

РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему: «Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення резервуара для технічних рідин та дослідження експлуатаційних характеристик зварних з'єднань» складається із пояснювально-розрахункової записки об'ємом ____ аркушів форматом А4 та графічної частини об'ємом ____ аркушів формату А1. Пояснювально-розрахункова записка складається із аналітичної; науково-дослідницької; технологічної; конструкторської; та охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Для доведення до відома читачів питань, що розглядаються в даному дипломному проекті, пояснювальна записка містить ____ рисунків, таблиць та додатки. При написанні роз'яснювальної записки використано літературних джерела.

В роботі проаналізовано виріб, його призначення, спосіб та технологію його виготовлення. Встановлено недоліки технології та застарілість частини обладнання.

Даним проектом обґрунтовано вдосконалення технологій дослідження якості якості виготовленого виробу та підбору більш раціонального та сучасного обладнання та устаткування для виготовлення ємності резервуара для технічних рідин (технічної води).

Ключові слова: НАПІВАВТОМАТ, АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ЗАХИСНИЙ ГАЗ, ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЗВАРЮВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ.

ЗМІСТ

с.

ВСТУП.....	
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	
1.1 Виріб, його призначення.....	
1.2 Основні технічні вимоги до зварного виробу	
1.3 Характеристика матеріалу зварного виробу.....	
1.4 Вимоги до зварних з'єднань конструкції баку	
1.5 Вимоги до складання під зварювання	
1.6 Вимоги до якості зварювання	
1.7 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення виробу та його недоліки.	
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	
2.1 Аналіз впливу вібраційної обробки на властивості металу	
2.2 Вплив режимів вібраційного впливу на ефективність процесу зняття зварювальних напружень і деформацій.....	
2.3 Вибір технологічного обладнання та визначення режимів вібраційної обробки	
2.4 Планування експерименту.....	
2.5 Дослідження впливу вібраційної обробки при зварюванні на рівень залишкових напружень та зварювальних деформацій.....	
2.6 Дослідження впливу вібраційної обробки на механічні властивості зварного з'єднання.....	
2.7 Визначення твердості та ударної в'язкості металу шва в стиковому з'єднанні.....	
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	
3.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання.....	
3.2 Вибір зварювальних матеріалів.....	

3.3 Вибір та обґрунтування параметрів режиму зварювання.....	
3.4 Вибір та обґрунтування зварювального устаткування.....	
3.5 Вибір методу контролю якості виробу.....	
3.6 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії	
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	
4.1 Вибір типу пристосувань для виготовлення резервуару	
4.2 Обґрунтування вибору баз при виготовленні баку	
4.3 Вибір типу затискних елементів складально-зварювальних пристосувань та їх розрахунок	
4.4 Розрахунок необхідних зусиль притискання елементів резервуара	
4.5 Опис конструктивних схем пристосувань	
4.7 Опис системи змішування газів	
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
5.1 Мікроклімат виробничих приміщень.....	
5.2. Пожежна безпека.....	
5.3 Запобіжні заходи при виникненні техногенних небезпечних ситуацій на підприємстві	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	
ДОДАТКИ.....	

ВСТУП

Значний вплив на перспективи подальшого розвитку зварювального виробництва відкривають механізація та автоматизація зварювальних процесів. Прогрес можливий при комплексному підході до вирішення завдань, що зачіпають всі етапи зварювального виробництва - заготівельні, транспортні, завантажувальні, зварювальні, складальні та оздоблювальні операції.

При механізації та автоматизації зварювального виробництва з'являється можливість підвищення продуктивності праці і якості продукції, скорочення чисельності обслуговуючого персоналу. При механізованому процесі незалежно від ступеня механізації робітник частково або повністю звільняється лише від м'язових зусиль, але повністю зберігається його участь у процесі в зв'язку з необхідністю виконання контролюючих та управлінських функцій.

Автоматизація зварювання означає переналагодження зварювального обладнання на автоматичний режим роботи, тобто впровадження у виробництво ряду пристроїв, які можуть виконувати задані операції без участі людини.

Прикладом часткової механізації і автоматизації в зварюванні слугує процес дугового зварювання, в якому використовуються зварювальні апарати з постійною і керованою (примусово) швидкістю подачі електродного дроту. У ньому можуть бути механізовані подача електродного дроту, переміщення електродного дроту вздовж лінії стику, подача флюсу чи захисного газу. Автоматизований процес регулювання напруги дуги за допомогою зміни за заданим алгоритмом швидкості подачі електродного дроту при відхиленні напруги дуги від номінального значення.

Також докомплектування зварювального апарата системою стеження за лінією стику, засобами реєстрації та контролю параметрів

режиму дозволяє перейти до стадії більш повної автоматизації виробничого процесу, коли зварювання може виконуватися без участі людини, за якою залишаються лише функції попереднього налаштування процесу, ввімкнення обладнання та спостереження за перебігом процесу зварювання.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Виріб, його призначення

В даній роботі, в якості виробу, розглядається ємність для збору та зберігання технічної води для будь яких промислових потреб.

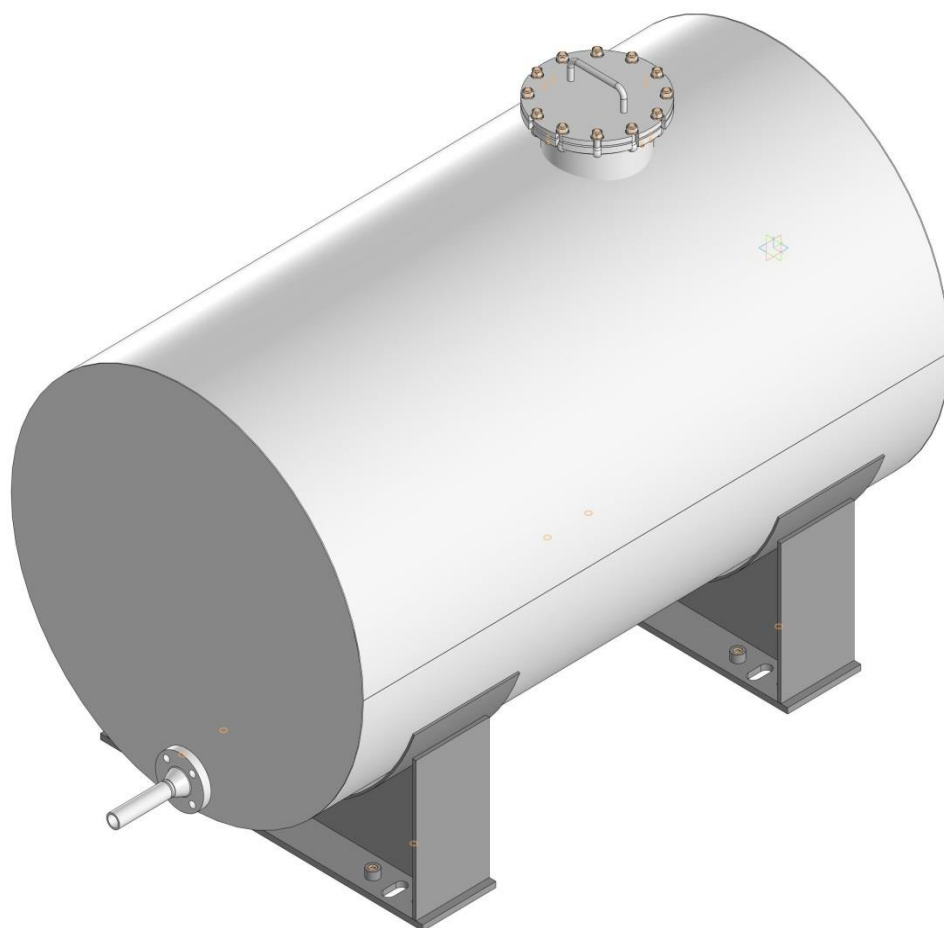


Рисунок 1.1 – 3Д модель ємності для технічних рідин

1.2 Основні технічні вимоги до зварного виробу

Основною вимогою до конструкції даної ємності може вважатись забезпечення необхідної герметичності зварного виробу. Ємність повинна виконуватись із сталі, яка забезпечить довготривалий термін експлуатації.

Основний процес виготовлення даного водлазбінного баку можна умовно розподілити на три етапи:

- підготовчі роботи;
- зварювання;
- кінцевий контроль якості.

Контроль якості виконаних з'єднань даного виробу проводиться у відповідності до, що включають таке:

- попередній контроль (кваліфікація зварювальника; стан зварювального обладнання та складально-зварювального оснащення; повноту комплектності технічної документації; матеріал заготовок; вимірювальні пристрої та інструменти);
- операційний контроль (підготовлення деталей до зварювання; складання; зварювання);
- кінцевий контроль (залежить від характеристики можливих дефектів та технічних вимог до виконаних з'єднань).

Якість шва спочатку перевіряється оглядом зовні. Методом газової проби виявляють герметичність шва.

1.3 Характеристика матеріалу зварного виробу

Конструкції даного типу, найчастіше виготовляються із вуглецевих і низьколегованих сталей.

В даному випадку для виготовлення баку для технічної води обрано листовий прокат із сталі 09Г2С, це конструкційна маловуглецева низьколегована сталь. Ця сталь є спокійною, , що досягнуто введенням в її

склад елементів -окислювачів. Важливою особливістю спокійної сталі є однорідність будови. Шкідливі домішки – сірка та фосфор розподіляються в ній більш рівномірно, ніж в киплячій сталі.

Хімічний склад сталі 09Г2С приведений в таблиці 1.1, а механічні властивості – в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 09Г2С, % (ГОСТ 19281)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,12	0,5 – 0,8	1,3 – 1,7	0,3	0,04	0,035	0,3	0,3	0,08

Таблиця 1.2 - Механічні властивості і значення критичних точок 09Г2С

Межа міцності σ_b , МПа	Умовна межа текучості $\sigma_{0,2}$, МПа	Відносне видовження δ_0 , %	AC1, °C	AC3, °C
470	300	21	725	860

Для забезпечення довговічності виробів необхідно, щоб сталь, з якої їх виготовлено володіла високою конструктивною міцністю.

Зварюваність - це властивість металів утворювати при зварюванні з'єднання, які відповідають вимогам, зумовленим наступною експлуатацією виробу. Складність поняття про зварюваність матеріалів свідчить, що при її оцінюванні слід враховувати взаємозв'язок зварювальної технології з конструкцією виробу, зварювальних металів та матеріалів. Матеріали поділяються на добре зварювані, задовільно зварювані, погано зварювані та обмежено зварювані.

Зварюваність нашої сталі 09Г2С, для виготовлення конструкції баку для технічної води, визначаємо за еквівалентним вмістом вуглецю згідно формули [5, с.526]:

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

де С, Mn, Ni, Cr, Cu, Mo, P, V, Si – максимальний вміст відповідних елементів в сталі, %;

S – товщина деталі, мм.

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

Еквівалентний вміст вуглецю для сталі 09Г2С становить 0,39%, що є меншим допустимого значення $C_{екв} = 0,45\%$. Тому дана сталь відноситься до добрезварюваних та мало схильна до утворення як холодних так і гарячих тріщин під час зварювання та не потребує додаткової термообробки.

1.4 Вимоги до зварних з'єднань конструкції баку

Основні утворені з'єднання при виготовленні баку для технічної води є стиковими та зазнають значного статичного навантаження від внутрішнього тиску.

Зварні з'єднання не повинні містити дефектів, що знаходяться за поза стандартними нормами.

Від зварних нерозємних з'єднань вимагається:

- дотримання форми та, саме головне, розмірів у відповідності з тими, що вказані на технологічних кресленнях;
- щоб метал з'єднання був рівноміцний з основним металом;
- не містити тріщин, пор, напливів чи будь яких інших дефектів;
- забезпечення міцності та надійної експлуатації.

1.5 Вимоги до складання під зварювання

Складання має забезпечувати точне встановлення зварюваних деталей відповідно до креслень.

При складанні виробу, яке здійснюється в основному механізовано, особливо зважають на ділянки з підвищеною жорсткістю, в котрих найбільш ймовірні неточності складання конструкції.

При складанні необхідно дотриматись деяких правил:

- не допускати перекосів чи згинання конструктивних елементів під час виконання зварювання;
- складання деталей проводити з невеликими зазорами на стиках;
- унеможливити попадання різнорідних забруднень в зону зварювання чи складання виробів;
- забезпечити точність взаєморозміщення зварюваних деталей виробу.

Складання завжди виконують за допомогою тих чи інших спеціальних пристосувань.

1.6 Вимоги до якості зварювання

Якість продукції - здатність її властивостей задовільняти експлуатаційним вимогам.

Технологічний процес має забезпечити необхідну якість зварних з'єднань, тобто отримання зеднувального шва відповідних конфігурації та розмірів, з мінімальною кількістю дефектів.

Під таким терміном як управління якістю мають на увазі забезпечення необхідного якісного рівня за рахунок зворотних зв'язків між контролем технології та шляхами впливу на неї на кожному етапі виробництва, тому що висока якість з'єднання в першу чергу залежна від технології (тобто від рівня її сучасності, а також від технологічної дисципліни).

