

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на
тему: Обґрунтування параметрів технологічного процесу

виготовлення резервуару для зберігання мінеральних добрив з
моделюванням його напружено-деформованого стану

Виконав(ла): студент(ка) _____ курсу, групи _____
спеціальності _____ 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

_____ Мирзаєв І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Підгурський М.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Окіпний І.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему: " Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення резервуару для зберігання мінеральних добрив з моделюванням його напружено-деформівного стану" складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 89 аркушів формату А4 і графічної частини об'ємом 7 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких частин: аналітична, технологічна, дослідницька, конструкторська, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Для висвітлення питань, які розглядаються у кваліфікаційній роботі, розрахунково-пояснювальна записка містить 34 рисунків, 26 таблиць, 1 додаток. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 18 першоджерел.

Дослідження з моделюванням напружено-деформівного стану були проведені в програмному комплексі SolidWorks, які показали, що максимальне значення нормальних напружень $\sigma_{\max} = 138 \text{ МПа}$ менше за границі текучості на 1,6 рази, а коефіцієнт концентрації напружень необроблених стикових швів не перевищує $\alpha_k = 1.5$, то умова міцності виконується. Прогини резервуара при заповненні його рідиною становить 1 мм при довжині 15000 мм.

Проведені дослідження шляхом моделювання напружено-деформівного стану та прийняті інженерно-технологічні рішення дозволили вдосконалити технологію виготовлення зварного резервуара та покращити окремі показники технологічного процесу.

В роботі обґрунтовано параметри технологічного процесу зварювання резервуарів та запропоновано нове і модернізовано існуюче зварювальне пристосування, які дозволяють підвищити продуктивність виробництва та підвищити якість конструкції.

Ключові слова: АВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ФЛЮС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ ЗВАРЮВАННЯ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН, СТАТИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 6 |
| 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА..... | 8 |
| 1.1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ЗВАРНОГО ВИРОБУ. | 8 |
| 1.2 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ЗВАРНОГО ВИРОБУ..... | 10 |
| 1.3 ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНОГО ВИРОБУ. | 13 |
| 1.5 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНОГО ВИРОБУ..... | 17 |
| 2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА | 23 |
| 2.1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗВАРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБУ..... | 23 |
| 2.2 МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ОБОЛОНКИ РЕЗЕРВУАРУ. ... | 29 |
| 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА..... | 41 |
| 3.1 ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ЗВАРЮВАННЯ. | 41 |
| 3.2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕЗЕРВУАРУ..... | 56 |
| 3.3 НОРМУВАННЯ ВИТРАТ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ..... | 59 |
| 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА..... | 63 |
| 4.1 РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНИХ ЗУСИЛЬ ПРИТИСКАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗВАРНОГО ВИРОБУ..... | 63 |
| 4.2 РОЗРАХУНОК ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ НА МІЦНІСТЬ..... | 72 |
| 4.3 ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ЗВАРЮВАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ ТА ОПИС ЇХ РОБОТИ..... | 73 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 78 |
| 5.1 ОХОРОНА ПРАЦІ..... | 78 |
| 5.1.1 ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗГІДНО ВИМОГ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ..... | 78 |
| 5.1.2 РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЯЮЧОГО ПРИСТРОЮ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ | 80 |
| 5.1.3 ВИМОГИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ГАСІННІ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК..... | 82 |
| 5.2 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... | 84 |
| 5.2.1 ЗАХИСТ ЛЮДЕЙ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ ... | 84 |
| 5.2.2 ПРОВЕДЕННЯ РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ | 85 |
| ВИСНОВКИ..... | 86 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ | 87 |
| ДОДАТКИ..... | 89 |

ВСТУП

Підвищення ефективності та вдосконалення виробництва, зростання механізації та автоматизації виробничих процесів, підвищення якості продукції, широке застосування в народному господарстві нових досягнень науки і техніки - всі ці заходи ефективно впроваджуються в даний час у зварювальне виробництво.

Своєму широкому впровадженню зварювання зобов'язане такими перевагами перед іншими технологічними процесами, які використовуються для отримання нероз'ємних з'єднань:

- зниження вартості конструкцій із зварними з'єднаннями, у порівнянні з вартістю клепанних з'єднань;
- економія часу і робочої сили;
- можливість отримання щільних зварних з'єднань;
- можливість раціоналізувати форму конструкцій;
- покращення умов праці, особливо при використанні механізованих та автоматизованих способів зварювання;
- з'явилась нова можливість відновлення спрацьованих деталей і вузлів, виправлення дефекту литва.

Забезпечення високої якості продукції вимагає вдосконалення технічної бази виробництва і суттєвого покращення оснащення виробників новими видами обладнання, а також розроблення і освоєння передових технологій.

Необхідні невідкладні заходи за вдосконаленням системи управління виробничими процесами, розроблення і промислового освоєння нової техніки підвищення ефективності роботи науково-технічних організацій.

Розроблена нова техніка повинна бути не тільки технічно вдосконаленою, але і економічно вигідною. Кожен об'єкт нової техніки повинен мати чітку оцінку ефективності його розроблення, виробництва та експлуатації, а всі прийняті науково-технічні рішення повинні бути економічно доцільними.

