроду мало відрізняється по хімічному складу від основного металу, для досягнення максимальної продуктивності процесу зварювання необхідно використовувати електрод великого діаметру і підвищені швидкості його подачі.

6.2 Автоматизований розрахунок параметрів режимів зварювання

Схема розміщення зварюваних пластин представлена на рис. 6.2

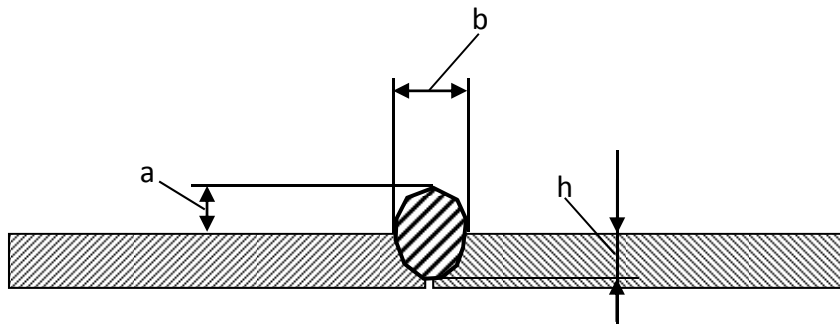


Рис. 6.2 Схема розміщення: зварюваних пластин та параметрів зварного шва

Товщина зварюваних пластин $s := 5$

Враховуючи характер стику пластин призначаємо ширину катета: шва рівною товщині тоної із зварювальних пластин

визначаємо рекомендовану ширину зварного шва

$$b_{\text{roz}} := \frac{s}{\cos\left(\frac{\pi}{4}\right)} \quad b_{\text{roz}} = 7.071$$

рекомендована висота валика наплавлення

$$a_{\text{roz}} := s \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$a_{roz} = 3.536$$

Описуємо досліджувані параметри як функції користувача від декількох змінних

ширина зварювального шва:

$$b(d, v_e, v_n, U, s_0) := 0.12415 \cdot \frac{[d^{1.146} \cdot v_e^{0.524} \cdot U^{0.488} \cdot (1.97 + s_0)]}{v_n^{0.447}}$$

висота зварювального шва:

$$a(d, v_e, v_n, U, s_0) := 2.12638 \cdot \frac{[d^{0.481} \cdot v_e^{0.47} \cdot (1.7517 - s_0)]}{v_n^{0.406} \cdot U^{0.418}}$$

розрахункові

параметри
зварного шва

глибина проплавлення зварювального шва:

$$h(d, v_e, v_n, U, s_0) := 40.82 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{[d^{2.437} \cdot v_e^{1.675} \cdot U^{0.669} \cdot (2.13 - s_0)]}{v_n^{0.439}}$$

Враховуючи, що у даному випадку ширина шва і висота наплавлення регламентовані геометричними параметрами з'єднання, необхідно визначити раціональні режими зварювання, які би задовільняли обидві умови.

$$d := 1.3 \quad v_e := 120 \quad v_n := 96 \quad s_0 := 0 \quad U := 10, 10.5 \dots 35$$

Визначаємо значення напруги U , при якому забезпечуватимуться

U

$$U := 15$$

$$U_a := \text{root}\left[\left(a_{\text{roz}} - a(d, v_e, v_n, U, s_0)\right), U\right]$$

$$U_a = 3.961$$

$$U_b := \text{root}\left[\left(b_{\text{roz}} - b(d, v_e, v_n, U, s_0)\right), U\right]$$

$$U_b = 203.979$$

З отриманих результатів видно, що отримані результати співрозмірні між собою, тому приймаємо усереднене значення напруги, яке попадає в отриманий діапазон значень і належить множині можливих значень згідно завдання на проектування

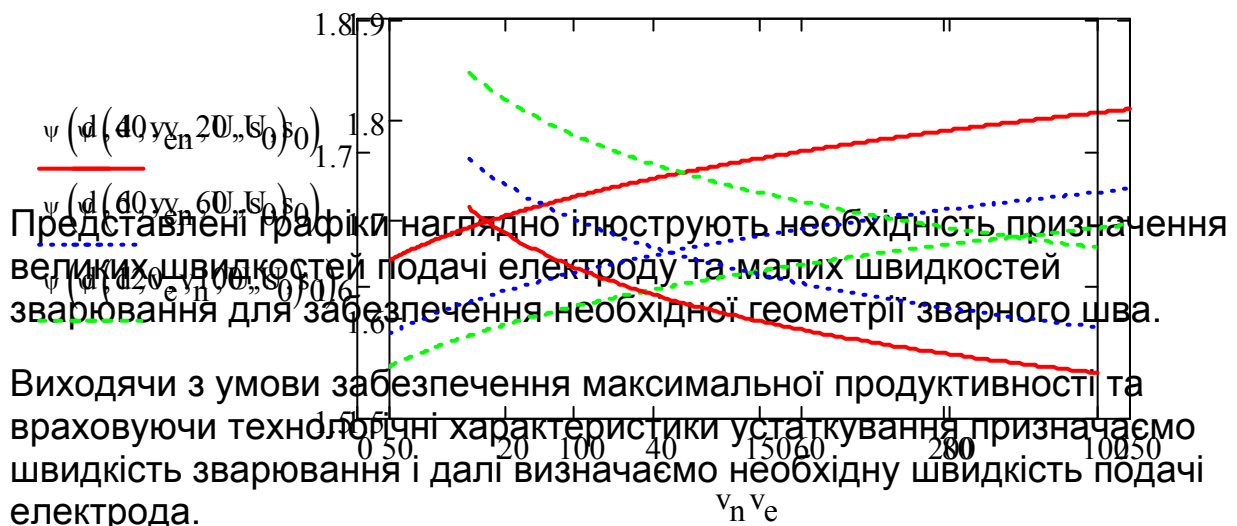
$$U := 35$$

З огляду на результати виконання розрахунку з наведеними вище параметрами, прийнявши попередні значення швидкостей подачі електрода та напруги, також врахуємо значення напруги встановлюємо розрахунок параметрів швидкості подачі електрода та напруги, які відповідають отриманим значенням параметрів.