При виникненні дефектів швів при виготовленні баку для технічної води проведення виправлення дефектів не допускається більше двох разів в одному місці.

1.7 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення виробу та його недоліки.

При виготовленні баку для технічної води використовуються заготовки з листового прокату, який може потребувати правлення, якщо деформації виникають при розвантаженні чи транспортуванні.

Проаналізувавши базовий процес виготовлення баку було виявлено деяку кількість недоліків, що можуть негативно впливати на якість. До головних можна віднести: нераціонально підібране зварювальне обладнання та пристосування; використання ручних затискачів; зварювання в чистому CO_2 , що має серед недоліків розбризкування електродного металу, наявність бризок на поверхні зварних виробів та невисоку якість поверхні шва; низькі показники механічних властивостей металу шва, таких як ударна в'язкість при низьких температурах.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз впливу вібраційної обробки на властивості металу

Процеси, що протікають при вібраційному впливі на метал, можна поділити на кілька груп: обробка рідкого розплаву металу, обробка металу в процесі кристалізації і обробка кристалізованого металу.

При вібраційному впливі на рідкий метал позитивними результатами є: збільшення теплопровідності за рахунок перемішування, дегазація, підвищення глибини проплавлення, перерозподіл включень і хімічних (легуючих) елементів за обсягом розплаву, підвищення тепловіддачі з поверхні ванни, підвищення плинності.

До негативних моментів відносяться: збільшення контакту з навколишнім повітрям, освіту нерівностей і виплеск на поверхні металу, виникнення прожогов зварного шва.

При впливі на кристалізується метал до позитивних результатів відносяться: подрібнення мікроструктури за рахунок руйнування фронту кристалізації і переміщення нових центрів кристалізації, а також за рахунок зниження міжфазового поверхневого натягу металу зварювальної ванни і в'язкості розплаву.

До негативних моментів можна віднести появу гарячих кристалізаційних тріщин, пористість і ін.

У разі вібраційного впливу на затверділий метал достоїнствами є зниження зварювальних напруг і деформацій в зварних конструкціях і підвищення розмірної геометричній стабільності виробу в цілому.

Однак, перевищення значень режимів вібраційної обробки може викликати появу тріщин, зниження ударної в'язкості металу шва та інших характеристик металу.

2.2 Вплив режимів вібраційного впливу на ефективність процесу зняття зварювальних напружень і деформацій

Відмінною рисою процесу кристалізації зварювальної ванни від литої заготовки є високі швидкості охолодження і малий обсяг розплавленого металу. Особливість структурних перетворень при зварюванні полягає в тому, що вони відбуваються в нерівноважних умовах термодформаційного зварювального циклу, тобто за умов нагрівання до температур плавлення металу, при високих швидкостях нагрівання і охолодження металу, в умовах розвитку зварювальних деформацій та напружень.

За даних умов при кожній поточній температурі перетворення не встигають пройти до кінця в порівнянні з рівноважним станом, що відповідає цій температурі, що й призводить, при певній мірі перегріву або охолодження до збереження частини початкової фази. Характер перетворень залежить від хімічного складу сплаву, температури нагріву, а їх завершеність визначається параметрами термо-деформаційного зварювального циклу.

Кристалізація металу при зварюванні має певний спрямований характер, обумовлений відведенням теплоти в основний метал і навколишнє середовище, внаслідок високої різниці температур при локальній дії джерел теплоти. В результаті в зварювальній ванні, як правило, починають рости стовпчасті кристали, що ростуть від частково оплавлених зерен основного металу до центру металу шва.

У деяких випадках в центральній частині шва можливе утворення рівновісних кристалів, зростання яких відбувається поступово внаслідок утворення періодичних зон термічного або концентраційного переохолодження фронту кристалізації з боку рідкого розплаву.

В процесі дугового зварювання при охолодженні зварного шва утворюється стовбчата кристалічна структура. Залежно від теплових і кінетичних процесів, що відбуваються в процесі кристалізації металу шва, в залежності від хімічного складу розплаву, градієнта температури в різних частинах зварного з'єднання можливе утворення рівновісної мікроструктури, яка в свою чергу, може бути зернистою, зернисто-дендритною, дендритною.

Таким чином, можна отримати різні структури в шві і управляти їх розвитком. Дане явище необхідно врахувати при розробці технології вібраційного впливу на зварювальну ванну.

Необхідно відзначити, що вібраційна обробка зі зміною частоти широко відома на сьогоднішній день і досить описана в роботах різних вчених. Однак, робіт по використанню вібраційного впливу в процесі зварювання на змінюються режимах практично немає.

У роботах присвячених вібраційній обробці в процесі зварювання, як правило, вказуються постійні режими коливань, при цьому для дугового зварювання оптимальна частота вказується в діапазоні від 50 до 400 Гц, амплітуда коливань не вище 1 мм.

Проведені вищевказаними дослідниками численні дослідження формування структури металу, показали, що застосування вібрації при затвердінні супроводжується утворенням на кордоні кристалізації великої кількості уламків дендритів і виникненням в розплаві додаткових центрів кристалізації.

Розглядаючи це питання з цієї позиції, технологія вібраційного впливу на ванну рідкого металу це введення в розплав додаткової енергії пружних хвиль, яка визначається як

$$dF_{\text{віб}} = 0,5 \omega^2 \cdot A^2 \cdot \rho \cdot dV, \quad (2.1)$$

де $\rho = dm / dV$ - щільність середовища, m - маса частинки в обсязі dV ; ω , A - частота і амплітуда пружних хвиль відповідно.

Із залежності (2.1) випливає, що збільшення енергії вібраційного впливу сприяють підвищення частоти і амплітуди вібрації, а також щільності середовища.

Величина вільної енергії системи, що піддається вібрації, визначається за такою формулою

$$\Delta F = F + F_{\text{віб}} - S(T_1 - T_2) - \sigma \cdot \alpha\sigma, \quad (2.2)$$

де ΔF - вільна енергія системи; F - внутрішня енергія системи;

S - ентропія системи;

T_1 , T_2 - температури рідкого і твердого станів системи; σ - поверхнева енергія на кордоні фаз «кристал-рідина»; $\alpha\sigma$ - сумарна площа поверхонь всіх кристалів (гілок дендритів і ін.).

З формули (2.2) видно, що з підвищенням потужності вводяться коливань відбувається збільшення вільної енергії системи, яка при формуванні кристалічних структур в процесі застигання металу витрачається на обламування гілок дендритів і створення в системі додаткових центрів.

У роботах Файрушин А.М. і ін. [129-130] показано, що обробка з амплітудою коливань вище 1 мм призводить до зниження технологічної міцності зварного з'єднання, виникають гарячі тріщини, пори та інші дефекти.

Таким чином, з метою підвищення ефективності вібраційного впливу необхідно підвищити енергію системи, при обмеженій амплітуді і частоті. З теорії поширення хвиль відомо, що це можливо зробити за рахунок використання модульованих режимів [8, 68].

Для передачі сигналів на великі відстані необхідно, щоб вони мали велику енергію. Реалізується це шляхом "накладання" одного сигналу коливання на інший, який має іншу частоту коливань, сигнал стає модульованим.

Залежно від того, який параметр змінюють, розрізняють амплітудну, частотну і фазову модуляцію.

Амплітудно-модульовані коливання (АМК). При амплітудній модуляції утворюється сигнал, у якого амплітуда змінюється (модулюється) за законом сигналу, в якому міститься інформація. Частота несучого сигналу при амплітудній модуляції залишаються незмінними.

АМК виходить шляхом перемноження двох сигналів. Один містить інформацію, а інший є несучим. Нехай модулюючі (рисунок 2.1) і несучі коливання (рисунок 2.2) змінюються відповідно за такими виразами:

$$U_1(t) = U_0 + U_1 m \cos \Omega t, \quad (2.3)$$

$$U_2(t) = U_2 m \cos \omega t, \quad (2.4)$$

где U_0 – постійна стала сигналу,

$U_1 m$ и $U_2 m$ – амплітуди модулюючого і несучого коливань, Ω , ω - частота модулюючого і несучого коливань.

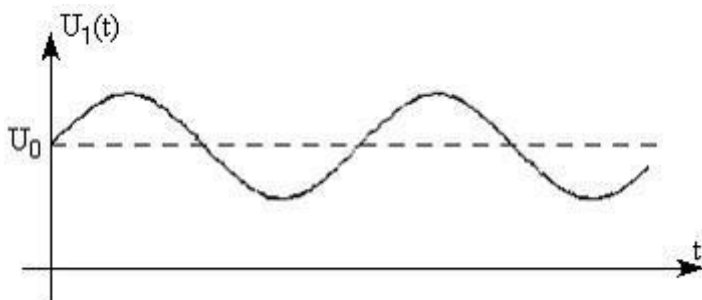


Рисунок 2.1 - Модулюючі коливання

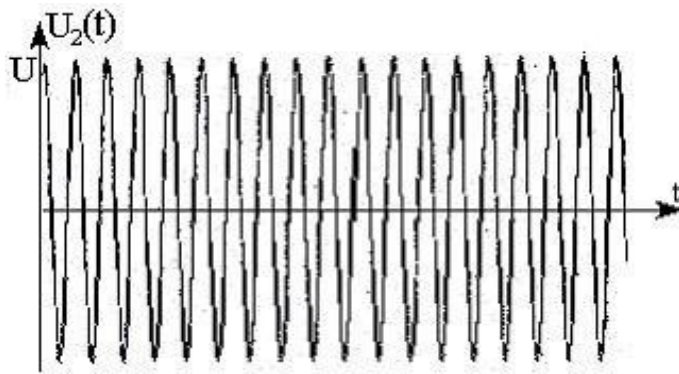


Рисунок 2.2 - Несучі коливання

Перемножимо ці сигнали:

$$\begin{aligned}
 U_{am}(t) &= U_1(t)U_2(t) = (U_0 + U_{1m} \cos \Omega t)(U_{2m} \cos \omega t) = \\
 &= U_0 U_{2m} \cos \omega t + \frac{1}{2} U_{1m} U_{2m} \cos(\omega + \Omega)t + \frac{1}{2} U_{1m} U_{2m} \cos(\omega - \Omega)t \quad (2.5)
 \end{aligned}$$

Введемо позначення:

$$U_m = U_0 U_{2m}; \quad (2.6)$$

$$M = \frac{U_{1m} U_{2m}}{U_0 U_{2m}}, \quad (2.7)$$

де U_m - амплітуда промодульованого сигналу,

M - коефіцієнт модуляції.

Із врахуванням введених позначень, отримаємо вираз для АМК в наступному вигляді:

$$(3.8)$$

Вид АМК показаний на рисунку 2.3.

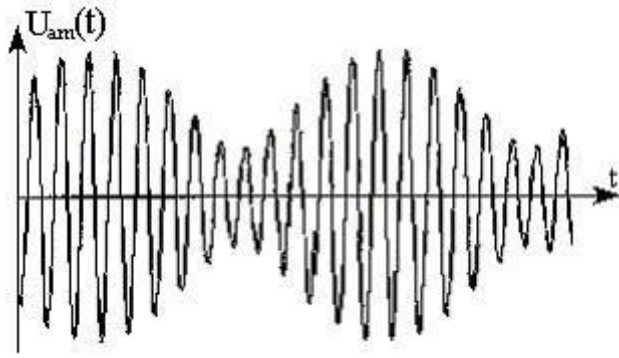


Рисунок 2.3 Амплітудно-модульовані коливання

Частотно-модульовані коливання (ЧМК). Частотно-модульовані - це коливання, у яких миттєва частота змінюється згідно із законом модулюючого сигналу. Модулюючий сигнал і несучі коливання змінюються, як показано на рисунках 2.4, 2.5.

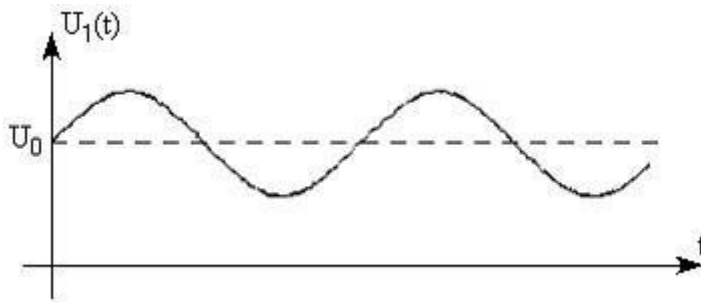


Рисунок 2.4 - Модулюючий сигнал

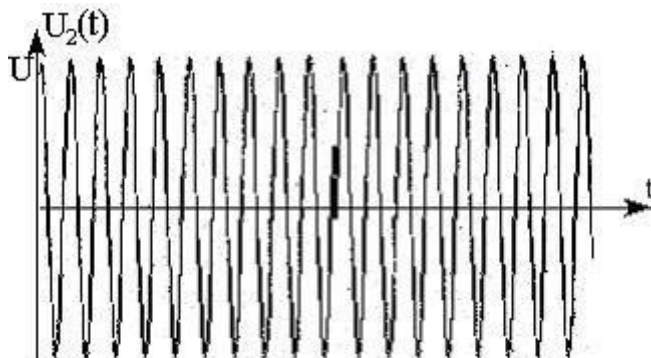


Рисунок 2.5 - Сигнал частоти

Миттєва частота при частотній модуляції дорівнює:

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega \cos \Omega t \quad (2.9)$$

$$U_{\text{вм}}(t) = U_{\text{ж}} \cos(\omega_0 t + m \sin \Omega t),$$

$$\text{где } \frac{\Delta\omega}{\Omega} = m$$

тут $\Delta\omega$ - девіація

(відхилення) частоти під дією модулюючого сигналу, це відхилення пропорційно амплітуді модулюючого коливання. Миттєву фазу частотно-модульованого режиму знайдемо, проінтегрувавши $\omega(t)$ за часом:

$$\varphi(t) = \int \omega(t) dt = \omega_0 t + \frac{\Delta\omega}{\Omega} \sin \Omega t. \quad (2.10)$$

Частотно-модульоване коливання запишеться в наступному вигляді:

$$(3.11)$$

$$U_{\text{вм}}(t) = U_{\text{ж}} \cos(\omega_0 t + m \sin \Omega t), \quad (2.11)$$

$$\frac{\Delta\omega}{\Omega} = m$$

- індекс частотної модуляції.