Процес зварювання складний, особливо якщо взяти до уваги велику кількість способів зварювання, які засновані на використанні різних фізичних

явищ. Всі існуючі способи зварювання можуть бути розділені на дві основні групи: зварювання тиском (контактне, газопресове, тертям, холодне, ультразвукове) і зварювання плавленням (газове, термічне, електродугове, електрошлакове, електронно-променеве, лазерне).

Найбільше розповсюдження отримали різноманітні способи електродугового зварювання плавленням, але провідне місце для зварювання відносно великих розмірів займає електродугове зварювання під флюсом, яке використовується в даному дипломному проекті, джерело теплоти якого є електрична дуга.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції зварного виробу.

Зварними конструкціями оболонкового типу вважаються ємності для зберігання і технологічного оброблення рідин — нафти, нафтопродуктів, скраплених газів, аміаку, кислот, спиртів, води тощо; ємності для зберігання, змішування і вирівнювання складу газів, для регулювання їх витрати і тиску; спеціальні конструкції металургійної, хімічної та інших галузей промисловості; ємності для зберігання і перевантаження сипучих матеріалів – руди, вугілля, піску, цементу, тощо; ємності, що працюють під тиском. [1]

В роботі розглядається питання обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення горизонтального циліндричного резервуару для зберігання мінеральних добрив. Даний тип резервуарів застосовуються для зберігання невеликих об'ємів рідин за порівняно високих надлишкових тисків. Нафтопродукти зберігаються під тиском 0,04...0,07 МПа, а скраплені гази — під тиском до 2 МПа.

Переваги горизонтальних циліндричних резервуарів перед іншими типами полягають, у можливості практично повного усунення втрат рідин, які легко випаровуються під час зберігання їх під високим внутрішнім тиском, а також в можливостях високопродуктивного потокового виготовлення таких резервуарів у спеціалізованих виробництвах, подальшого доставляння в готовому вигляді на місце експлуатації, також у швидкості монтажу. Такі резервуари зазвичай виготовляються повністю готовими або, за великих об'ємів, у вигляді двох відправних елементів з одним монтажним стиком, а їх ємність може досягати 100 м³ для зберігання нафтопродуктів і 300 м³ — для зберігання скраплених газів при умові, що їх розміри не перевищують залізничні габарити: діаметр резервуарів не повинен перевищувати 3,25 м, а довжина відправного елемента — 15...18 м. Товщина стінки резервуарів $s_{\text{лист}}=5...36$ мм. [1]

Для розробки в даній роботі візьмемо горизонтальний циліндричний резервуар довжиною 15000 мм, діаметром 3000 мм (рисунок 1.1).