$$\psi(d, v_e, v_n, U, s_0) := 0.1018 \cdot \frac{\left[d^{0.665} \cdot v_e^{0.054} \cdot U^{0.906} \cdot (0.5 + s_0) \right]}{v_n^{0.041}}$$

$$v_e := 50, 50.5 \dots 250$$

$$v_n := 15, 15.5 \dots 100$$

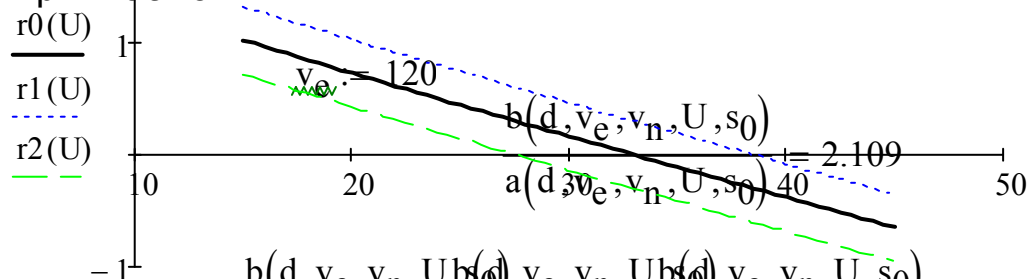


$$v_n := 90 \quad v_e := 120$$

$$v_{e_roz} := \text{root}\left[\left(\psi_{b_roz} - \psi(d, v_e, v_n, U, s_0)\right), v_e\right] \quad v_{e_roz} = 4.999 \times 10^3$$

З результатів розрахунку видно, що для забезпечення необхідної продуктивності можна встановити максимальну швидкість подачі електроду згідно завдання на проектування.

Приймаємо:



Перевіримо залежність значення коефіцієнта форми валика від значення напруги, 15.5.. 45

$U := 28$

$$U_{0r} := \text{root}(r0(U), U) \quad U_{0r} = 33.002$$

$$U_{1r} := \text{root}(r1(U), U) \quad U_{1r} = 38.506$$

$$U_{2r} := \text{root}(r2(U), U) \quad U_{2r} = 27.582$$

Підставляючи різні значення напруги з отриманого діапазону знаходимо оптимальне значення за критерієм найменшого отриманого результату для кожного з розрахункових параметрів відхилення фазоточних параметрів шва від розрахункового. Приймаємо $U = 35$

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ [20]

7.1. Вентиляція для зварювальних цехів

7.1.1. Загальні вимоги до систем вентиляції

Вентиляція – процес повітрообміну у виробничих приміщеннях, який забезпечує нормовані значення параметрів мікроклімату та чистоту повітря.

При проектуванні вентиляції необхідно дотримуватися таких вимог:

1. Вентиляція повинна забезпечувати необхідну чистоту повітря та параметри мікроклімату виробничого приміщення в відповідності з ГОСТ 12.1.005-88 [20].

2. Загальнообмінна вентиляція повинна забезпечувати ефективний баланс між об'ємами повітря, що надходять в приміщення та видаляються з нього.

3. Система вентиляції не повинна створювати додаткових шкідливих і небезпечних факторів (переохолодження, перегрів, шум, вібрація, пожежовибухонебезпека).

4. Вентиляційне обладнання не повинно заважати рухові внутрішньо цехового транспорту, знижувати продуктивність праці, впливати на якість зварювання.

5. Вентиляція повинна забезпечувати економічність та надійність при експлуатації.

7.1.2. Види систем вентиляції

Системи вентиляції можна умовно класифікувати за такими основними ознаками:

- спосіб організації повітрообміну (природна, механічна та змішана (застосовується і природна, і механічна вентиляція));

- спосіб подачі та видалення повітря (припливна, витяжна та припливно-витяжна);

- призначення (загально обмінна та місцева);

- тривалість дії (робоча, аварійна).

Природна вентиляція. При природній вентиляції повітрообмін здійснюється під дією природних сил – різниці густини теплого повітря всередині приміщення, більш холодного зовнішнього та сили вітру.

Природна вентиляція буває неорганізованою, якщо здійснюється через відчинені вікна, двері або нещільності у зовнішніх огорожувальних конструкціях (інфільтрація), та організованою і регульованою (аерація).

Аерація застосовується у приміщеннях з невеликим аеродинамічним опором, які мають значні виділення теплоти і вимагають великих витрат припливного зовнішнього повітря без попередньої його обробки (котельні, складальні цехи без зварювання, приміщення складів), а також коли не відбувається конденсація вологи із повітря на будівельних конструкціях та утворення туману. Здійснюється аерація за допомогою аераційних ліхтарів, спеціальних вентиляційних каналів, фрамуг та вікон.

Зовнішнє повітря надходить з низу приміщення через приливні прорізи (вікна або фрамуги), асимілює забруднювачі (надлишки тепла, вологи, шкідливі речовини), нагрівається, підіймається догори конвективними струминами і виходить з приміщення через витяжні прорізи аераційного ліхтаря. У приміщенні створюється спрямована циркуляція повітря. При спрямованій циркуляції виникає незначне розрідження, що спричиняє підсмоктуванню зовнішнього холодного (більш важкого) повітря. В теплий період року, коли незначна різниця температур внутрішнього і зовнішнього повітря, відчиняється найбільша кількість фрамуг, при цьому свіже повітря надходить через нижній ряд прорізів на рівні 0,3...1,8 м від підлоги. У холодний період року, для запобігання охолодженню працівників, надходження зовнішнього повітря регулюють в обмеженій кількості за допомогою верхнього ряду прорізів, який розташовують на рівні не нижче 4 м від підлоги.