Вид частотно - модульованого коливання показаний на рисунку 2.6.

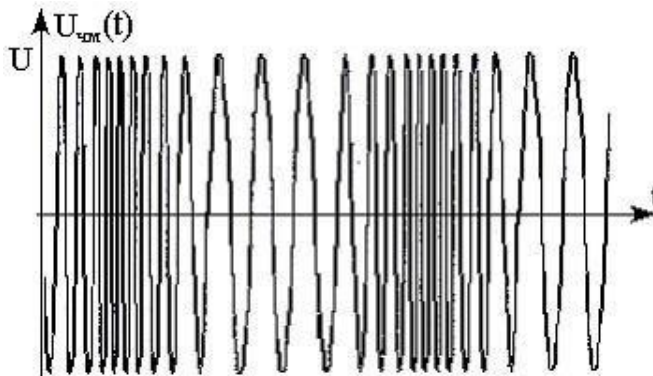


Рисунок 2.6 - Частотно - модульовані коливання

Частотно-модульовані коливання є в той же час і фазомодульованими. При частотній модуляції зміна частоти, а не фази збігається з законом зміни модульованого сигналу. При частотній модуляції індекс модуляції обернено пропорційний модулюючій частоті, тоді як при фазовій модуляції такої залежності немає.

2.3 Вибір технологічного обладнання та визначення режимів вібраційної обробки

В заводських умовах зварювання різних елементів корпусу здійснюється ручним дуговим зварювання покритими електродами чи напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу зварювальним дротом з того ж матеріалу, що й основний метал.

Для проведення експерименту було обрано зварювальний апарат для ручного дугового зварювання, який дозволяє здійснювати зварювання на струмах до 160А.

Для здійснення вібрації на різних режимах використовували вібростенд ВЕДС-400 (рисунок 2.7б). Вібростенд ВЕДС-400 використовується для проведення випробування різних конструкцій на віброміцність і вібростійкість. ВЕДС - 400 входять в параметричний ряд уніфікованих віброустановок, виконані за модульним принципом з використанням мікропроцесорної, напівпровідникової і цифрової сучасної елементної бази фірми LDS (Англія). Управління режиму вібрації здійснюється апаратурою СОМЕТ (Англія) дозволяє проводити випробування конструкцій на вплив синусоїдальної, широкосмугового випадкової вібрації. Завдання режимів випробувань здійснюється від персонального комп'ютера з ліцензійним програмним забезпеченням.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики вібростенда ВЕДС-400

характеристика	значення
Виштовхуюча сила, Н	4000
Робочий діапазон в, Гц	номінальний 20-1500 розширений 5-3500
Максимальне прискорення, м/с ²	400
Максимальне переміщення стола, мм	+/- 4,5

Маса навантаження, кг	максимальна 90
Споживана потужність (від мережі 380/220 В, 50 Гц), Вт	9000

Необхідні режими обробки задавали безпосередньо на пульті управління. Звірку відповідності режимів проводили за допомогою вібровимірювальної прилади «Вібротест-МГ4 +».



а

Рисунок 2.7 – загальний вигляд прилади «Вібротест-МГ4 +»

Технічні характеристики прилади «Вібротест МГ4 +» представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики прилади «Вібротест-МГ4 +»

характеристика	значення
Діапазон вимірювання частоти, Гц	2 - 1000
Діапазон вимірювання амплітуди вібраційних переміщень, мм	0,01 - 20
Діапазон вимірювання вібраційного прискорення, м/с ²	2 - 400
Діапазон вимірювання вібраційної швидкості, мм / с	3,3 - 9000
Похибка вимірювання амплітуди,%	+ 5
Похибка вимірювання вібраційної швидкості,%	± 5
Похибка вимірювання вібраційного прискорення,%	± 5

Час одного виміру, с	12
Габаритні розміри електронний блок, мм	175 × 90 × 30
Час безперервної роботи приладу, год	25
Маса приладу з віброперетворювачем, кг	0,35

Параметри вібрації заміряли поблизу зварного з'єднання в декількох точках. Розкид значень склав не більше 10%.

Для дослідження були обрані 4 режими:

- *режим 1* «без обробки»: зварювання без вібраційного впливу (існуючий варіант);

- *режим 2* «вібраційна обробка»: зварювання із супутньою вібраційною обробкою на частоті 50 Гц і амплітудою вібраційних переміщень до 0,8 мм (рисунок 2.8, а);

- *режим 3* «вібраційна обробка АМК»: зварювання із супутньою вібраційною обробкою з амплітудно-модульованим характеристиками (частота несучої вібрації 50 Гц, сигнал, що модулює 1 Гц, амплітуда вібраційних переміщень 0,07 ... 0,3 мм), (рисунок 2.8, б);

- *режим 4* «вібраційна обробка ЧМК»: зварювання із супутньою вібраційною обробкою з частотно-модульованим характеристиками (частота вібрації від 50 до 150 Гц, амплітуда вібраційних переміщень 0,05 ... 0,25 мм) (рисунок 3.8, в);

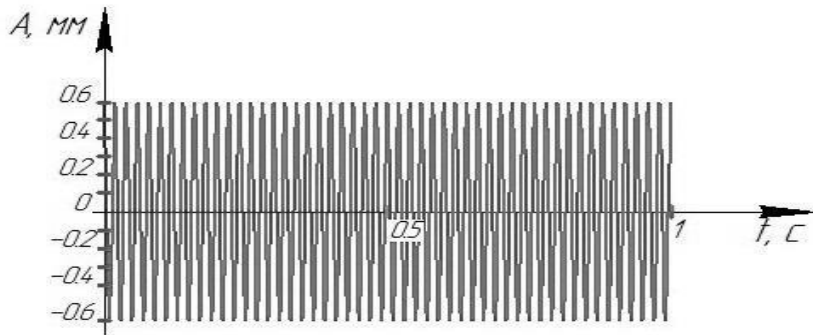
Керованими параметрами на вібростенді були частота вібрації і вібраційного прискорення. Заміряли – швидкість вібрації, амплітуду вібраційних переміщень, частоту (перевірно).

Введені з вібростенда коливання характеризуються як лінійні.

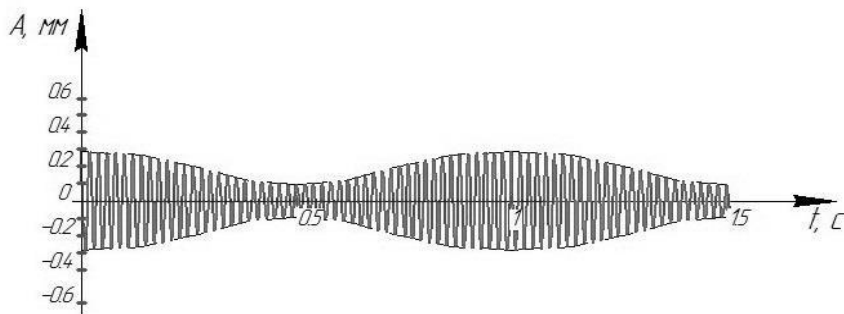
Для визначення ефективності технології зниження деформацій і зварювальних напружень, а також зниження ймовірності утворення холодних тріщин виникає необхідність проведення ряду технологічних і механічних випробувань, які дозволили б показати не тільки рівень деформацій і напружень і визначити наявність або відсутність зниження

ймовірності холодних тріщин, а й оцінити зміну різних механічних параметрів зварних з'єднань.

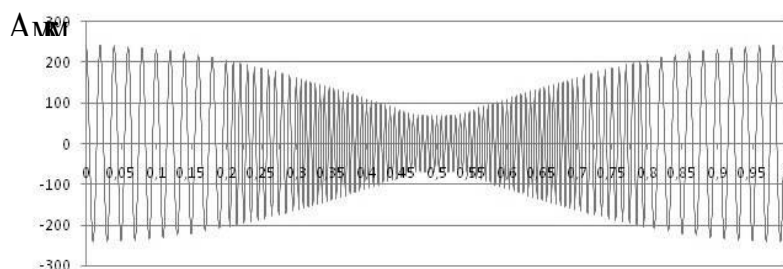
З метою порівняння механічних властивостей отриманих зразків різних ділянок зварного з'єднання проводили випробування на статичний розтяг, ударний вигин, також проводили заміри мікротвердості різних точок зварного з'єднання по ГОСТ 6996.



а) коливання на частоті 50 Гц і амплітудою вібраційних переміщень до 0,6 мм



б) коливання з амплітудно-модульованим характеристиками



в) коливання з частотно-модульовані характеристиками

Рисунок 2.8 - Режимы вібраційної обробки

2.4 Планування експерименту

Амплітуда, згідно з дослідженнями багатьох авторів, є ключовим параметром, який регулює зміну механічних властивостей, при вібрації в 3-х різних станах: розплавленому, кристалізується і затверділому. Багато формул наведені в науковій літературі так чи інакше містять ряд інших параметрів: частоту, вібраційну швидкість і вібраційне прискорення. Деякі автори визнають, що збільшення частоти може інтенсифікувати протікання різних процесів і змінювати фізичні властивості металу, наприклад збільшення частоти збільшує теплопровідність, підвищує інтенсивність коливань, збільшує число центрів кристалізації та ін. Тому порівняльні дослідження проводили на режимах близьких за значеннями до загальновідомих параметрів вібраційної обробки.

Змінюваних факторів в дослідженнях було кілька: в дослідженнях модулювали амплітуду при постійній частоті, модулювали частоту при постійній інтенсивності коливань (постійному вібраційному прискоренні). Напрямок коливань щодо зварного шва у всіх випадках був однаковий.

Для підвищення точності визначення впливу вібраційної обробки на механічні властивості зварного з'єднання однотипні випробування зразків проводимо по кілька разів. Для зниження ймовірності помилки була проведена рандомізація.

2.5 Дослідження впливу вібраційної обробки при зварюванні на рівень залишкових напружень та зварювальних деформацій

Дослідження проводили на вищевказаних зразках. Рівень залишкових деформацій визначався за величиною стріли прогину зварених пластин в подовжньому напрямі зварного шва і поперечного прогину зварного вузла.

Ескіз зразка і вимірювані параметри показані на малюнку 2.9.

Заміряти параметри: a - стріла прогину; f – поперечний прогин

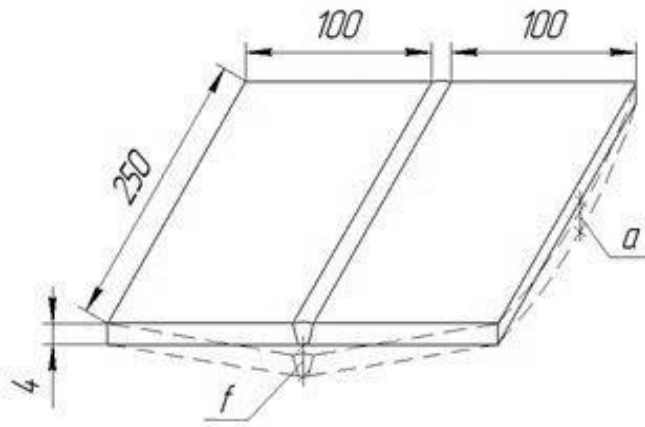


Рисунок 2.9 - Ескіз зразка

Заміри проводили індикаторним глибиноміром ГІ-100 ГОСТ 7661-67 оснащеним індикатором годинникового типу, встановленим на металевій штанзі. Технічні характеристики глибиноміра індикаторного ГІ-100 представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики глибиноміра індикаторного ГІ-100

ГОСТ 7661-67

характеристика	значення
Ціна поділки, мм	0,01
Діапазон вимірювань, мм	0-100
Діапазон вимірювань відлікового пристрою, мм	0-10
Габаритні розміри, мм	не більше 100 × 113 × 26

За результатами виміру стріли прогину поздовжньої деформації на базовій довжині 250 мм та виміру стріли прогину поперечної деформації на довжині 200 мм побудовано діаграму, наведену на рисунку 2.10.