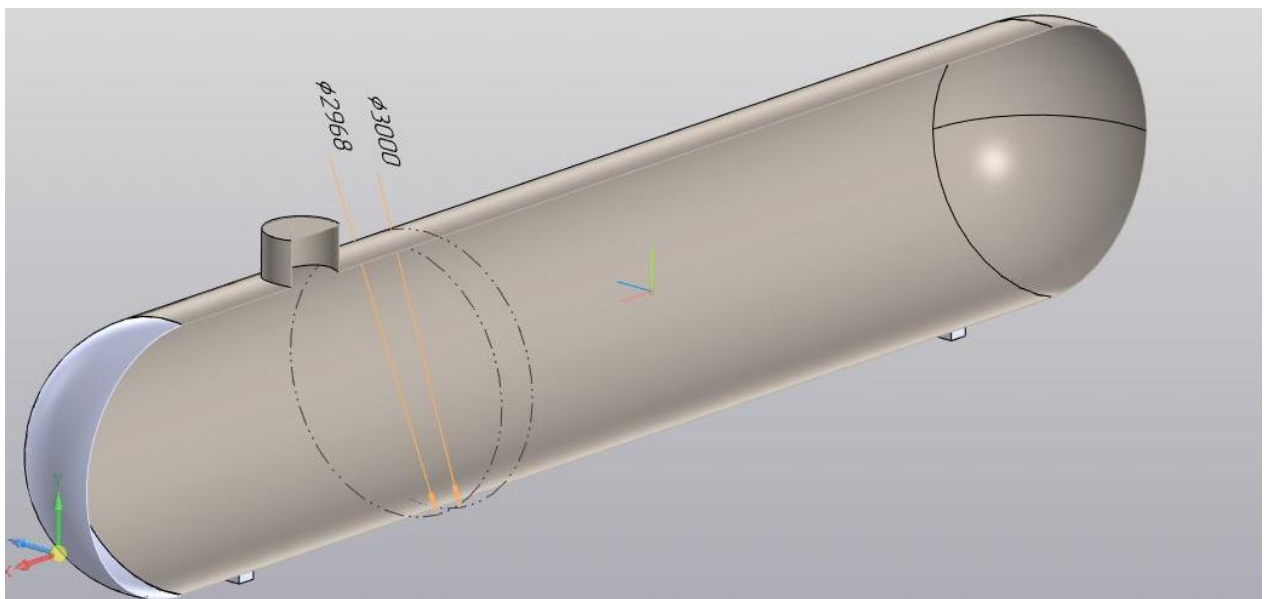
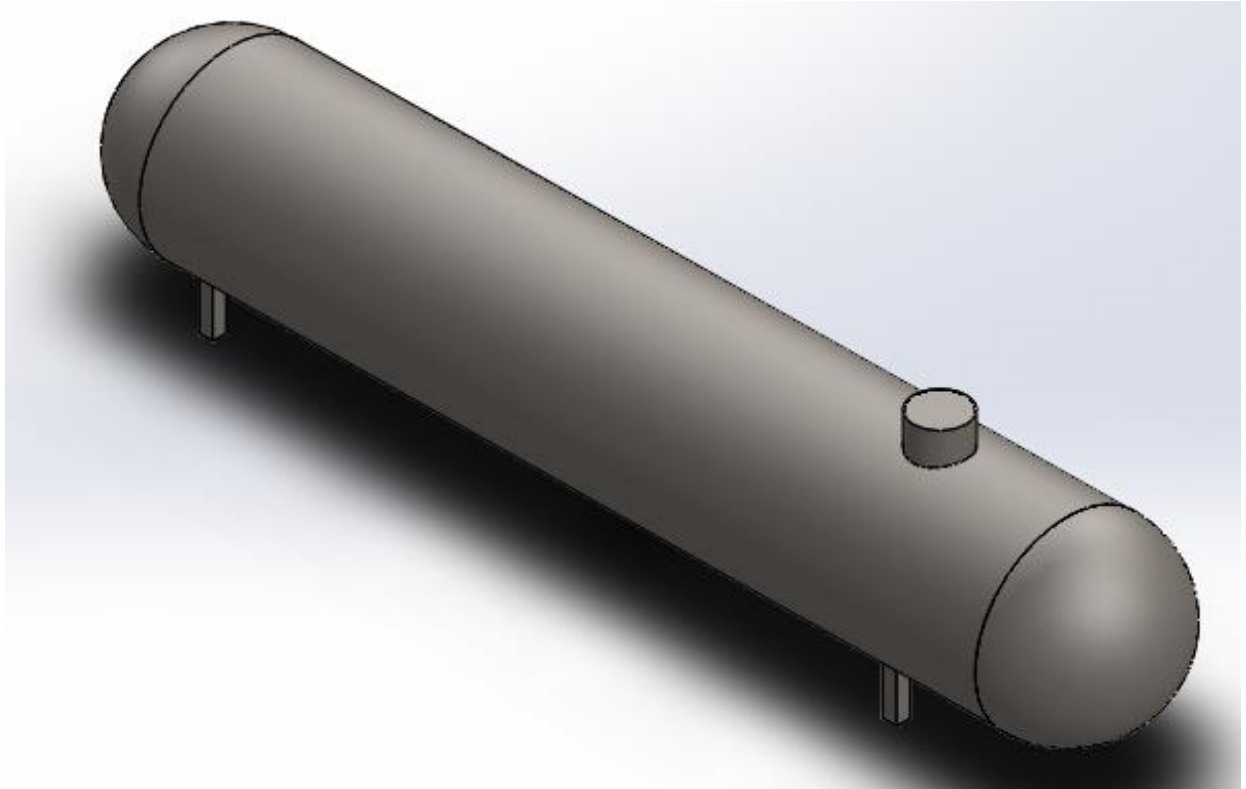


Рис. 1.1 – Загальний вигляд зварного горизонтального резервуару

Основними вимогами для врахування при розрахунку резервуару є навантаження та впливи. До постійних навантажень відновиться власна вага елементів конструкції резервуару, а до особливих навантажень відносять: сейсмічні впливи, аварійні навантаження, з порушенням технологічного процесу; впливи від деформації основи, що супроводжуються докорінною

зміною структури ґрунту. Тимчасовими довготривалими навантаженнями вважаються: навантаження від ваги стаціонарного обладнання; гідростатичний тиск продукту, що зберігається; снігові навантаження із зменшеним нормативним значенням; температурні впливи; впливи від деформації основи, які не супроводжуються докорінною зміною структури ґрунту. До тимчасових короткочасних навантажень відносяться: навантаження вітрові та снігові, з повним нормативним навантаженням; навантаження від ваги людей, інструментів, ремонтних матеріалів; навантаження, що виникають під час виготовлення, зберігання, транспортування та монтажу. [3]

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу.

Оскільки в нашому випадку резервуар використовується в агресивних середовищах йому потрібен захист робочої поверхні від корозійного впливу середовища і збереження в'язкості і пластичності матеріалу несучих конструктивних елементів при низькій температурі [2]. Тому даний тип резервуарів виготовляють із застосуванням біметалів. Основний шар якого сталь 09Г2С, а плакуючий сталь 08Х18Н10Т, що дозволяє досягти необхідної корозійної стійкості. Так, як товщина плакуючого металу становить 1-2 мм і виконує функцію захисного шару, то обґрунтовувати його технологію зварювання в роботі не будемо, а розглянемо характеристики і проведемо дослідження для основного металу. Механічні властивості та хімічний склад основного металу представлено в таблицях 1.1 та 1.2 відповідно.