Ефективність аерації забезпечується вітрозахисними щитами (сталь, азбестоцемент), які запобігають дії лобового вітру на потік вентилязованого повітря.

Процес природного повітрообміну буде тим інтенсивнішим, чим більша різниця температур внутрішнього і зовнішнього повітря та вища швидкість вітру. Вітер, незалежно від його напрямку, створює ще одну зону розрідження просторі між щитами та стінками ліхтаря, яке сприяє вилученню забрудненого повітря.

У багатоповерхових будівлях та приміщеннях невеликих об'ємів замість ліхтарів використовують витяжні аераційні шахти (канали у стінах), які закінчуються зонтами для захисту від атмосферних опадів або дефлекторами.

Дефлектор підсилює аерацію. Вітровий потік будь-якого напрямку при обтіканні дефлектора створює навколо переважної його поверхні додаткове розрідження, що викликає тягу забрудненого повітря із витяжної труби. Ефективність дефлектора зростає із збільшенням швидкості вітру і висоти установки над дахом будівлі.

Перевагами природної системи вентиляції є простота конструктивного виконання та експлуатації, а також її економічність у зв'язку з відсутністю витрат енергії на переміщення великих об'ємів повітря. До недоліків природної вентиляції можна віднести залежність ефективності вентиляції від температури та швидкості зовнішнього повітря, неможливість очищення і регулювання параметрів (температура, відносна вологість) припливного та забрудненого повітря, що надходить в атмосферу.

Механічна вентиляція. Механічна вентиляція – комплекс вентиляторів і повітроводів, що забезпечує постійний повітрообмін у приміщенні незалежно від зовнішніх метеорологічних умов. У разі необхідності він включає пристрої для обробки повітря, яке надходить у приміщення (підігрівання, охолодження, зволоження чи осушення) та забрудненого повітря (очищення), яке викидається назовні.

При механічній вентиляції організований рух повітря виникає за рахунок різниці тисків (напорів), що створюється вентиляторами. Вона застосовується у вентиляційних системах із значними аеродинамічними опорами, які виникають випадках складної обробки та розподілу повітря. Механічна вентиляція може бути припливною чи витяжною, припливно-витяжною, а також загальнообмінною та місцевою.

У системах механічної вентиляції рух повітря здійснюється, в основному, вентиляторами – повітродувними машинами (осьового чи відцентрового типу) і, в деяких випадках, ежекторами. Осьовий вентилятор являє собою розташоване в циліндричному кожусі лопаткове колесо, при обертанні якого повітря, що надходить у вентилятор, під дією лопаток переміщається в осьовому напрямку. Перевагами осьових вентиляторів є простота конструкції, велика продуктивність, можливість економічного регулювання продуктивності, можливість реверсування потоку повітря. Недоліками таких вентиляторів є мала величина тиску (30...300 Па) і підвищений шум. Відцентровий вентилятор складається із спірального корпуса з розміщеним у середині лопатковим колесом, при обертанні якого повітря, що припливає через вхідний отвір, попадає в канали між лопатками колеса і під дією відцентрової сили переміщається по цих каналах, збирається корпусом і викидається через випускний отвір. Тиск вентиляторів такого типу може досягати більше 10000 Па. В залежності від складу переміщуваного повітря вентилятори можуть виготовлятися з різних матеріалів і різної конструкції (звичайного, пилового, антикорозійного, вибухобезпечного виконання).

При виборі вентиляторів потрібно знати необхідну продуктивність, створюваний тиск і, в окремих випадках, конструктивне виконання. Повний тиск, що розвиває вентилятор, витрачається на подолання опорів на всмоктувальному і нагнітальному повітроводі при переміщенні повітря.

Припливна система вентиляції забирає зовнішнє повітря вентилятором через фільтр для очищення від пилу, через калорифер для підігріву повітря чи

через кондиціонер, яке потім подається у приміщення, де створюється надлишковий тиск. Забруднене повітря виходить назовні через двері, вікна, ліхтарі та щілини або інші приміщення неочищеним. Припливні системи застосовуються для вентиляції приміщень, в яких не допускається попадання забрудненого повітря знадвору чи суміжних приміщень. Припливні системи вентиляції також компенсують повітря, що витягується місцевими відсмоктувачами та витрачається на технологічні потреби: вогневі процеси, компресорні установки, пневмотранспорт.

Звичайно при промисловому монтажі вентиляційного обладнання пилоочисний фільтр, калорифер, вентилятор та розподільну систему повітроводів розміщують в окремому приміщенні – вентиляційній камері, яка будується із вогнетривких матеріалів (бетон, цегла, метал).

Витяжна система вентиляції) через мережу повітроводів видаляє за допомогою вентилятора забруднене повітря, яке перед викидом в атмосферу очищається. При цьому в приміщенні створюється знижений тиск, внаслідок чого повітря підсмоктується зовні через вікна, двері, нещільності конструкції або із суміжних приміщень. Витяжні системи доцільно застосовувати:

- випадках, коли шкідливі виділення даного приміщення не повинні поширюватися на інші;
- для приміщень із короткочасним перебуванням людей та при невеликих кількостях витяжного повітря.

Припливно-витяжна система вентиляції складається з двох окремих систем – припливної та витяжної, які одночасно подають у приміщення чисте повітря та витягують із нього забруднене. Припливно-витяжні системи є найбільш поширеними у промисловості, тому що вони більш повно задовольняють умовам створення нормованих параметрів повітря у робочій зоні виробничих приміщень.