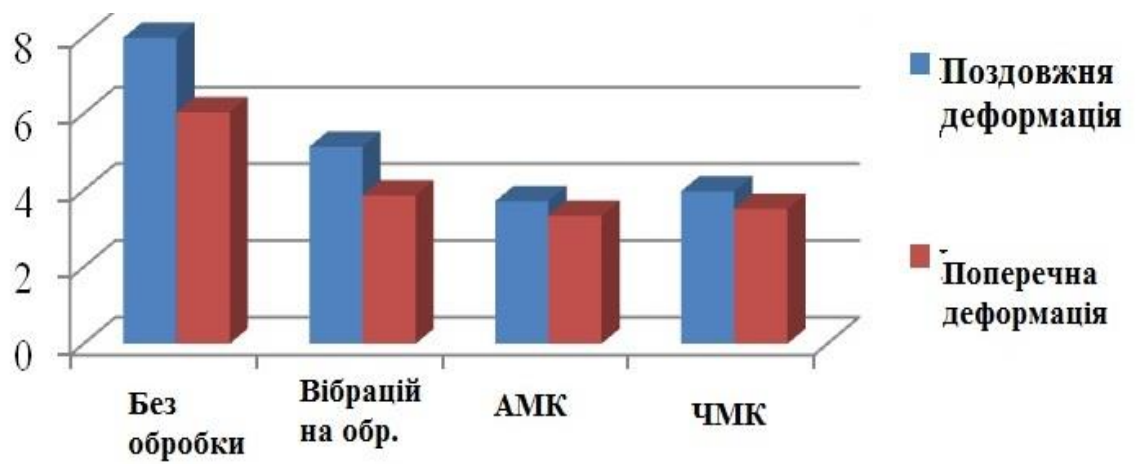


Рисунок 2.10 - Значення стріли прогину зразків при різних режимах обробки, мм

Рентгеноструктурний аналіз зразків проводився на рентгенівському дифрактометрі ДРОН 4-07 з висновком дифракційних даних на персональний комп'ютер. Обробку експериментальних даних проводили з використанням програмного пакету "Maud" (Materials Analysis Using Diffraction). Алгоритм програми використовує порошковий повнопрофільний метод (метод Рітфельда). За результатами отриманих даних було побудовано діаграму (рис. 2.11)

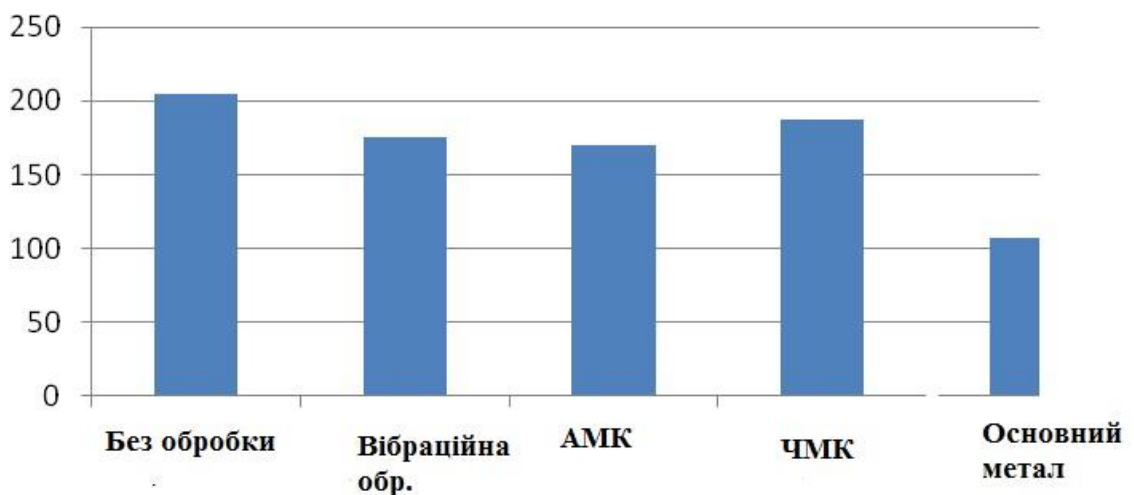


Рисунок 2.11 - Величина внутрішніх напружень у зварному шві, МПа, в залежності від режиму обробки

При проведенні рентгеноструктурного аналізу зразків встановлено, що вібраційна обробка дозволяє знизити рівень внутрішніх напружень в зварному шві на 9 ... 17%, при цьому максимальне зниження напружень виявлено при використанні амплітудно-модульованих режимів.

2.6 Дослідження впливу вібраційної обробки на механічні властивості зварного з'єднання

Широке застосування низьколегованих кремнемарганцевих сталей, яскравим представником класу яких є сталь 09Г2С, зумовлена поєднанням позитивних властивостей: досить високим межею міцності і невеликої схильністю до крихкого руйнування в умовах негативних температур, задовільною зварюваністю і оброблюваністю різанням. Зазначені переваги, в поєднанні з досить високою циклічною міцністю сприяє тому, що ці сталі знаходять широке застосування.

Відповідно до вимог ГОСТ 52630 при зварюванні обичайок і труб, приварюванні днищ до обичайок слід застосовувати стикові шви з повним проплавленням. З огляду на те, що при виготовленні резервуара компресора, використовується напівавтоматичне або автоматичне зварювання в середовищі захисних газів (вуглекислий газ), то в якості виду зварювання для проведення експерименту було обрано автоматичне зварювання в середовищі захисних газів стикових з'єднань пластин товщиною 4 мм, виконувана без оброблення крайок. В якості типу зварного з'єднання був прийнятий тип С 4 по ГОСТ 5264-80.

Для оцінювання впливу режимів вібраційного впливу на статичну міцність металу зварного шва і зварного з'єднання згідно ГОСТ 6996 були виготовлені зразки для випробування зварного з'єднання на статичний розтяг і для визначення міцності металу шва в стиковому з'єднанні. Після чого проведено випробування на статичний розтяг зразків. За результатами випробувань побудовані діаграми, 2.12 і 2.13.

Руйнування зразків при випробуванні зварного з'єднання незалежно від виду обробки відбувалося як по основному металу, так і по зоні термічного впливу з утворенням так званої «шийки» характерної для пластичних металів. Руйнування зразків при випробуванні зварного шва відбувалося у всіх випадках по зварному шву, в зоні виконаного концентратора.

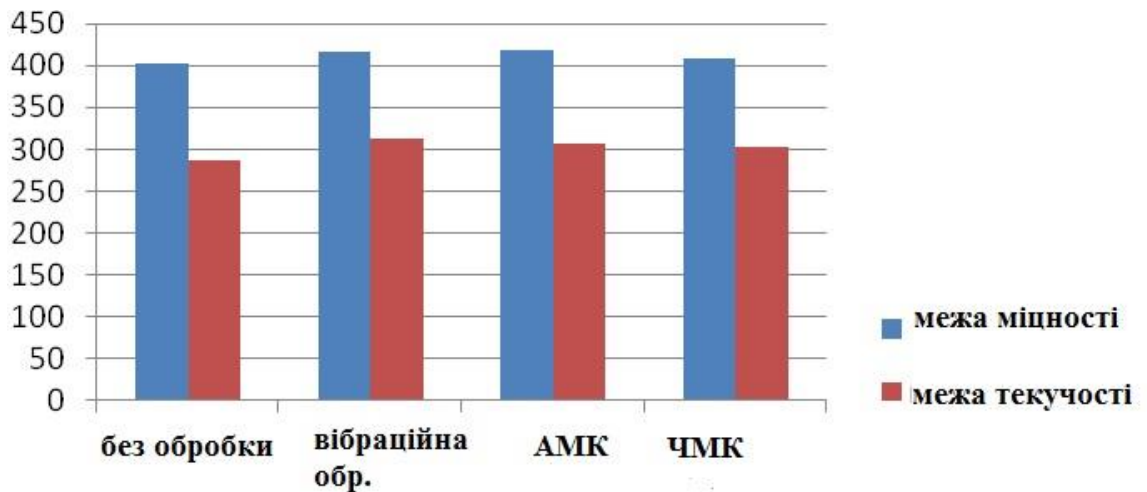


Рисунок 2.12 - Діаграма залежності межі міцності і межі текучості металу зварного з'єднання від виду обробки, МПа

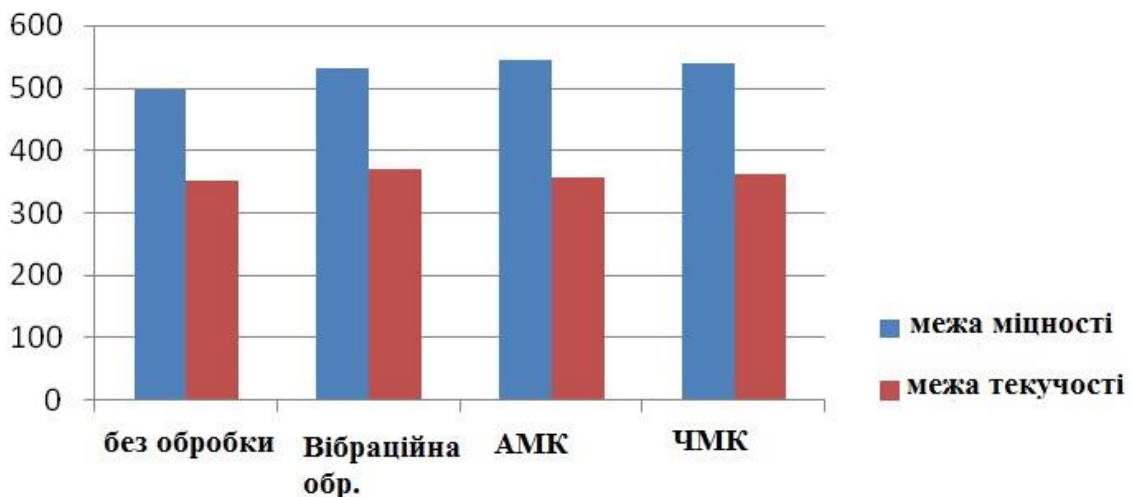


Рисунок 2.13 - Діаграма залежності межі міцності і межі текучості металу ЗТВ від виду обробки, МПа

Аналіз отриманих результатів випробувань на статичний розтяг зварних з'єднань і зварних швів показує, що віброобробка дозволяє підвищити механічні властивості, як зварного шва, так і зварного з'єднання в цілому.

2.7 Визначення твердості та ударної в'язкості металу шва в стиковому з'єднанні

Випробування металу шва в стиковому з'єднанні на ударний вигин проводилися відповідно до вимог ГОСТ 6996-66. Для визначення впливу режимів вібраційного впливу на опірність металу руйнування при ударних навантаженнях в присутності концентратора були виготовлені зразки типу VIII с U-подібним концентратором в центрі зварного шва. Випробування на ударний вигин проводили в лабораторних умовах при температурі (+ 19..22 ° С). За результатами розрахунку середніх значень ударної в'язкості зразків побудовано діаграму 3.14.

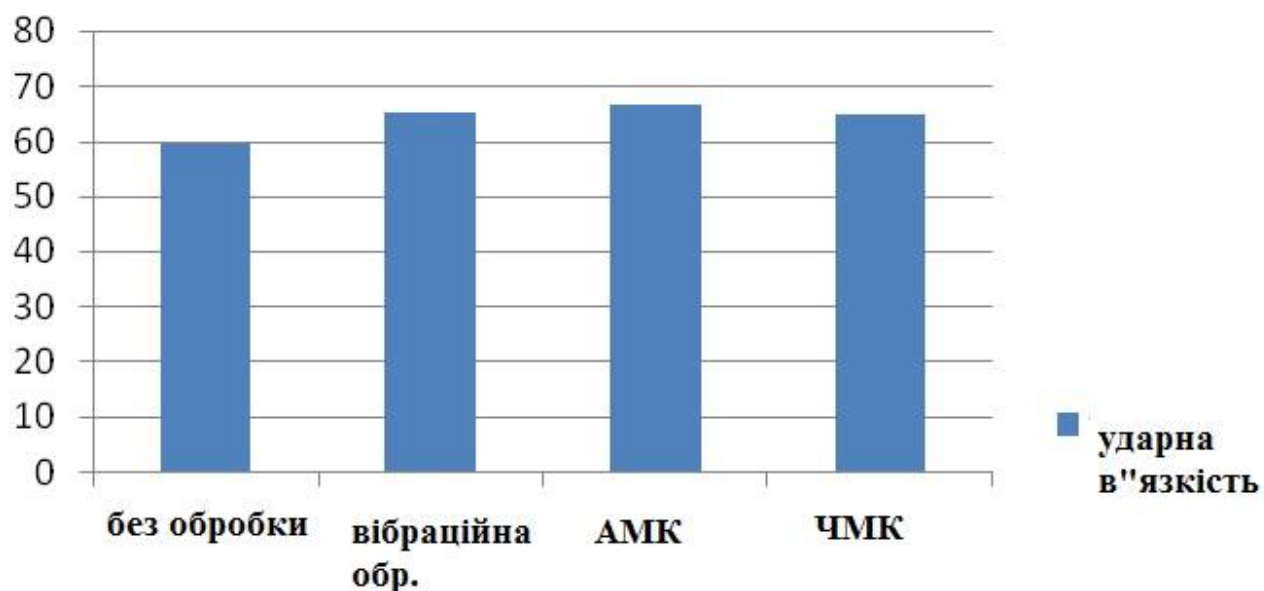


Рисунок 2.14 - Діаграма залежності ударної в'язкості металу зварного шва при температурі + 18..22 °С від виду оброблення, Дж/см²

Аналіз результатів показав незначне збільшення середнього значення ударної в'язкості зразків з U-подібним концентратором. Найбільше збільшення спостерігається при вібраційній обробці на амплітудно-модульованих режимах, зростання ударної в'язкості становить в середньому 11%.