Дана сталь відноситься до маловуглецевих конструкційних сталей, звичайної якості і без обмежень зварюється за допомогою способів зварювання: ручне дугове зварювання, напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, автоматичне зварювання під шаром флюсу, електрошлакове зварювання.

В сталі присутній вуглець 0,09%. Буква «Г» та цифра після неї - вказує на те, що у даній сталі міститься до 2% марганцю, а буква «С» - вміст кремнію близько 1%.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 09Г2С, у % [2, с. 97]

| ГОСТ | Стан постачання | Переріз, мм | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | $\delta, \%$ |
|----------|-----------------------------------|-------------|----------------|------------|--------------|
| | | | МПа | | |
| | | | Не менше | | |
| 19282-73 | Листи після закалювання, відпуску | 10-32 | 365 | 490 | 19 |

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 09Г2С, у % [2, с. 97]

| Марка сталі | Вміст елементів, % | | | | | | | | |
|-------------|--------------------|-------------|-------------|-------|------|-----|-----|-----|------|
| | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Cu | As |
| | не більше | | | | | | | | |
| 09Г2С | 00,1 2 | 1,3- 1,7 | 0,5- 0,8 | 0,035 | 0,04 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,08 |

Механічні властивості сталі при $T=20^{\circ}\text{C}$, ударна в'язкість КСУ ($\text{Дж}/\text{см}^3$) при низьких температурах $^{\circ}\text{C}$, механічні властивості при підвищених температурах, а також механічні властивості в залежності від температури $^{\circ}\text{C}$ відпуску наведено в таблицях 1.3- 1.5 відповідно.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 09Г2С при $T=20^{\circ}\text{C}$ [2, с. 97]

| ГОСТ | Стан постачання | Переріз, мм | $\sigma_{0,2}$ (МПа) | σ_B (МПа) | δ_5 (%) |
|----------|-----------------------------------|-------------|----------------------|------------------|----------------|
| 19282-73 | Листи після закалювання, відпуску | 10 -32 | 365 | 490 | 19 |

Таблиця 1.4 – Механічні властивості при підвищених температурах [2, с. 98]

| Темп. випробування, $^{\circ}\text{C}$ | $\sigma_{0,2}$ (МПа) | σ_B (МПа) | δ_5 (%) | ψ (%) |
|---|----------------------|------------------|----------------|------------|
| Нормалізація 930-950 $^{\circ}\text{C}$ | | | | |
| 20 | 300 | 460 | 31 | 63 |
| 300 | 220 | 420 | 25 | 56 |
| 475 | 180 | 360 | 34 | 67 |

Таблиця 1.5 – Механічні властивості в залежності від температури °С відпуску [2, с. 98]

| Темп. відпуску, °С | $\sigma_{0,2}$ (МПа) | σ_B (МПа) | δ_5 (%) | ψ (%) |
|--|----------------------|------------------|----------------|------------|
| Листи товщиною 34 мм в стані постачання НВ 112-127 | | | | |
| 20 | 295 | 405 | 30 | 66 |
| 100 | 270 | 415 | 29 | 68 |
| 200 | 265 | 430 | - | - |
| 300 | 220 | 435 | - | - |
| 400 | 205 | 410 | 27 | 63 |
| 500 | 185 | 315 | - | 63 |

Для виготовлення опор під резервуар, трубних елементів та фланців використовується сталь ВСтЗсп, механічні властивості та хімічний склад якої наведені у таблицях 1.6 та 1.7 (ГОСТ 380-71).

Таблиця 1.6 – Механічні властивості сталі ВСтЗсп, у % [2, с. 24]

| ГОСТ | Стан постачання | Переріз, мм | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | $\delta, \%$ |
|--------|-----------------------|-------------|----------------|------------|--------------|
| | | | МПа | | |
| | | | Не менше | | |
| 380-71 | Прокат гаряче-катаний | 20-40 | 235 | 370-480 | 25 |

Таблиця 1.7 – Хімічний склад сталі ВСтЗсп, у % [2, с. 24]

| Марка сталі | Вміст елементів, % | | | | | | | | |
|-------------|--------------------|-----------|----------|------|------|-----|-----|-----|------|
| | C | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Cu | As |
| | не більше | | | | | | | | |
| ВСтЗсп | 0,14-0,22 | 0,40-0,65 | 0,12-0,3 | 0,04 | 0,05 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,08 |

Проведемо розрахунок для визначення зварюваності даних марок сталей за [2,4]

$$C_{екв} = [C]_x + [C]_p \quad (1.1)$$

де $[C]_x$ – хімічний еквівалент вуглецю, який характеризує склад сталі:

$$360 [C]_x = 360C + 40(Mn+Cr) + 20Ni + 28Mo \quad (1.2)$$

$[C]_p$ – розмірний еквівалент вуглецю, який визначає розміри виробів:

$$[C]_p = 0.005 S[C]_x \quad (1.3)$$

S – товщина виробу.

$$[C_x]_{(09Г2С)} = \frac{360 \cdot 0,12 + 40 \cdot (1,7 + 0,3) + 20 \cdot 0,3}{360} = 0,359;$$

$$[C_p]_{(09Г2С)} = 0,005 \cdot 0,01 \cdot 0,359 = 0,000017;$$

$$C_{екв.(09Г2С)} = 0,359 + 0,000017 = 0,36;$$

$$[C_x]_{(ВСт3сп)} = \frac{360 \cdot 0,22 + 40 \cdot (0,65 + 0,3) + 20 \cdot 0,3}{360} = 0,34;$$

$$[C_p]_{(ВСт3сп)} = 0,005 \cdot 0,01 \cdot 0,34 = 0,000017;$$

$$C_{екв.(ВСт3сп)} = 0,34 + 0,000017 = 0,34.$$

За даною методикою попередній підігрів сталей не потрібен.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу.