Обсяг припливу повітря у приміщення має відповідати обсягу витяжки. Різниця між цими обсягами не повинна перевищувати 10...15%. Для виключення витоків із приміщень з підвищеним рівнем забруднення обсяг повітря, що видаляється з них, повинен перевищувати обсяг припливного повітря. У такому приміщенні створюється незначне зниження тиску в порівнянні з тиском у зовнішньому середовищі або в суміжних приміщеннях, куди не повинні проникати шкідливі речовини. Можлива організація повітрообміну, коли обсяг припливного повітря більший обсягу повітря, що видаляється. При цьому в приміщенні створюється надлишковий тиск у

порівнянні з атмосферним, що виключає проникання забруднюючих речовин у дане приміщення.

При організації повітрообміну свіже повітря необхідно подавати в ті частини приміщення, де концентрація шкідливих речовин мінімальна, а видаляти з найбільш забруднених зон.

Іноді для зменшення витрат теплоти у холодний період року або холоду при кондиціюванні повітря у теплий період року застосовуються системи із рециркуляцією відпрацьованого повітря (до зовнішнього повітря підмішується частина витяжного повітря).

Можливо влаштування також змішаної системи при одночасній дії механічної та природної вентиляції.

Позитивними якостями механічної вентиляції є можливість обробки припливного та витяжного повітря (очищення, підігрівання, зволоження тощо); подачі та забирання повітря з будь-якого місця об'єму приміщення при регулюванні його витрати (повітрообміну). Недолік цієї системи вентиляції – висока енергоємність, металоємність та значні експлуатаційні витрати.

Загальнообмінна вентиляція призначена для заміни забрудненого повітря на чисте в усьому об'ємі приміщення. Вона застосовується в тому випадку, коли шкідливі виділення надходять безпосередньо у повітря приміщення та коли робочі місця розташовуються по усьому приміщенню. Види загальнообмінної вентиляції – природна, механічна і змішана.

Переважає більшість виробничих приміщень обладнана загальнообмінною механічною вентиляцією, що полягає у видаленні повітря з приміщення за допомогою осьових вентиляторів. Вона застосовується в тому випадку, коли неможливо використовувати місцеву вентиляцію. На машинобудівних підприємствах вона виконується в вигляді припливно-витяжних систем.

Основні елементи загальнообмінної вентиляції:

1. Повітророзподільні елементи і забірні пристрої.
2. Повітроводи, мережі, магістралі.
3. Вентилятор.
4. Системи обробки повітря, яке подається в приміщення, що вентилується.
5. Пристрої для забору повітря із атмосфери припливною вентиляцією.
6. Фільтри та інші очищувальні пристрої.
7. Пристрій для викиду повітря в атмосферу.

Місцева вентиляція. При значних об'ємах виробничих приміщень, невеликій кількості працюючих та наявності постійних робочих місць технічно обгрунтовано та економічно доцільно створювати необхідні метеорологічні умови та чистоту повітря безпосередньо на робочих місцях місцевими способами вентиляції – витяжною (локалізована) чи припливною (душуння).

Система витяжної (локалізованої) вентиляції застосовується для уловлювання та витягування шкідливих виділень в місці утворення, що запобігає їх поширенню по усьому приміщенню від окремих машин, апаратів або окремих ділянок технологічного процесу.

Конструкції місцевих відсмоктувачів можуть бути повністю закритими, напіввідкритими чи відкритими. Найбільш ефективними є закриті відсмоктувачі. До них належать кожухи та камери з відсмоктувачами, які герметично чи щільно закривають обладнання. Різновидом місцевої витяжної вентиляції є аспірація, яка служить для видалення шкідливих речовин з місця їх утворення шляхом відсмоктування забрудненого повітря від герметизованого обладнання.

Якщо з технічних причин такі конструкції застосовувати неможливо, то використовуються напіввідкриті та відкриті відсмоктувачі: витяжні зонти і панелі, а також інші пристрої.

Над обладнанням з вертикальними потоками нагрітого забрудненого повітря установлюють зонти, при наявності горизонтальних потоків повітря – бортові відсмоктувачі. Кут розкриття зонта – не більше 60° . Допускається збільшувати його до 90° . Для витягування аерозолів та газів від відкритих джерел забруднення на підприємствах установлюють також відсмоктуючі панелі.

На постійних робочих місцях при напіваавтоматичному зварюванні, зокрема в захисних газах, які мають більшу від повітря питому вагу, рекомендується застосовувати спеціальні стаціонарні столи з вмонтованою нахиленою панеллю рівномірного верхнього та нижнього відсмоктування. Тому такі захисні гази як вуглекислий, аргон та інші, що накопичуються в нижній частині робочої зони, знижуючи в ній концентрацію кисню, витягуються через нижню решітку. Решта легших за повітря газів та аерозолів відсмоктується верхньою панеллю, відхиляючись при цьому від обличчя зварника за допомогою направлених потоків повітря. Об'єм повітря, що витягується даною системою місцевої вентиляції (продуктивність вентилявання), становить 1500...1800 м³/год.

Останнім часом для технологічних процесів, в яких джерело забруднення може змінювати своє місце розташування (наприклад, зварювання великогабаритних деталей), широке впровадження знаходять нові конструкції систем місцевої вентиляції:

- підйомно-поворотні пристрої місцевого відсмоктування, приєднані до централізованої системи, по якій забруднене повітря видаляється вентилятором з приміщення;

- підйомно-поворотні пристрої місцевого відсмоктування, що повертають очищене повітря в приміщення;

- консольно-поворотні пристрої місцевого відсмоктування, приєднані загальним повітроводом до фільтра, що забезпечує повернення очищеного повітря в приміщення;

- переносні вентиляційні агрегати (вентилятори з гнучкими шлангами);

- пересувні фільтровентиляційні агрегати (ФВА);

- портативні пересувні ФВА;

- витяжні пристрої, вмонтовані в зварювальне обладнання.