Вимірювання твердості металу проводили на твердомірі ТН-600. Виміру піддавалися зварений шов, зона термічного впливу і основний метал.

Результати вимірів твердості приведені на рисунку 2.15.

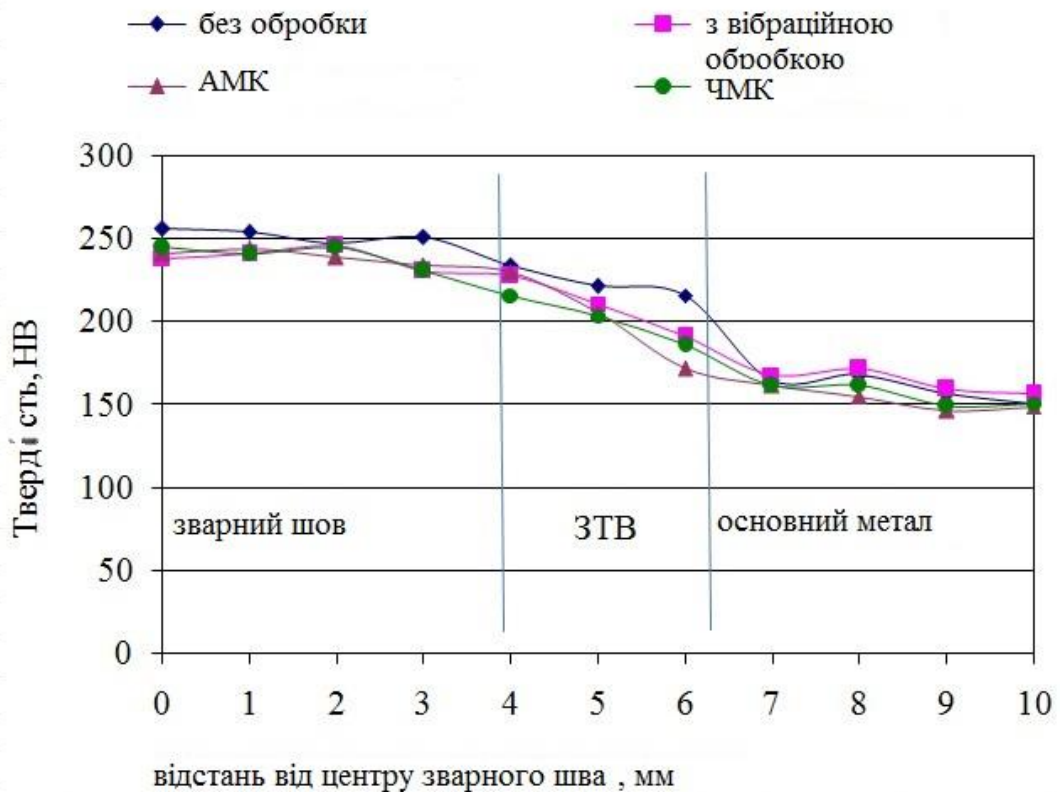


Рисунок 2.15 - Твердість металу зварного з'єднання

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що вібраційний вплив на зварювальну ванну призводить до незначного зниження твердості як в зоні термічного впливу, так і в зоні зварного шва. У всіх випадках при використанні віброобробки твердість знижується.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибір способу зварювання визначається в залежності від заданих товщини і металу деталей, конструкції вузлів чи механізмів, масштабу та характеру виробництва, задовільності якості зварних з'єднань і загальної продуктивності процесу, можливості механізації чи автоматизації виконуваного процесу, безпечності роботи, собівартості обладнання та матеріалів.

Найбільш поширеними є дугові способи зварювання плавким електродом, що мають достатньо високу універсальність і простоту виконання. До них відносять зварювання покритим електродом, напівавтоматичне та автоматичне зварювання дротом суцільного перерізу в середовищі захисних газів, під флюсом, порошковим дротом. Найбільш широко застосовується дугове зварювання суцільним дротом під флюсом та в середовищі захисних газів.

Автоматизовані способи зварювання відповідно більш продуктивні, ніж ручне зварювання покритим електродом чи напівавтоматичні види зварювання також суцільним дротом. Підвищена продуктивність автоматичних зварювальних способів досягається за рахунок їх роботи на вищих режимах зварювання, таких як сила струму чи напруга дуги. Забезпечення необхідної якості зварних з'єднань при автоматичному зварюванні досягається за рахунок автоматичного виконання плавлення та формування зварного з'єднання.

3.2 Вибір зварювальних матеріалів

Зварювальними називаються матеріали, які покликані забезпечувати можливість безперебійного протікання зварювальних процесів та дають змогу отримання якісного зварного з'єднання.

До основних зварювальних матеріалів можна віднести зварювальний дріт, захисні (активні та інертні) гази, флюси.

В даній роботі основними зварювальними матеріалами при виготовленні бака резервуара можна вважати зварювальний дріт та захисні гази (аргон, CO₂ та кисень).

При автоматичних чи механізованих способах проведення зварювання плавленням використовується присадний дріт у вигляді безперервного плавкого електрода, намотаного на спеціальні касети.

Вибір зварювального дроту в першу чергу залежить від марки металу конструкції (в нашому випадку це сталь 09Г2С). Для забезпечення утворення максимально рівномічних з основним металом швів зварювальний дріт за хімічним складом та властивостями повинен бути наближеним до складу та властивостей основного металу.

Виходячи з вищенаведеного, для задовільного зварювання сталі 09Г2С, вибираємо суцільний зварювальний дріт марки Св-08Г2С, що випускається за ГОСТ 2246-70. Хімічний склад та механічні властивості дроту марки Св-08Г2С приведені відповідно в таблиці 2.1 та 2.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С у % згідно ГОСТ 2246-70 [3, с. 45]

Марка дроту	С	Mn	Si	S	P
Св-08Г2С	0.06	1.80	0.88	0.012	0.010

Таблиця 3.2 – Механічні властивості зварювального дроту Св-08Г2С згідно ГОСТ 2246-70 [3, с. 46]

Сортамент	Розмір	Напр.	σ_B	σ_T	τ
-	мм	-	МПа	МПа	%
Св-08Г2С			540	440	30

В якості захисного газу при виготовленні резервуара для технічної води використовуємо суміш аргону, вуглекислого газу та кисню. При зварюванні застосовують вуглекислий газ високої густини вищого та першого сорту.

При зварюванні в суміші захисних газів (78% аргону + 20% вуглекислого газу + 2% кисню), ніякого розбризкування крапель в зоні зварювання не відбувається. Також при зварюванні виробів у вже готових захисних сумішах $Ar+CO_2+O_2$ покращуються також стабільність горіння дуги та відбувається забезпечення кращого формування шва, утворення дрібнодисперсної та гладкої поверхні зварного шва. Змішування газів найчастіше здійснюється на зварювальному пості.

Склад суміші, яка подається в пальник, регулюється зміною витрат газів, які входять в суміш. Витрати газу регулюються певним відповідним редуктором і вимірюються спеціальним ротаметром типу РС-3. Кожний ротаметр має бути оснащений певним графіком “витрати – поділ шкали”.

3.3 Вибір та обґрунтування параметрів режиму зварювання

Режимами зварювання називають всю сукупність характеристик зварювального процесу, що забезпечують отримання якісних зварних з'єднань заданих розмірів, якості та форми.

Основні параметри режиму будь якого механізованого зварювання в захисних газах, що мають суттєвий вплив на виконуваний шов – сила струму зварювання та його густина, напруга на дузі, швидкість зварювання, вид струму і його полярність.

Діаметр електродного дроту вибирають залежно від товщини металу в межах від 0,5 до 4 мм.

При збільшенні сили струму зварювання, збільшується також глибина проплавлення, що призводить до збільшення об'ємної частини основного металу в шві. Силу струму зварювання встановлюють залежно від підбраного діаметра електрода.

Зварювання суцільним плавким електродом виконують на зворотній полярності. При прямій полярності хочшвидкість розплавлення майже вдвічі вища, ніж при зворотній, проте дуга горить не стабільно із великою вірогідністю інтенсивного розбризкування.

Швидкість подачі електродного дроту. Швидкість подачі дроту залежить від сили струму зварювання, її встановлюють таким чином, щоб при зварюванні не могло виникнути коротке замикання чи обрив зварювальної дуги, а електрод плавився стабільно рівномірно.

Швидкість зварювання встановлюють залежно від товщини металу та умов нормального формування шва. Із підвищенням швидкості зварювання зменшуються всі геометричні розміри отриманого шва.

Швидкість зварювання може бути різна і знаходиться в межах становить 10-80 м/год.

Виліт електрода суттєво впливає на стійкість горіння дуги та розбризкування металу. Величину вильоту електродного і відстань від сопла пальника до поверхні металу обирають залежно від вибраного діаметра електродного дроту (табл. 2.5). Від того ж таки діаметра електродного дроту залежить також і витрата захисного газу.

При виготовленні ємності бака резервуара для зберігання технічної води використовується зварювання встик без розроблення кромки.

Витрати захисного газу потрібно чітко відрегулювати бо вони повинні бути мінімальними, лише достатніми для утворення надійного захисту металу розплавленої зварювальної ванни від впливу навколишнього середовища.

Розрахувавши параметри режиму автоматичного зварювання в захисному газі стикового з'єднання з маловуглецевої сталі товщиною 5 мм, отримали наступне: одnobічний шов без розроблення кромки (зазор між виробами – 1..0,5 мм; ширина шва - 10 мм; величина підсилення шва – 1,5..1 мм)

Визначаємо глибину проплавлення металу за формулою [9, с.3] , приймаючи до уваги, що зварювання одnobічне та однопрохідне:

$$h = 0,7 \cdot S, \quad (2.1)$$

де, h - глибина проплавлення, мм;
 S - товщина зварюваного металу, мм;

$$h=0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ мм.}$$

Діаметр зварювального дроту з табл.1 [9, с.4] , а марку з табл.11 [9, с.16]. Для маловуглецевих сталей товщиною 5 мм, вибираємо дріт діаметром 1,6 мм;

Розраховуємо величину зварювального струму за формулою (5) [9, с.4], взявши значення K_a з таблиці 2 [9, с.4]:

$$I_{зв} = \frac{h}{K_a}, \quad (2.2)$$

де h - розрахункова глибина проплавлення, мм;

K_a - коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, (мм/А), його величина вибирається з таблиці 2 [9, с.4].

$$I_{3\theta} = \frac{3,5 \cdot 100}{1,75} = 200 A;$$

Уточнюємо діаметр електродного дроту за формулою із врахуванням даних табл.3 [9, с.5]:

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{3\theta}}{j}}, \quad (2.3)$$

де j - рекомендована густина струму, A/mm^2 , вибрана з таблиці 3[9, с.5].

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{200}{230}} = 1,05 mm.$$

Приймаємо діаметр електродного дроту 1,6 мм.