При виготовленні посудин й їхніх елементів повинні дотримуватися допуски, передбачені відповідними стандартами або технічними умовами.

Відхилення зовнішнього діаметра обичайок не повинні перевищувати $\pm 1\%$ номінального зовнішнього діаметра.

Зсув кромek стикуючих листів у стикових з'єднаннях, що визначають міцність посудини, не повинне перевищувати 10% номінальної товщини тонкого листа.

Допуски на зазор між крайками, підготовленими під автоматичне зварювання приймаються в межах $\pm 1,5$ мм.

При транспортуванні й кантуванні зібраних під зварювання елементів повинні бути вжиті заходи, що забезпечують збереження геометричних форм, заданих їм при складанні.

Зварювання посудин, що працюють під тиском, і їхніх елементів повинна вироблятися відповідно до вимог технічних умов на виготовлення посудин і затверджених у встановленому порядку виробничих інструкцій. Використання нових методів зварювання дозволяється головним інженером підприємства після підтвердження її технологічності на виробах, перевірки всього комплексу необхідних властивостей зварених з'єднань і позитивного висновку головної науково-дослідної організації. Перед початком зварювання повинне бути перевірене якість зборки елементів, що з'єднують, а також стан кромки і прилягаючих до них поверхонь.

При складанні не допускається припасування кромки, що викликає додаткові напруги в металі. Прихватки виконуються із застосуванням присаджувальних матеріалів, передбачених технічними умовами для даної посудини.

Технологія зварювання посудин повинна бути детально розроблена й передбачати такий порядок виконання робіт, при якому внутрішні напруження у зварених з'єднаннях будуть мінімальними. Якість зварених швів досягається вибором раціональних типів зварених з'єднань, методів і прийомів зварювання. Граничні відхилення зварених швів повинні відповідати стандартам на шви зварених з'єднань.

По зовнішньому вигляді зварений шов повинен мати плавний (без напливів) перехід до основного металу, гладку або рівномірну лускату поверхню по всіх довжині. Висота гребінців стикових швів перевищуюча 1 мм повинна бути згладжена.

Всі вузли й деталі, що надходять на зварювання повинні бути зачищені до чистого металу від забруднень по ширині, що перевищує розмір шва на 5-10 мм.

Зварювання деталей повинна вироблятися при температурі не нижче $+5^{\circ}\text{C}$.

Зібраний під зварювання вузол повинен бути перевірений виробничим майстром і представником ОТК цеху.

Вимоги до матеріалу виробу:

1. Матеріали, застосовувані для виготовлення металоконструкцій повинні задовольняти вимогам відповідних стандартів або технічних умов.
2. Відповідність якості матеріалів вище зазначеним вимогам повинне бути підтверджене документацією підприємств-постачальників, а при її відсутності - документами про результати лабораторних випробувань, проведених на підприємстві-споживачі методами, передбаченими нормативно-технічними документами.
3. Прокат, що надходить в обробку, повинен бути оглянутий, очищений від бруду, льоду, іржі й виправлений, перевірений на наявність розшарувань і на нерівномірність розподілу домішок.

Допускається тонкий шар окалини й іржі, не перешкоджаючому виявленню поверхневих дефектів.

У деталей, виготовлених із прокату, на поверхнях, піддають не надалі механічній обробці, не повинне бути заусенець, тріщин, надривів і розшарувань.

Шорсткість поверхонь кромки деталей, виготовлених без креслень, установлюється $Rz < 1000$ мкм при товщині деталі $S < 60$ мм, і не нормується при $S > 60$ мм, але нерівності різку повинні перебувати в межах допуску на відповідний лінійний розмір.

Крайки деталей, виготовлених газовим різанням, повинні бути очищені від ґрата, шлаків, бризів і напливів, виправлення кромки повинне виконуватися за заводською технологією.

Геометричні розміри елементів повинні бути виконані із заданою точністю.

Дійсні розміри металоконструкції з габаритними розмірами до 10000 мм повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 - Дійсні розміри металоконструкції

| | | | | | | | |
|---|-------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Інтервали НОМІНАЛЬНИХ розмірів мм | До 30 | 30 до 400 | 400 до 2000 | 2000 до 3150 | 3150 до 5000 | 5000 до 8000 | 8000 до 10000 |
| Граничні відхилення | ±1 | ±2 | ±3 | ±5 | ±6 | ±8 | ±12 |

Площинність елементів повинна забезпечити складання зварених конструкцій з величиною, що враховує необхідні зазори під зварювання.