Вибір конструкції місцевого витяжного пристрою, об'єму повітря, що відсмоктується, методу очищення повітря, а також оптимальна вартість

обладнання залежать від способу зварювання, виду і марки зварювальних матеріалів, форми зварюваного виробу, об'єму приміщення, кількості зварювальних постів та деяких інших факторів.

Основними обов'язковими складовими частинами усіх систем місцевої вентиляції є вентилятор, повітровід, повітроприймальна лійка та фільтр.

7.2 Вимоги до виробничих приміщень

Виробничі приміщення для усіх видів зварювання повинні відповідати вимогам ДСП № 173-96.

Колірне оброблення інтер'єрів приміщень та устаткування в складально-зварювальних цехах повинно відповідати вимогам СН № 181-70.

Робочі місця для дугового зварювання повинні захищатися стаціонарними або переносними світлонепроникними огорожами з матеріалів, що не згорають, і, висота яких має бути не менш ніж 2,5 м та забезпечувати надійність захисту.

Відстань між устаткуванням, від устаткування до стін та колон приміщення, інших споруд, ширина проходів та проїздів повинні відповідати чинним будівельним нормам, нормам технологічного проектування заготівельно зварювальних цехів та ГОСТ 12.3.002-75.

Ширина проходів по периметру робочого стола, стенда, зварювального виробу повинна бути не менш 1 м.

Підлоги для виробничих приміщень для виконання дугового та електрошлакового зварювання мають бути виготовлені з матеріалів, що не згорають і мають малу теплопровідність. Підлога повинна мати рівну не ковзку поверхню та задовольняти санітарно-гігієнічним вимогам у відповідності зі СНиП II-V.8-71.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією відповідно до СНиП 2.04.05-91.

Повітрообмін зварювальних цехів належить розраховувати на розведення шкідливих речовин, не вловлених місцевими витяжними пристроями, до рівня

ГДК. При цьому кількість повітря, що подається припливними системами, повинна розраховуватися у відповідності з СП № 1009-73.

Видалене повітря з виробничих приміщень в атмосферу повинно проходити фільтрацію (очистку) від шкідливих речовин до концентрацій, що не перевищують допустимих рівнів викидів, у відповідності з СНиП 2.04.05-91 та ОНД-86.

Подавання припливного повітря треба здійснювати в робочу зону або у напрямку робочої зони. Температура повітря, що подається вентиляційними установками, повинна бути не нижче $+20^{\circ}\text{C}$ згідно з ДСН 3.3.6.042-99.

У випадку відсутності місцевого або загальноцехового вентилявання повітря до рівня ГДК (дугове зварювання в середині виробів з антикорозійним покриттям) слід передбачати примусове попадання чистого повітря під маску зварника в об'ємі від 6 до 8 $\text{м}^3/\text{год}$, підігрітого в холодну пору року до температури не нижче $+18^{\circ}\text{C}$ згідно з ДСН 3.3.6.042-99.

Якщо інтенсивність теплового опромінення працюючих перевищує значення ДСН 3.3.6.042-99, слід передбачати спеціальні засоби захисту: екранування джерела, повітряне душення, засоби індивідуального захисту.

Освітлення цехів, ділянок і робочих місць, де виконуються роботи з дугового і електрошлакового зварювання, повинно відповідати ДБН Б.2.5-28-2006.

Під час дугового зварювання всередині замкнутих і важкодоступних просторів (посудин, корпусів, відсіків) освітлення повинно здійснюватися зовнішніми джерелами світла спрямованої дії чи місцевим освітленням з напругою не більш 12 В, при цьому освітленість робочої зони повинна становити не менше 30 лк.

Для працюючих в середині виробничих приміщень повинні бути передбачені санітарно-побутові приміщення та пристрої згідно з СНиП 2.04.05-91 (групи виробничих процесів 2в, 2б); для працюючих на відкритому повітрі

належить передбачати побутові приміщення пересувного або контейнерного типу (групи виробничих процесів 1в, 1б, 1г).

Організація, облаштування та оснащення робочих місць для зварювання мають відповідати ДСТУ 2456-94.

7.3. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку пробією електричної напруги на корпус зварювального агрегату необхідно відключити рубильник і довести до відома про це майстра або начальника дільниці.

У випадку потрапляння кого-небудь під напругу, необхідно відключити зварювальний агрегат від мережі, покласти потерпілого на дерев'яний настил, підклавши під голову ватник, викликати лікаря за телефоном 103 і, якщо це необхідно, зробити постраждалому штучне дихання.

У випадку загорання зварювального агрегату необхідно відключити рубильник і приступити до гасіння пожежі за допомогою вогнегасника.

Кожен робітник і службовець, що виявив пожежу або загорання, зобов'язаний:

- негайно сповістити про це в заводську пожежну охорону за телефоном 101;
- приступити до гасіння вогню пожежі наявними в цеху (на дільниці) засобами пожежогасіння (вогнегасник, пісок, пожежний кран тощо);
- викликати до місця пожежі посадових осіб (начальника цеху, дільниці).

У випадку одержання травми необхідно довести до відома про це майстра, начальника дільниці та звернутися в медпункт.

7.4 Вимоги протипожежної безпеки та вибухобезпеки

Зварювальні та споріднені процеси можуть виконуватись у відповідності вимогами таких нормативних документів: ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.010-76, ГОСТ 12.1.044-89, ДНАОП 0.00-1.32-01, «Правила пожарной безопасности при проведении сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства» та Типовими правилами пожежної безпеки для промислових

підприємств. Загальні вимоги до системи протипожежного та противибухового захисту щодо будівель і споруд регламентуються ДБНВ.1.1-7-2002.