Визначаємо величину вильоту електродного дроту з табл.5 [9, с.6] з врахуванням діаметру електродного дроту, виліт електроду приймаємо 15 мм;

Напругу на дузі рахуємо за формулою:

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot I_{3\theta}}{1000 \cdot \sqrt{d_{el}}} \pm 1; \quad (2.4)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 200}{1000 \cdot \sqrt{1,6}} \pm 1 = 30 B.$$

Розраховане значення напруги дуги також відповідає даним таблиці 4 [9, с.5]. Тепер визначаємо швидкість подачі електродного дроту з графіка рис.5 [9, с.36] і приймаємо $V_{пд}=200$ м/год; та визначаємо швидкість зварювання за формулою. Значення “А”, вибираємо з таблиці 6 [9, с.7]:

$$V_{3\theta} = \frac{A}{I_{3\theta}}, \quad (2.5)$$

де A - коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту (d_{el}) [9,с.7].

$$V_{зв} = \frac{(5...8) \cdot 10^3}{200} = 25...40 м / год.$$

Так, як головні конструктивні елементи зварного шва відомі з ГОСТу 14771-76, то швидкість зварювання можна визначити за формулою, попередньо вирахувавши площу поперечного перерізу наплавленого металу за формулою 11 [9, с.7]:

$$F_H = F_B + F_3 = \mu_b \cdot b \cdot a + h_1 \cdot e ; \quad (2.6)$$

де F_B - площа поперечного перерізу валика шва;

F_3 - площа поперечного перерізу зазору.

$$F_H = 0,5 \cdot 10 \cdot 1,5 + 5 \cdot 1 = 12,5 \text{ мм}^2;$$

$$V_{зв} = \frac{F_e \cdot V_{нд}}{F_H}; \quad (2.7)$$

де $V_{п.ел}$ - швидкість подачі електродного дроту, м/год;

$F_{п.ел}$ - площа поперечного перерізу електродного дроту, мм²;

F_H - площа поперечного перерізу наплавленого металу, мм².

$$V_{зв} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2 \cdot 200}{12,5} = 32 м / год.$$

З метою отримання даного перерізу наплавленого металу зварювання проводимо з швидкістю, визначеною за формулою (10) [9, с.7] - 32 м/год;

Далі визначаємо витрати захисного газу згідно таблиці 7 [9, с.8]. Орієнтовні витрати захисного газу і сорту за ГОСТ8050-76 повинні складати 15-20 л/хв. Відстань від сопла пальника до до виробу вибираємо рівним 8 мм (табл.7) [9, с.8];

Виконуємо звірчий розрахунок глибини проплавлення за отриманими параметрами режиму, використовуючи формулу 21 [9, с.10]:

$$h = K \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} = K \cdot \sqrt{\frac{0,24 \cdot I_{зв} \cdot U_{\partial} \cdot \eta}{V_{зв} \cdot \psi_{np}}}; \quad (2.8)$$

попередньо визначаємо коефіцієнт форми провару за формулою (19) [9, с.10]:

$$\psi_{np} = K \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{зв}) \frac{d_e \cdot U_{\partial}}{I_{зв}}; \quad (2.9)$$

де K - коефіцієнт, який залежить від роду струму, густини і полярності.

$$\psi_{np} = 0,92(19 - 2) \cdot \frac{1,6 \cdot 30}{200} = 3,7.$$

$$h = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{0,24 \cdot 200 \cdot 30 \cdot 0,9}{0,32 \cdot 3,7}} = 0,514 \text{ см} = 5,14 \text{ мм}.$$

Так, як величина проплавлення (h) перевищує товщину зварюваного металу S , то параметри режиму залишаємо без зміни.

Геометричні параметри шва в даному випадку не розраховуються тому, що вони задані ГОСТом.

Таблиця 2.3 – Параметри режиму автоматичного зварювання сталевих листів встик без розробки кромки у захисному газі

Товщин а металу, мм	Ширин а зазору, мм	Кількіс ть шарів	Діамет р дроту, мм	Сила зварювальног о струму, А	Напруг а дуги, В	Швидкість зварювання , м/год.	Витрат и газу, л/хв.
5,0	1	1	1,6	200	30	32	15-20

3.4 Вибір та обґрунтування зварювального устаткування

Для зварювання баку резервуара використовується автомат самохідний підвісного типу А-1417 що призначений для електродугового зварювання в середовищі захисних газів, для проведення зварювання виробів різної формою та розмірів. Автомат А-1417 розрахований на тривалу роботу і може використовуватись, як самостійна одиниця, так і бути частиною автоматичної лінії для зварювання.

Головною особливістю даного автомату є його придатність для виконання дугового зварювання більшості типів швів. Автомат А-1417 має достатньо широкий діапазон регулювання головних режимів зварювання, а також можливість швидкого переналаштування при необхідності зміни технології. Технічна характеристика автомату А-1417 представлена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Характеристика автомату А-1417

Найменування параметру		Значення
Номінальна напруга сітки живлення, В		380
Захист зони зварювання		(Ar+CO ₂ +O ₂)
Номінальна частота, Гц		50
Електродний дріт	Діаметр, мм	1,0-1,6
	Швидкість подачі, м/г	75-960
Номінальний зварювальний струм при ПВ=60%, і продовжаності циклу 10 хв, А		315
Границі регулювання зварювального струму, А		50-315
Джерело живлення		ВДГ-303
Витрати захисного газу л/год		500-960

Для живлення даного автомата доцільно використовується випрямляч типу ВДГ-303, призначений для комплектації таких

зварювальних автоматів для зварювання виробів та конструкцій в середовищі захисних газів використовуючи плавкий електрод.

Випрямляч зварювальний ВДГ – 303 явля собою усановку, що перетворює енергію трифазної мережі змінного струму в енергію постійного струму та створює необхідні зовнішні характеристики з можливістю регулювання зварювальної напруги у встановлених межах.

Таблиця 2.5 - Характеристика випрямляча ВДГ-303

Найменування параметру	Значення
Номінальна напруга, В	380
Номінальна частота, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А	315
Границі регулювання струму, А	50-325
Границі регулювання робочої напруги, В	16-40
Первинна потужність, кВт, не більше	21
Напруга ХХ, В, не більше	60

3.5 Вибір методу контролю якості виробу

Для контролю зварних швів баку резервуара використовують так званий метод газової проби. В процесі випробування газом баку резервуара на щільність, один бік шва забілюють крейдою, а другий змочують газом та слідкують чи на забіленій крейдою поверхні зварного шва з'являються темні газові плями, що буде свідчити про наявність у шві наскрізних дефектів.

Також, враховуючи що резервуар призначено для зберігання води його також перевіряють на герметичність. Бак наповнюють будь якою робочою рідиною під певним тиском, та залишають на певний визначений

час. За результатах манометра, встановленого на виробі роблять висновки про якість зварного виробу, якщо по часі випробувань тиск залишився незмінним - виріб герметичний.

3.6 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії

В залежності від маси наплавленого металу, визначаємо витрати електродного дроту за формулою [8, с.213]:

$$Q = a \cdot F \cdot L \cdot \gamma, \quad (2.10)$$

де a – коефіцієнт витрат електродного дроту на розбризкування, $a = 1,15$;

F - площа поперечного перерізу шва, м²;

L - довжина шва, м.

Довжина всіх швів становить 7,78 м .

Тоді

$$Q = (1,15 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 22,77 \cdot 7800) = 1,634 \text{ кг.}$$

Нормування витрат захисного газу на виріб визначаємо за формулою [8, с.213]:

$$H = Q_{\Gamma} \cdot L + Q_{\text{доо}}, \quad (2.11)$$

де Q_{Γ} – питома норма витрат газу на 1 м шва, л;

L – довжина шва, м;

$Q_{\text{дод}}$ – додаткові витрати газу на підготовчо-завершальні операції: продування газових комунікацій перед початком зварювання, захист зварювальної ванни після закінчення зварювання, $Q_{\text{дод}}=0,8$ л.

Питому норму витрат газу обчислюємо за формулою [12, с.541]:

$$Q_{\Gamma} = q_2 \cdot t_0, \quad (2.12)$$

де q_2 – витрати захисного газу, л/хв;

t_0 – основний час зварювання 1 м шва, хв/м.

Основний час зварювання визначаємо за формулою [12, с.541]:

$$t_0 = \frac{60}{V_{\text{зв}}}, \quad (2.13)$$

де $V_{\text{зв}}$ – швидкість зварювання, м/год;

Основний час зварювання шва:

$$t_0 = \frac{60}{32} = 1,87 \text{ год.}$$

Підставивши (2.15) у (2.14), отримаємо питому норму витрат газу на 1 м шва:

$$Q_{\Gamma} = (16 \cdot 0,24) = 3,84 \text{ л/м.}$$

Отже, норма витрат захисного газу рівна:

$$H_{\Gamma} = (3,84 \cdot 7,78 + 0,8) = 30,68 \text{ л.}$$

Витрати електроенергії на погонну довжину шва 1м при механізованому зварюванні визначаємо за формулою [10, с. 74]:

$$A = \frac{0,001 \cdot U_{\partial} \cdot I_{зв}}{\eta \cdot V_{зв}}, \quad (2.14)$$

де U_{∂} – напруга на дузі, В;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, А;

η - коефіцієнт корисної дії установки;

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

При виконанні швів питомі витрати електроенергії становлять:

$$A = \frac{0,001 \cdot 30 \cdot 200}{0,75 \cdot 32} \approx 0,25 \text{ (кВт·год)/м.}$$

Загальні витрати електроенергії для виготовлення компресора визначаємо як добуток питомих витрат електроенергії на довжину шва:

$$Q = 0,25 \cdot 7,78 = 1,95 \text{ (кВт год).}$$

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір типу пристосувань для виготовлення резервуару

Для складання та зварювання технологічних складових одиниць використовують так звані складальні кондуктори, а складальну одиницю складають і зварюють у стапелі.

Складальний кондуктор - пристрій, що складається із площинної чи просторової рами, на якій розміщені установчі та затискні елементи.

Враховуючи особливості технологічного процесу, для виготовлення компресора використовуємо складально-зварювальне обладнання, установку для складання і автоматичного зварювання обичайки резервуара (дивись графічну частину лист 1); установку для складання та автоматичного зварювання обичайки резервуара із днищами (дивись графічну частину лист 2).

При чому якість зварювання буде суттєво вищою, тому що зварювання проводиться безпосередньо після складання, і зварювана конструкція не зазнає перевстановлень чи проміжного транспортування.

4.2 Обґрунтування вибору баз при виготовленні баку

У серійному виробництві різних тонкостінних ємностей складання кільцевих стикових з'єднань може виконуватись без використання спеціальних проточок чи підкладних кілець. Для виготовлення таких зварних конструкцій, як правило, використовують спеціалізоване устаткування (переважно, складально-зварювальні автоматичні лінії).

Для встановлення довгих циліндричних заготовок, як в нашому випадку, застосовуються призми з короткими контактуючими поверхнями. Точність встановлення призми в пристрої забезпечується

контролюючими штифтами які до корпусу пристрою призми закріплюються за допомогою гвинтів.

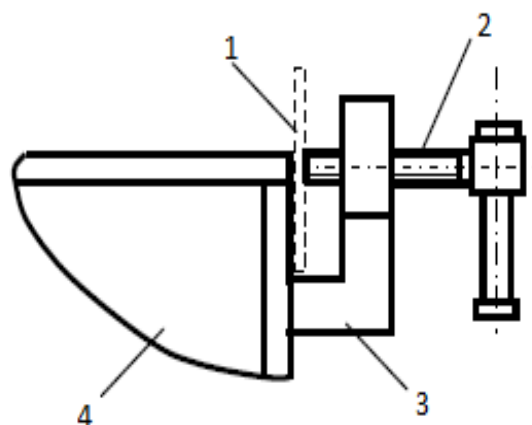
Враховуючи циліндричну форму резервуара, в нашому випадку доцільно використовувати саме таке - призматичне базування.

4.3 Вибір типу затискних елементів складально-зварювальних пристосувань та їх розрахунок

Затискні елементи чи механізми, до яких відносяться притискачі та затискачі, призначені для закріплення деталей зварного виробу в процесі складання і зварювання його в даному пристосуванні.

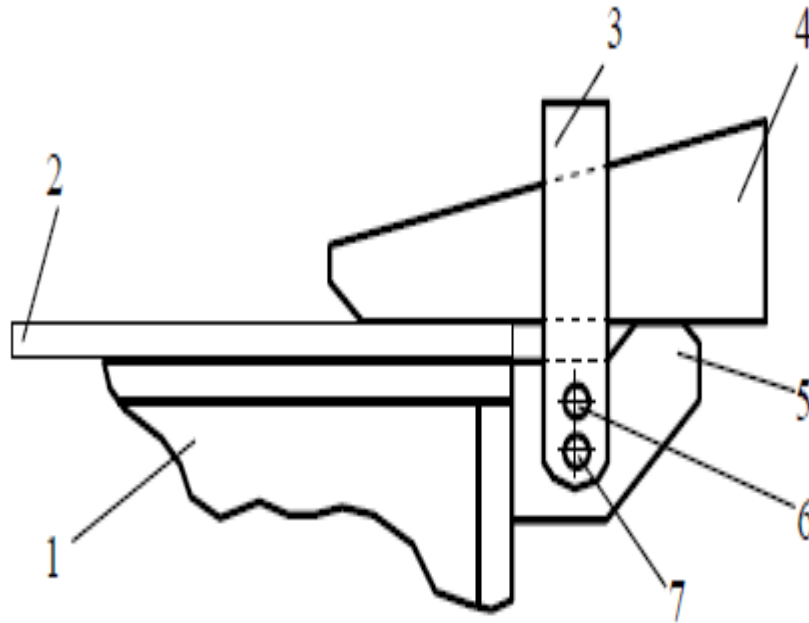
Притискачі можуть бути як ручними так механізованими. Ручні поділяють на клинові (рис.4.1), гвинтові (рис.4.2), ексцентрикові (рис.4.3), важільні (рис.4.4).

За видом свого приводу механізовані притискачі поділяються на пневматичні, гідравлічні, пневмо-гідравлічні, електромагнітні, з постійним магнітом. В деяких випадках притискачі об'єднують з упорами або фіксаторами і виконують у вигляді комплексного вузла.