Підлягаючі проплавленню поверхні й прилягаючі до них зони металу шириною не менш 20 мм повинні бути сухими й очищеними від іржі, масла, фарби й інших забруднень.

Розміри прихваток повинні бути мінімально необхідними й забезпечувати їхня сплавка при накладенні швів проектного перетину і повинні виконуються зварювальними матеріалами тих же марок, які застосовуються для основних швів. Незадовільно виконані прихватки повинні бути вилучені й при необхідності виконані знову.

У випадках, якщо вивідні планки не застосовуються, кратери на кінцях швів повинні бути заварені. Виводити шов на основний метал забороняється.

Механічні властивості зварених з'єднань повинні відповідати (не уступати) властивостям основного металу.

Зварювання посудин, що працюють під тиском, і їхніх елементів повинна виконуватись відповідно до вимог технічних умов на виготовлення посудин і затверджених у встановленому порядку виробничих інструкцій. Перед початком зварювання повинне бути перевірене якість зборки елементів, що з'єднують, а також стан стикування кромки і прилягаючих до них поверхонь. При складанні не допускається припасування кромки, що викликає додаткові напруження в металі.

Зварювання конструкції повинна проводитися особами, що мають посвідчення й кваліфікація яких відповідає виконуваний роботі. Зварювання повинна вироблятися зварником не нижче четвертого розряду. Електрозварювач

повинен робити механізоване зварювання в середовищі вуглекислого газу у всіх просторових положеннях звареного шва.

1.5 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу.

До основних підходів до заводського виробництва елементів великогабаритних зварних конструкцій оболонкового типу, що застосовуються в сучасній промисловості, відносять :

- максимальне укрупнення елементів, що відвантажуються з заводу,
- виконання більшої частини робіт з оброблення, складання і зварювання механізованими методами,
- застосування технологічних методів для надання елементам конструкцій, що відвантажуються, габаритних розмірів, відповідних до умов транспортування.

Елементи великогабаритних зварних конструкцій оболонкового типу, переважно, являють собою або окремі листи, або монтажні блоки, укрупнені з окремих листів, або великорозмірні плоскі листові полотнища — заготовки для подальшого формування обичайок, або рулонні заготовки, одержані способами тимчасового деформування рулонних полотнищ, з яких на місці установлення (експлуатації) великогабаритного ємнісного виробу монтується зварна конструкція оболонкового типу.

Технологічні процеси підготовки листового металу для виробництва ємнісних конструкцій включають приймання і складування металу, правлення листів, оброблення кромки, транспортування оброблених листів, загальні для всіх елементів великогабаритних зварних конструкцій оболонкового типу.

Правлення листів виконується переважно на багатовалкових листопрямильних вальцах, при чому для правлення листів товщиною до 8 мм використовуються 19...13-валкові машини, а для листів товщиною 10...18 мм — 11...9-валкові машини. Поздовжні і поперечні крайки листів, зазвичай, піддаються механічному обробленню на поздовжньо-стругальних,

кромкостругальних і фрезерних верстатах. Обрізання поперечних кромок допускається на гільйотинних ножицях. [1]

Для листів, які призначені для листового складання, в залежності від методів зварювання, положення та виду шва обробляють на кромкостругальних верстатах з V-, X-, K-подібними скосами або без них, при цьому допускається використання термічного обрізання кромок. Листи згинаються на тривалкових листозгинальних машинах (вальцях) і їх кривизна контролюється переважно за допомогою шаблонів, а також на заводі-виробнику приварюються монтажні шайби, для закріплення кромок складальними пристроями.

Очищення поверхні листів переважно здійснюється за допомогою механічних способів та захищається антикорозійними покриттями, а, оскільки, ці речовини не впливають на зварювання, то крайки листів переважно зварюються без додаткового зачищення.

Негабаритні зварні конструкції оболонкового типу можуть виготовлятися з, поставлених на місце монтажу у деформованому вигляді, рулонних заготовок, виготовлення яких виконується на спеціальних установках, стендах або механізованих станах. Сутність методу рулонування полягає в тому, що з листів металу складаються і зварюються плоскі полотнища, які потім скручуються в рулони діаметром до 3,6 м і без транспортних обмежень доставляються до місця монтажу.

Для виготовлення зварних рулонних полотнищ найбільш широко використовується компоувальна схема двоярусних установок із складанням полотнища на верхньому ярусі (рис. 1.2). Таке складання дозволяє забезпечити:

- мінімізацію деформацій металу внаслідок рулонування на заводі і розкручування полотнищ на монтажі,
- виключення переломів поперечних швів під час кантування,
- зменшення згинально- зварювальних кутових деформацій поперечних стикових з'єднань,
- досягнення рівномірної кривизни витків рулону,

- достатню щільність скручування полотна в рулон без телескопічності, а також

- поліпшення умов праці робітників.