Категорії виробництв за вибуховою, пожежовибуховою та пожежною небезпекою слід приймати за спеціальними відомчими переліками, затвердженими міністерствами в установленому порядку.

Виробничі приміщення та ділянки, де виконуються роботи з електродугового зварювання і киснево-ацетиленового різання металів, за пожежною та вибуховою небезпекою відносяться до виробництв категорії Г. Кількість вогнегасників та інших первинних засобів пожежогасіння для таких виробничих приміщень і ділянок має вибиратися у відповідності з вищезазначеними типовими правилами.

Приміщення, в яких виконується газове зварювання і різання металів, повинні бути збудовані з елементів конструкцій за IV категорією протипожежної безпеки (протипожежна стійкість – не менше 2 годин).

Місця, призначені для проведення зварювальних робіт та встановлення обладнання мають бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менше 5 м. Зварювальні роботи за межами виробничого приміщення можуть виконуватися тільки за умови узгодження з заводською протипожежною охороною.

Забороняється виконувати зварювання щойно пофарбованих конструкцій до повного висихання фарби, а також посудин, апаратів, трубопроводів комунікацій, що знаходяться під електричною напругою, підвищеним тиском, заповнених горючими та токсичними матеріалами.

Поблизу сховища карбіду кальцію мають бути розташовані засоби пожежогасіння (сухий пісок, вуглекислотні вогнегасники, тетрахлорні або порошкові вогнегасники). В місцях зберігання карбіду кальцію повинні бути добре видимі плакати такого змісту: «Не використовувати воду для гасіння пожежі», «Для відкривання барабанів використовувати не іскро-утворюючий інструмент».

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1. Шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні

Одним із основних технологічних процесів у машинобудівній промисловості є електродугове зварювання та інші споріднені технології, що характеризуються шкідливими та небезпечними виробничими факторами, які призводять до типових професійних захворювань робітників зварювальних професій.

Незважаючи на постійне вдосконалення способів дугового зварювання та зварювальних матеріалів, ще є багато проблем з питань гігієни у зварювальному виробництві, які остаточно не вирішені. Унаслідок цього умови праці електрозварників залишаються незадовільними, що негативно позначається на їх здоров'ї та працездатності. Комплексний характер негативного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я зварників, а також важкість і напруженість праці вимагають здійснення різноманітних оздоровчих заходів.

Відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 при основних способах дугового зварювання на робітника-зварника діють шкідливі та небезпечні хімічні і фізичні фактори виробничого середовища, а також психофізіологічні фактори в організації праці, устаткуванні робочого місця й обладнання.

8. 2. Підвищена запиленість і загазованість повітряного робочої зони

При зварюванні здійснюється нагрів до високих температур і тому більш легкі, чим навколишнє повітря, пари металу, компонентів

зварних [матеріалів](#) піднімаються над постом зварювання і потрапляють у зону температур одного порядку з навколишнім повітрям, тому швидко конденсується і тверднуть. Утворюється тверда фаза частинок зварювальної пилу - аерозоль конденсації. В силу своїх дрібних розмірів (іноді менше 1 мікрметра) зварювальний аерозоль безперешкодно проникає в глибинні відділи легенів (легеневі альвеоли) і частково залишається в їх стінках, викликаючи [професійне](#) захворювання, зване [пневмоконіоз](#), частково всмоктується в кров.

Якщо зварювальний аерозоль містить значну кількість марганцю, а так буває при зварюванні легованих і нержавіючих сталей якісними електродами, то, поширюючись з кров'ю по організму, цей надзвичайно токсичний елемент викликає важке захворювання: марганцеву інтоксикацію. При цьому страждає, головним чином, [центральна нервова система](#). Зміни в організмі при марганцевої інтоксикації незворотні.

Інші елементи зварювального аерозолу, а також так звані зварювальні гази, маючи сильний дратівливою дією, здатні викликати [хронічний бронхіт](#). В останні роки встановлено, що багато компонентів зварювального аерозолу, не викликаючи специфічних професійних хвороб, при тривалому впливі збільшують ризик виникнення серцево-судинних і [онкологічних](#) захворювань, а також зменшують тривалість життя.

У теж час, з усіх способів зварювання в середовищі захисних газів найбільш сприятливим з гігієнічної точки зору є [саме зварювання неплавким електродом](#) в середовищі аргону. Вміст пилу в зоні зварювання не виходять за [межі](#) 2-2,5 мг/м³. Концентрація оксидів марганцю в 10 разів нижче гранично допустимого рівня. [Оксиди](#) азоту і вуглецю не виявляються навіть у пробах, відібраних в поблизу зварювальної дуги. З утворюють газів найбільшу небезпеку становить [озон](#) (ГДК = 0,1 мг/м³).

Для зменшення концентрації шкідливих речовин на робочих місцях до гранично допустимих, застосовані місцеві відсмоктування (витяжні панелі і фільтровитяжні агрегати, витяжні шафи та ін.) Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях. Вентиляція досягається видаленням забрудненого або нагрітого повітря з приміщення і подачею до нього свіжого повітря. Повітря видаляється системами вентиляції і містить пил, шкідливі або з неприємним запахом речовин, перед викидом в атмосферу повинно очищатися з тим щоб в атмосферному повітрі населених пунктів не було шкідливих речовин, що перевищують санітарні норми, а в повітрі, що надходить всередину виробничих приміщень, концентрації не перевищували величин $0.3q_{\text{ГДК}}$ для робочої зони цих приміщень.