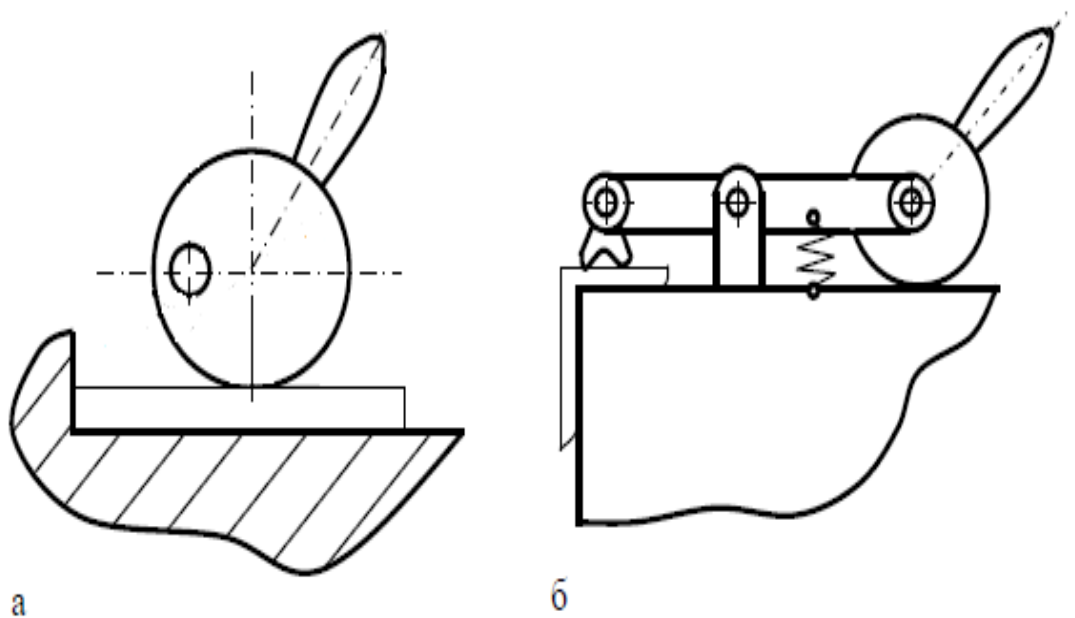
1-заготовка; 2-гвинт; 3-кронштейн; 4-рама стенда.

Рисунок 4.1- Загальний вигляд гвинтового притискача



1-стенд; 2-заготовка; 3-скоба; 4-клин; 5-опорна планка; 6-штир; 7-вісь.

Рисунок 4.2 – Загальний вигляд клинового притискача з відкидною скобою



а-безпосередньої дії; б-важільно-ексцентриковий.

Рисунок 4.3 – Загальний вигляд ексцентрикового притискача

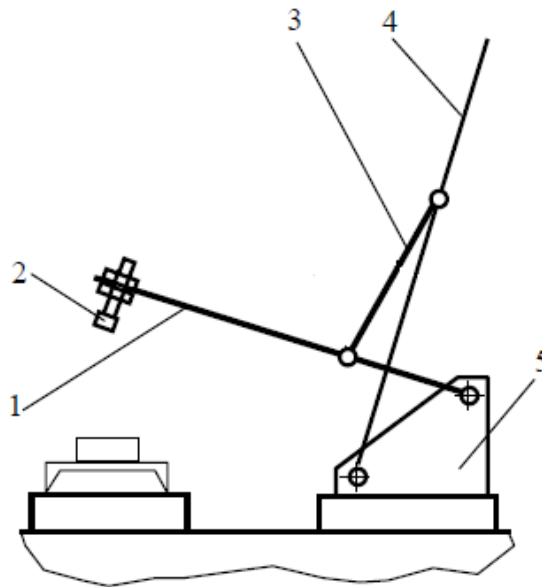


Рисунок 4.4 – Схема ручного важільно-шарнірного притискача

Притискачі з механізованим приводом, мають у порівнянні з ручними деякі суттєві переваги: створюють значно більше притискне зусилля; високу швидкодію; дають можливість дистанційного керування та розташування їх у важкодоступних місцях; можливість одночасного вмикання кількох притискачів.

Гвинтові притискачі дуже універсальні, вони надійні в експлуатації, мають максимально просту конструкцію і значно менші зусилля, що прикладаються по відношенню до виробу. Поряд з притискачами використовують також важільні затискачі з пневмоприводом.

Пневмопритискачі забезпечують достатнє складальне зусилля та швидке закріплення і вивільнення вузлів та виробів, які складаються.

Розрізняють три основні різновиди пневматичних притискачів:

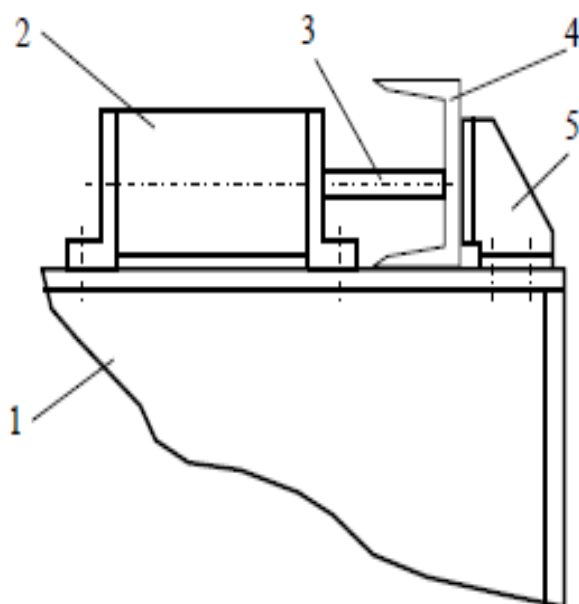
- а) пневматичні циліндри односторонньої чи двосторонньої дії;
- б) пневматичні камери (або діафрагмові камери);
- в) пневматичні шланги.

У складально-зварювальних пристроях використовуються пневматичні притискачі безпосередньої дії та пневматично-важільні системи.

Найбільше розповсюдження пневматично-важільних систем пов'язане з їх можливістю дозувати складальні зусилля та величину переміщення будь яких робочих органів. Переваги пневматичних притискачів це їх загальна доступність, завдяки наявності на всіх виробництвах та заводах мережі стисненого повітря; порівняна простота конструкції; значна швидкодія; чіткість та надійність у роботі; зручність керування.

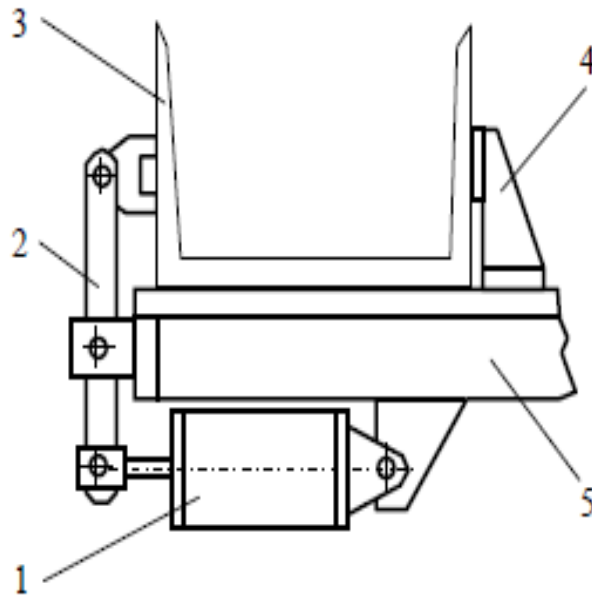
Недоліками пневматичних опритискачів можна вважати деяку складність регулювання швидкості ходу; необхідність очищення повітря від вологості; обмеженість величини сили на штоці в межах 20-30 кН; достить високу шумність роботи.

Приклади застосування у складально-зварювальних пристроях різних пневматичних притискачів з пневмоциліндрами, пневмокамерами та пневмошлангами наведені на рисунках 4.5-4.7.



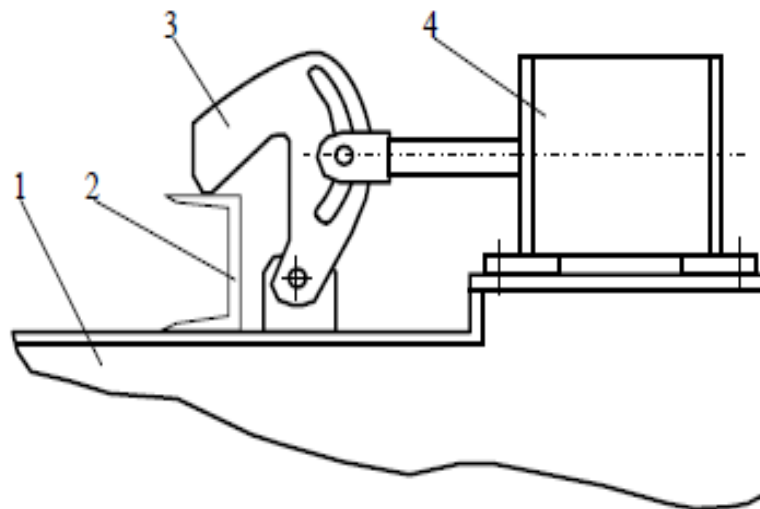
1-рама станда; 2-пневмоциліндр; 3-шток; 4-заготовка; 5-упор.

Рисунок 4.5 – Загальний вигляд пневмотритискача прямої дії



1-пневмоциліндр; 2-важіль; 3-заготовка; 4-упор; 5-рама стенда.

Рисунок 4.6 – Загальний вигляд пневмоважільного притискача



1-рамастенда; 2-заготовка; 3-важіль; 4-пневмоциліндр.

Рисунок 4.7 – Загальний вигляд пневмо-важільного притискача

Притискачі трохи відрізняються від складальних затискачів тим, що їх зусилля направлене з одного боку, тобто вони притискають деталі чи до упорів чи до інших деталей. Затискачі ж відповідно затискають деталь

з двох протилежних боків. Затискачі мають мінімум дві робочі поверхні, розташовані одна навпроти іншої.

З технологічних міркувань для встановлення, фіксування та закріплення в пристосування частин резервуара використовуємо постійні упори, відвідні технофіксатори та притискачі й затискачі з пневматичним приводом.

Вмикання пневматичних силових приводів здійснюється за допомогою так званих кранів (золотників). Пневматичні циліндри односторонньої дії обладнані триходовими кранами, пневмоциліндри двосторонньої дії - чотириходовими.

Пневмопровід для живлення пневмоциліндрів повинен бути потрібного діаметру. Падіння тиску в середині нього допустиме не більше як на десять відсотків.

Пневматичні приводи живляться стисненим повітрям, ретельно очищеним від пилу та вологості, що суттєво підвищує їх надійність та термін експлуатації.

Якщо пристосування має декілька пневматичних циліндрів, то їх спрацьовування відбувається одночасно, або у заданій послідовності.

В таких випадках необхідно забезпечити один кран. Для боротьби із шумом, спрацьоване повітря випускають в глушники.

Закріплення складальних одиниць нашого виробу здійснюється за допомогою пневматичних затискачів.

З метою забезпечення необхідного зусилля притискання та задля більш якісного та чіткого закріплення зварювальних одиниць, проводяться розрахунки пневмоциліндрів.

Основними параметрами пневмоциліндрів є внутрішній діаметр D і хід поршня L . Діаметр D визначається в залежності від необхідного зусилля. Для пневмоциліндра двосторонньої дії зусилля на штоку P і діаметр D знаходяться в наступній залежності (при виштовхуванні поршня з пневмоциліндра):

$$P = \frac{p \cdot F}{\eta}, \quad (4.1)$$

де p – тиск повітря в пневмоциліндрі, МПа ($p = 0,4$ МПа [15, с.105]);
 F - площа поршня (з боку, протилежному штоку), мм ;
 η – коефіцієнт корисної дії ($\eta=0,08$, [15, с,105]).

Для визначення необхідного зусилля на штоці P , складаємо рівняння моментів сил:

$$-P \cdot 160 + P_1 \cdot 112 = 0, \quad (4.2)$$

де P_1 - необхідне зусилля притискання деталі, МПа,

З даного рівняння визначаємо необхідне зусилля на штоці поршня:

$$P = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 112}{160} = 1400 \text{Н} \quad (4.3)$$

З формули (4.1) знаходимо необхідний діаметр пневмоциліндра:

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1400}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,8}} \approx 64,76$$

Заокруглюючи знайдений результат до найближчого стандартного значення приймаємо $D = 65$ мм.

4.5 Опис конструктивних схем пристосувань

Складально зварювальна установка складається із зварювальної автоматичної головки типу А-1417. Пересування такого апарату здійснюється по направляючій рельсі за допомогою самохідного візка або направляючої колони. Установка для складання та автоматичного зварювання обичайки баку резервуара забезпечує надійне закріплення виробу для проведення зварювання пневматичними циліндрами, які закріплюються на спеціальних стійках, такими стійками ролико-опорними та рухомим важелем, який відповідно приводиться в дію пневматичним циліндром.

Обертання обичайки компресора під час зварювання здійснюється роликами на роликоопорах.

Плоскі круглі листові заготовки для виготовлення фіксуються для зварювання із обичайкою ємності баку резервуара за допомогою пневматичного циліндра та рухомої бабки на валу.