Величини радіуса кантувального пристрою (2,25...3 м), радіуса каркаса для скручування полотна в рулон (1,3... 1,4 м за довжиною 18 м), радіуса зворотного вигину полотна після сходу його з кантувального барабана, потужність приводу скручувального пристрою, габаритні розміри складально-зварювальної установки є основними параметрами устаткування для виготовлення зварних рулонних полотен, якими визначається якість виготовлених полотен. [1]

Виготовлення полотен здійснюється за принципом пульсуючого конвеєра, так на нижньому або на верхньому ярусі виконується складання чергової секції полотна з оброблених листів, які укладаються в проектне положення за допомогою вантажопідійомних пристроїв. Укладені листи з'єднуються прихоплюваннями і потім зварюються за допомогою зварювальних тракторів автоматичним зварюванням під флюсом на глибину 0,7 товщини листа, а після першого зовнішнього огляду швів полотнище через кантувальний барабан переміщається на інший ярус стенда, де виконується автоматичне зварювання швів із зворотного боку і контроль з'єднань.

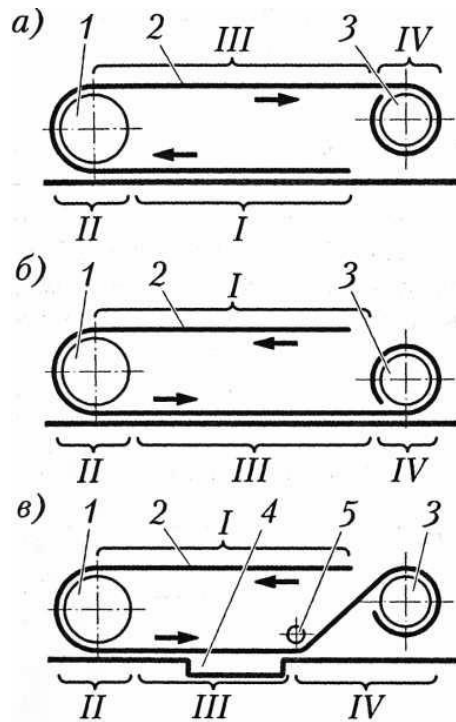


Рис. 1.2 - Компонувальні схеми двоярусних установок для виготовлення зварних полотнищ в рулонах [1]:

a — складання під зварювання в нижньому ярусі; *б, в* — складання під зварювання у верхньому ярусі; *I* — кантувальний (напрямний) барабан; *2* — полотнище; *3* — скручувальний пристрій; *4* — контрольний прямок; *5* — натяжний валок; *I* — складання зварювання полотнища з першого боку; *II* — кантування; *III* — зварювання другого боку, контроль якості швів і виправлення дефектів; *IV* — скручування полотнища в рулон

В стикових з'єднаннях дозволяється виконувати зазор не більше 2 мм, а розміщення однієї крайки над іншою не повинно перевищувати 10% товщини листа - допуски, яких мають дотримуватись під час складання рулонних полотнищ. При різній товщині листів не повинна бути більшою величини різниці товщини листів плюс 10% товщини більш тонкого листа. Зміщення осей стиків в місцях перетину поперечних і поздовжніх швів полотнища має бути не більше 1 мм.

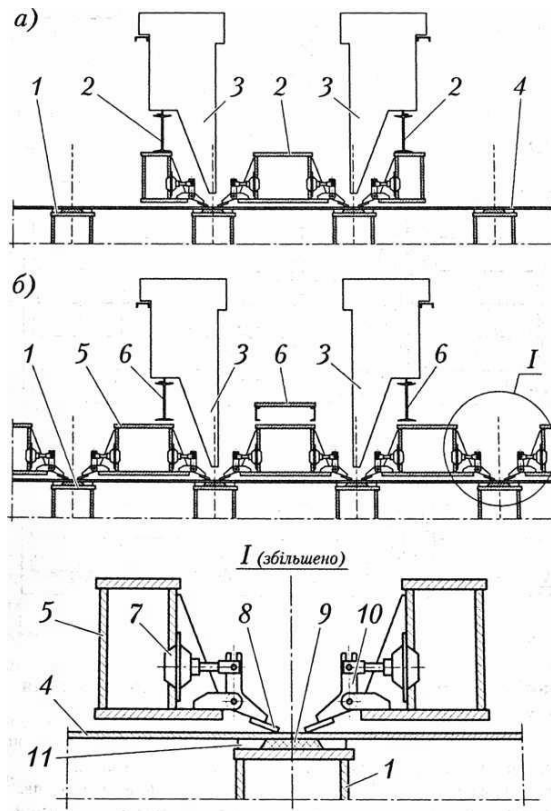


Рис. 1.3 - Схеми загального притискування стиків на ділянці зварювання поздовжніх швів полотнищ [1]:

а — притискання зварюваних стиків; б — притискання одночасно всіх стиків, 1 — нижні опорні балки з мідними підкладками; 2 — пересувний поздовжній візок з притискачами та зварювальними апаратами; 3 — зварювальний апарат; 4 — полотнище; 5 — верхні стаціонарні балки з пневмопритискачами; 6 — пересувний поздовжній візок із зварювальними апаратами; 7 — пневмокамера; 8 — башмак притискача; 9 — мідна підкладка; 10 — важіль; 11 — планка для закріплення мідної підкладки

В даному процесі застосовується автоматичне зварювання під флюсом дводуговими зварювальними апаратами (швидкість зварювання до 120 м/год).