8.3. Шкідливі речовини при зварюванні

Пил — основний шкідливий фактор на багатьох машинобудівних підприємствах, зумовлений особливостями та недосконалістю технологічних процесів. Концентрація природного пилу в повітрі за звичайних умов мешкання людини становить $0,1 \dots 0,2 \text{ мг/м}^3$; у промислових центрах, де діють великі підприємства, вона не буває нижчою $0,5 \text{ мг/м}^3$, а на робочих місцях іноді сягає 100 мг/м^3 . Значення ГДК для нейтрального пилу, що не має отруйних властивостей, дорівнює 10 мг/м^3 .

Основні фізико-хімічні властивості пилу: хімічний склад, дисперсність (ступінь подрібнення), будова частинок, розчинність, щільність, питома поверхня, нижня та верхня концентраційні межі вибуховості суміші з повітрям, електричні властивості та ін. Значення всіх цих показників дає можливість оцінити ступінь небезпеки та шкідливості пилу, пожежо- та вибухо- небезпеку.

Промисловий пил може бути класифікований за різними ознаками:

- за походженням — органічний (рослинний, тваринний, штучний), неорганічний (мінеральний, металевий) та змішаний (наявність часток органічного та неорганічного походження);
- за способом утворення — дезінтеграційний (подрібнення, нарізання, шліфування), димовий (сажа та частки речовини, що горить) та конденсаційний (конденсація в повітрі пари розплавлених металів);
- за отруйливою дією на організм людини — нейтральний (не токсичний для людини) та токсичний (отрує організм людини). У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть надходити в повітря, де знаходяться люди, і становити небезпеку їх здоров'ю. Для визначення небезпечності медики досліджують вплив цих речовин на організм людини і встановлюють безпечні концентрації та дози, які можуть потрапити різними шляхами в організм людини.

На машинобудівних підприємствах повітря робочої зони може забруднюватися шкідливими речовинами, що утворюються в результаті технологічного процесу під час виробництва різноманітної машинобудівної продукції, устаткування, конструкцій та елементів машин (зварювання, термічна обробка заготовок, фарбування), а також містяться в металах, з яких виготовляють цю продукцію. Вони потрапляють у повітря у вигляді пилу, аерозолів та газів і негативно впливають на організм людини, а залежно від їх токсичності та концентрації в повітрі можуть бути причиною хронічних отруєнь або професійних захворювань.

За токсичною дією шкідливі речовини поділяють на кров'яні отрути, які взаємодіють з гемоглобіном крові і гальмують його здатність до приєднання кисню (оксид вуглецю); нервові отрути, які призводять до збудженості, виснаження нервової системи, руйнування нервових тканин (наркотики — ацетилен, спирти, сірководень); подразнюючі отрути, що уражають верхні

дихальні шляхи й легені (оксиди азоту, озон, аміак, сірчаний газ, пара кислот); опікаючі та подразнюючі шкіру і слизові оболонки (сірчана та соляна кислоти, луги); печінкові отрути, дія яких супроводжується зміною та запаленням тканин печінки (цинк у вигляді зварювального аерозолю, спирти, дихлоретан, чотири хлористий вуглець); алергени, що змінюють реактивну спроможність організму (нікель у вигляді зварювального аерозолю, алкалоїди та інші речовини); канцерогени, що спричиняють утворення злоякісних пухлин (шестивалентний хром у вигляді зварювальних аерозолів, кам'яновугільна смола); мутагени, що впливають на генетичний апарат клітин (сполуки ртуті, етилен).

Пил або рідини можуть бути наявними в повітрі робочої зони у вигляді аерозолю, тобто твердих часток або краплин, які рухаються в повітрі під дією повітряних потоків. За певних умов аерозолі осідають і повітря очищується. Тверді частки, що випали з повітря на поверхню, називають аерогелем. Пил, що містить частинки розміром від тисячних мкм до 10 мкм, завдяки аеродинамічним силам, створеним повітряним потоком, тривалий час може перебувати в повітрі у вигляді аерозолю у зваженому стані. Аерозолі являють собою дисперсну систему, в якій дисперсною фазою є дрібні частинки твердої речовини, а дисперсійним середовищем — газ або суміш газів.

Дисперсний склад характеризує пилові частки за розміром і значною мірою зумовлює властивості пилу. У ході експериментальних досліджень осідання аерозолів у дихальній системі людини були отримані такі результати. Частинки аерозолів, більші 10 мкм, повністю осідають у порожнині носа, а при диханні через рот не проникають далі верхніх бронхів. У носі та в бронхіолах унаслідок седиментації також затримується більшість частинок розміром понад 5 мкм та незначна кількість частинок, дрібніших 5 мкм, і тільки дуже невелика їх частка потрапляє в альвеоли легень. Максимальну проникаючу здатність мають частинки діаметром 0,8...1,6 мкм, які осідають у тонких бронхіолах та альвеолах легень. Зі зменшенням розмірів частинок відсоток їх осадження в

альвеолах знижується. Так, близько 80% частинок діаметром 0,2...0,3 мкм видихаються з легенів назад в повітря. Частинки аерозолі, менші 0,2 мкм, також осідають у бронхах та легенях, причому їх осідання збільшується при зменшенні розмірів частинок унаслідок броунівського руху. Для організму людини найбільш небезпечним є пил (аерозоль), що складається з частин розміром 0,015 мкм, адже він погано затримується слизовими оболонками верхніх дихальних шляхів і потрапляє далеко в легеневу тканину.

Залежно від розміру, частинки аерозолі можуть осідати в трахеї, бронхах та бронхіолах, а потім видалятися з цих органів за допомогою волосків. Якщо осілий пил погано розчиняється в слизовій оболонці та тканинах органів дихання, то він не викликає пневмокніозу. Якщо ж осілі частинки пилу розчинні, то їх загальна токсична дія на організм може виявлятися залежно від хімічного складу цього пилу.