Після проведення процесу зварювання баку резервуара пневмоциліндрами забезпечується вивільнення готової конструкції та переміщення по нахиленому столі.

Автоматична установка для приварювання днищ до корпусу обичайки резервуара теоретично може мати наступний вигляд.

4.7 Опис системи змішування газів

Існує велика кількість різноманітних зварювальних захисних сумішей газів, призначених для зварювання різних типів сталей та сплавів. Треба не забувати що в деяких сумішей невеликий строк придатності до роботи і вони можуть розкладатися чи випаровуватися,

тому необхідно використовувати газові змішувачі (принципова схема на рис. 4.11)

Газові змішувачі служать для отримання захисної газової суміші із заданим відсотковим співвідношенням змішаних захисних газів.

Газові змішувачі можуть бути різних типів:

- призначені для одного зварювального робочого місця або призначені для великої кількості робочих місць;
- які змішують тільки два гази; змішують три гази та ін..

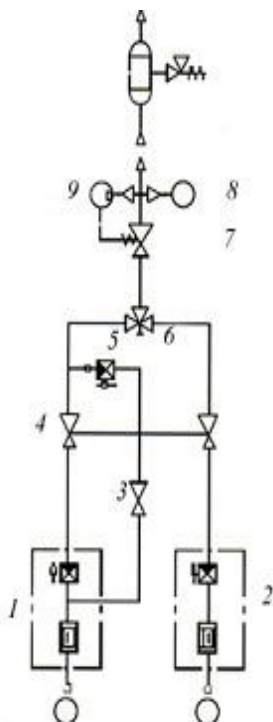


Рисунок 4.11 Принципова схема двокомпонентного газового змішувача

Найчастіше, в спеціальних газових змішувачах використовується принцип підмішування одного якогось компонента суміші до іншого (або іншим) за умови вирівнювання тиску всіх компонентів. Часто застосовуються дво-, три- та чотирикомпонентні змішувачі.

Розглянемо роботу двокомпонентного змішувача як найбільш простого у використанні. Змішувані гази (суміш аргону, вуглекислого гаузу та кисню що найчастіше використовувані в захисних сумішах)

подаються у вхідні камери (1) і (2), що мають попередні регулятори вхідного робочого тиску і вбудовані захисні фільтри. Із вхідних камер компоненти надходять в двокамерний головний редуктор (4), де, з високою точністю, й відбувається остаточне вирівнювання тиску компонентів суміші.

Після вирівнювання тиску всі компоненти поступають в блок змішування (6); при цьому регулятор пропорції змішуваних газів (5) чітко контролює відсоткове співвідношення компонентів суміші за допомогою так званого регулятора пілотного газу (3). Пілотним газом називають один з газових компонентів захисної суміші, що використовується в процесі змішування і виступає в ролі наповнювача в двокамерних редукторах вирівнювання тиску. Надходження компонентів суміші в блок для змішування здійснюється через спеціальні отвори, що відповідно калібруються, і розмір яких точно відповідає типу кожного компоненту.

Потім через спеціальний електро-магнітний клапан (7) суміш поступає в регулятор (9), який врівноважує перепади тиску і подається в буферну ємність а звідти для подачі в магістральну мережу. Манометр-витратомір (8) відображає велечину тиску і витрати готової суміші на виході змішувача.

Система особливої сигналізації змішувача, яка працює спільно з реле тиску, контролює рівень тиску газів на вході в змішувач. Сигналізація спрацьовує в тому випадку крівень тиску хоч би одного із змішуваних газів падає нижче встановленого мінімуму. При цьому спрацьовує автоматичний вимикач і змішувач вимикається.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Мікроклімат виробничих приміщень

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність здійснює мікроклімат у виробничих приміщеннях, під яким розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючою на організм людини сукупністю температури, вологості, руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь.

Параметри мікроклімату справляють безпосередній вплив на самопочуття людини та його працездатність.

Вплив температури повітря на середню продуктивність праці надано графічно на рисунку 6.1 [22, с. 96]:.

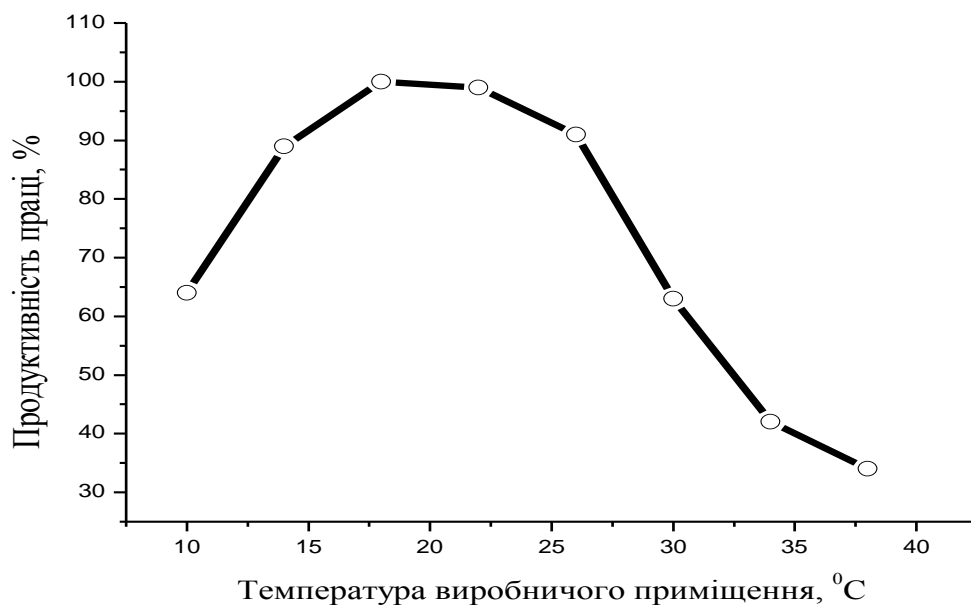


Рисунок 6.1 – Вплив температури повітря на продуктивність праці

На сьогодні основним нормативним документом що визначає параметри мікроклімату є ГОСТ 12.1.005-88 „Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны” та СН 4086-86 „Санитарные нормы микроклимата производственных помещений”.

Створити оптимальні метеорологічні умови на ділянці можна наступними заходами та засобами:

- удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- раціональне розміщення технологічного устаткування;
- раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря;
- раціоналізація режимів праці та відпочинку;
- застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів;
- використання засобів індивідуального захисту.

Раціональна вентиляція є найбільш розповсюдженим способом нормалізації мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене або нагріте повітря та подати свіже. Вентиляція класифікується за такими ознаками:

- за способом переміщення повітря — природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно);
- за напрямком потоку повітря — припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем дії – загальнообмінна, місцева, комбінована.

Наявність пилу та газів, які виділяються при електронно-променевому зварюванні негативно впливає на здоров'я людей, працюючих на ділянці.

Запиленість та загазованість повітря робочої зони регламентується згідно з НАОП 1474-4.08-78 «Вентиляція та опалення цехів».

Приміщення, у яких проходить електронно-променеє зварювання оснащені припливно-витяжною вентиляцією не менш ніж з трьохкратним обміном .

5.2 Пожежна безпека

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція, Закон України „Про пожежну безпеку”, та інші закони України, постанови Верховної Ради України, укази та розпорядження Президента України, дикрети, постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України, рішення органів державної виконавчої влади, місцевого та регіонального самоврядування, прийняті в межах їх компетенції. Забезпечуючи пожежну безпеку слід також керуватись Правилами пожежної безпеки в Україні, стандартами, будівельними нормами. Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), нормами технологічного проектування та іншими нормативними актами, виходячи із сфери їх дії, які регламентують вимоги пожежної безпеки.

Основним нормативним документом, що регламентує вимоги щодо пожежної безпеки є Закон України „Про пожежну безпеку”, прийнятий ще 17 грудня 1993 року. Цей Закон визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

Для успішного проведення протипожежної профілактики на підприємствах важливо знати основні причини пожеж. На основі статистичних даних можна зробити висновок, що основними причинами пожеж на виробництві є:

- необережне поводження з вогнем;

- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення, правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;
- несправність опалювальних приладів та порушення правил їх
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

5.3 Запобіжні заходи при виникненні техногенних небезпечних ситуацій на підприємстві

Техногенні надзвичайні ситуації пов'язані з виробничою діяльністю людини і можуть протікати з забрудненням та без забруднення навколишнього середовища. Найбільшу небезпеку в техногенній сфері становлять транспортні аварії, вибухи і пожежі, радіаційні аварії, аварії з викидом аварійно хімічно небезпечних речовин та ін.

Наростання ризику виникнення техногенних надзвичайних ситуацій обумовлено тим, що в останні роки в найбільш відповідальних галузях потенційно небезпечні об'єкти мають вироблення проектного ресурсу на рівні 50-70%, іноді досягаючи передаварійного рівня. У техногенній безпеці є й інші спільні риси неблагополуччя: зниження рівня професійної підготовки персоналу підприємств промисловості, виробничої та технологічної дисципліни; поширені технологічна відсталість виробництва і низькі темпи впровадження безпечних технологій. Показники ризику виникнення надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах в Україні перевищують показники прийнятних ризиків, досягнутих у світовій практиці.

Всі вони представляють потенційну небезпеку у разі виникнення на них аварій і катастроф, що супроводжуються викидами хімічних, радіоактивних та інших небезпечних речовин.

Техногенна надзвичайна ситуація - це стан, при якому внаслідок виникнення джерела техногенної надзвичайної ситуації на об'єкті, визначеній території або акваторії порушуються нормальні умови життя і діяльності людей, виникає загроза їх життю і здоров'ю, наноситься шкода майну населення, народному господарству та навколишньому природному середовищі. Розрізняють техногенні надзвичайні ситуації за місцем їх виникнення і за характером основних вражаючих чинників джерела надзвичайної ситуації.

ВИСНОВКИ

В даній роботі запропоновано вдосконалені технологію та складально-зварювальне устаткування для виготовлення резервуара, проведено дослідження властивостей зварних з'єднань, а саме – проведено дослідження впливу різних видів вібраційної обробки зварних з'єднань на різних стадіях формування металу шва та зони термічного впливу на мікроструктуру шва та біля шовної зони та механічні властивості зварних конструкцій в цілому.

Доведено доцільність використання регульованих видів вібраційної обробки, а саме амплітудно- та частотно-модельованих коливань, на формування щільної дрібнозернистої та однорідної структури металу зварювальної ванни, шва і зони термічного впливу.

У дипломній роботі також рекомендується проведення заходів для зменшення впливу шкідливих факторів, які діють у спроектованій ділянці на здоров'я працюючих, що дає змогу підвищити безпеку праці, попередити виробничий травматизм та професійні захворювання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Марочник сталей и сплавов [Текст] / Под ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
- 2 Теория сварочных процессов [Текст]/ Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
- 3 Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учеб. для вузов [Текст] / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич; [Ред. изд. Т.Е. Черешнева]. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
- 4 Александров О.Г. Проектування та експлуатація обладнання для дугового зварювання [Текст]: навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк. – Львів: Новий світ – 2000, 2011. – 312 с.
- 5 Биковський О.Г. Довідник зварника [Текст] / О.Г.Биковський, І.В. Піньковський. – К.: Техніка, 2002. – 336 с.
- 6 Лукьянов В.Ф. Изготовление сварных конструкций в заводских условиях [Текст]/ В.Ф. Лукьянов, В.Я. Харченко, Ю.Г. Людомирский. – Ростов н/ Д.: Феникс, 2009. – 315 с.
- 7 Федоренко Г.А. Контроль качества материалов и сварных соединений: Учебно-методическое пособие [Текст] / Г.А. Федоренко, И.В. Иванова. - СПб.: Изд-во ПИМаш, 2009. – 121 с.
- 8 Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. [Текст]. – Введений з 01.07.1996. – К.: Держстандарт України, 1995. - 36 с.
- 9 Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К. КВІЦ, 2012. – 896с.

- 12 Щокін В.А. Технологічні основи зварювання плавленням: навчальний посібник [Текст] / В.А. Щокін.- Ростов н / Д.: Фенікс, 2009. - 345 с.
- 13 Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.
- 14 Сварочные приспособления. [Текст] /. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г – ЮТИ ТПУ – 2008 – 95с.
- 15 Шпак Р. І. Техніко–економічне обґрунтування інженерних рішень: методичні вказівки до виконання організаційно–економічної частини дипломних проектів [Текст] / Р.І. Шпак.– Тернопіль, 2006.–29с.
- 16 Производство сварных конструкций: учебное пособие [Текст] / Н.А. Азаров.
Томск: ТПУ, 2010. – 141 с.
- 17 Жидецький В. Ц. Основи охорони праці [Текст] / В. Ц. Жидецький. - Львів:
Афіша, 2002. - 320 с.
- 18 Голінько В.І. Основи охорони праці. – Д.: НГУ, 2010. - 271 с.
- 19 Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 438 с.
- 20 Юрченко Л. І. Екологія. Навчальний посібник. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», Центр навчальної літератури, 2009. – 304 с.

ДОДАТКИ