Також має значення форма частинок пилу. Частинки зазубреної колючої форми небезпечніші за сферичні, бо подразнюють шкіру, легеневі тканини та слизові оболонки, даючи змогу просмоктуватися в організм інфекційним мікроорганізмам, що супроводжують пил або знаходяться в повітрі. Це призводить до атрофічних, гіпертрофічних, гнійних, виразкових та інших змін слизових оболонок, бронхів, легень, шкіри, що призводить до катару верхніх дихальних шляхів, виразкового захворювання носової перетинки, бронхіту, пневмонії, кон'юнктивіту, дерматиту та інших захворювань. Вдихання пилу, що попадає в легені, протягом тривалого часу спричиняє пневмокніоз. Найбільш небезпечна його форма — силікоз — розвивається при систематичному вдиханні пилу, що містить вільний діоксид кремнію SiO_2 . Металевий та інший пил може призвести до іншої форми пневмокніозу — сидерозу, а також до хронічного бронхіту.

Деякі види пилу (свинцевий, миш'яковий, марганцевий і т.п.) обумовлюють отруєння і ведуть до функціональних змін ряду органів і систем. Отрути, які

надходять до організму через дихальні шляхи, створюють підвищену небезпеку, тому що потрапляють безпосередньо у кров.

Пилові частинки здатні сприймати електричний заряд як безпосередньо із газового середовища (пряма адсорбція іонів з повітря), так і в результаті тертя їх між собою або безпосереднього контакту з якою-небудь зарядженою поверхнею. Встановлено, що із загальної кількості пилових часток, які заносяться із повітрям у дихальні шляхи, затримуються слизовими оболонками переважно заряджені частки.

ВИСНОВКИ

Застосування автоматичного зварювання в середовищі газового захисту дозволяє усунути ряд недоліків ручного дугового і напівавтоматичного зварювання плавленням, яке використовувалось на підприємстві для виготовлення харчових ємностей. Вибраний спосіб зварювання є економічно вигідним, оскільки захищає зварний шов, дає можливість підвищити швидкість зварювання у 2 – 3 рази, що приводить до зростання продуктивності праці, скорочення чисельності промислово-виробничого персоналу, зменшення кількості технологічного устаткування і собівартості виготовлення виробу. При цьому збільшується рівень механізації і автоматизації виробничих процесів. Зварювальний дріт у два рази дешевший ніж товстопокриті якісні електроди, а захисний газ - недорогий і не дефіцитний. Складально-зварювальні пристрої передбачають вільний доступ до місця зварювання. Гвинтові притискачі, які використовуються в цих пристроях мають просту конструкцію, невелику вартість.

Перелік посилань

1. Марочник сталей и сплавов: справочник /под ред. В.Г. Сорокина. - М.:Машиностроение, 1989, - 640 с.
2. Теория сварочных процессов: учеб. / под. ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1988.- 559 с.
3. «Технологія та устаткування зварювання плавленням».: Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни для студентів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» / Укладачі: Бойко В.П., Котик В.Г., Корінець І.П. – К.: 2012. 58с.
4. Наплавлення та напилення – 1. Основи наплавлення. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів напряму 6.050504 «Зварювання» / 89 Уклад.: В. Д. Кузнецов, Д.В. Степанов – К: ІВЦ “Видавництво «Політехніка”», 2012. – 27 с.
5. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: учеб. / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977.– 432 с.
6. Думов С.И. Технологияэлектрической сварки плавлением: учеб. / С.И. Думов. – Л.: Машиностроения, 1987. – 640 с.
7. Технология и оборудование сварки плавлением: учеб. / под. общей редакцией д.т.н., проф. Г.Д. Никифорова. – М.: Машиностроение, 1986. – 319 с.
8. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением: учеб. / под ред. акад. Б.Е. Патона. – М. : Машиностроение, 1974.– 768 с.
9. «Технологія та устаткування зварювання плавленням».: Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни для студентів денної та заочної форми навчання для підготовки фахівців освітнього рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» та спеціальності 131 «Прикладна механіка»/ Укладачі: Підгурський М.І., Татарин Б.П., Окіпний І.Б., СенчишинВ.С. – Тернопіль,2017 – 93с.
10. Терещенко В.И., Либанов А.В. Выбор и применение способов сварки при изготовлении конструкций.- К.: Наук.думка, 1987.- 192 с.

11. Сварка в машиностроении: справочник, Т4 / под. ред. Ю.Н. Зорина. – М.: Машиностроение, 1979. – 512 с.
12. Сварочные материалы для дуговой сварки. Т1. Защитные газы и сварочные флюсы: справочное пособие / под общей редакцией Н.Н. Потапова. – М.: Машиностроений, 1989. – 544 с.
13. Сварочные материалы для дуговой сварки. Т2. Сварочная проволока и электроды: справочное пособие / под общей редакцией Н.Н. Потапова. – М.: Машиностроение, 1993. – 768 с.
14. Биковский, О.Г. Довідник зварника: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
15. Методичні вказівки до практичного заняття №2 з дисципліни «Матеріали для зварювання плавленням, наплавлення і напилення» на тему “ Розрахунок і вибір параметрів режиму зварювання і геометричних розмірів шва при зварюванні плавким електродом у вуглекислому газі ” / Б.П. Татарин, Б.М. Береженко, В.С. Сенчишин. – Тернопіль: - ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 50 с.
16. <https://kzes.com/catalog/electric-welding-equipment>
17. Шпак Р.І. Техніко–економічне обґрунтування інженерних рішень: методичні вказівки до виконання організаційно–економічної частини дипломних проектів / Р.І. Шпак.– Тернопіль, 2006–29с.
18. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. – Введений з 01.07.1996. – К.: Держстандарт України, 1995. - 36 с.
19. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. 184 с.
20. Левченко О. Г. Навчальний посібник для практичних робіт «охорона праці у зварювальному виробництві». Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Київ

КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 182 с.

ДОДАТКИ