Технологічний процес механізованого складання стикових з'єднань без прихоплювань великогабаритних рулонних полотнищ на механізованому стані здійснюється шляхом поєднання поперечних стиків полотнища в пряму лінію з подальшим притисканням складених під зварювання кромки до мідних підкладок.

Секція полотнища, складена без прихоплювань, поздовжнім штовхачем переміщається до упору в попередньо притиснуту поперечну крайку раніше

складеного і частково звареного полотнища і притискається до мідної підкладки. Така складена секція є підготовленою для зварювання поперечного стику між секцією і полотнищем.

Під час виготовлення елементів зварних конструкцій резервуарів в заводських умовах, а також при монтажі використовується зварювання під флюсом, механізоване зварювання в активному газі (MAG) або аргоні (MIG) та механізоване зварювання порошковим дротом (FCAW), проте, в окремих випадках для приварювання допоміжних елементів конструкцій застосовується ручне зварювання (MMA).

Існуючі технології виготовлення резервуарів мають свої недоліки:

- низька продуктивність і не висока точність складання стиків обичайок, що приводить до великих затрат часу;
- низька якість різання металу, що вимагає додаткові операції на оброблення кромки перед зварюванням;
- низький рівень автоматизації та механізації виробничих процесів, що вимагає залучення більшого числа висококваліфікованих робітників та допоміжного персоналу;
- додаткові операції для виготовлення опор та перед монтажем резервуару на майданчику;
 - морально застаріле зварювальне обладнання та пристосування.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Теоретичні основи розрахунку довговічності зварних елементів виробу.

В результаті випробування на втому досліджуваної сталі отримана крива втоми " $\sigma - N$ " (напруження - довговічність) (рисунок 2.1), за якою проводиться розрахунок довговічності, на основі рівняння [5]:

$$N_i = N_G \left[\frac{f \cdot \sigma_R}{\sigma} \right]^m, \quad (2.1)$$

де N_i – число циклів до руйнування при напруженнях σ ;

N_G – абсциса точки перетину перелому кривої втоми;

σ_R – границя втоми, МПа;

m – характеристика нахилу лівої вітки кривої втоми у подвійній логарифмічній системі координат.

Застосування підходів методу механіки руйнування, який набуває все більшого поширення для розрахунку елементів зварних конструкцій, має практичне підґрунтя, оскільки втомні тріщини у зв'язку з наявною дефектністю, високою концентрацією напружень, залишковими деформаціями зварювання з'являються вже на ранніх стадіях експлуатації машин або (як у випадку зварних тріщин), ще в процесі виготовлення машин, визначаючи значною мірою, їх надійність та ресурс.

Стендові випробування резервуарів, які виготовленні із сталі 09Г2С, показали, що їх довговічність за моментом утворення тріщини складає 15% загального ресурсу, так в якості критерію тріщиноутворення прийнято розвиток тріщини довжиною 15...25 мм; за критерій їх граничного стану взято або остаточне руйнування (для багаторазово статично невизначуваних систем), або довжину тріщини, що охоплює 30-40% площі бездефектного перетину – відкритих чи замкнутих профілів.

Повільний ріст тріщини і вичерпання запасів циклічної тріщиностійкості відбувається згідно з граничним станом, який визначають відмови резервуару. На аналізі такого граничного стану зупинимося детальніше.

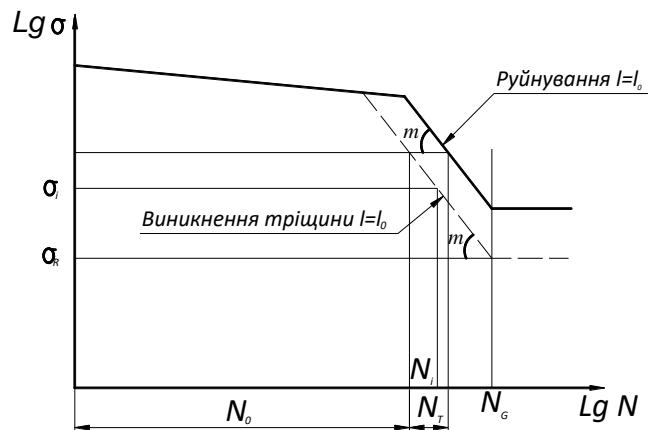


Рис. 2.1 – Схематизація кривих втоми елементів конструкцій

На кривих втоми, які можуть бути побудовані за моментом зародження тріщини, моментом утворення тріщини певної довжини чи руйнування зразка базуються методи розрахунку на втомну міцність. Однак методи розрахунку на втому (мало- чи багатоциклового) не розглядають кінетику розвитку тріщини і не враховують закономірності втомного руйнування і в той же час при значній концентрації напружень втомні тріщини можуть виникнути на ранній стадії експлуатації машин і стадія розповсюдження тріщини (стадія живучості) визначає, в основному, ресурс деталей чи елементів конструкцій з дефектами. У загальному випадку кількістю циклів до виникнення втомної тріщини N_0 і числом циклів її розвитку N_{mp} визначається число циклів до руйнування N (рис. 2.2, А):

$$N = N_0 + N_{mp}. \quad (2.2)$$

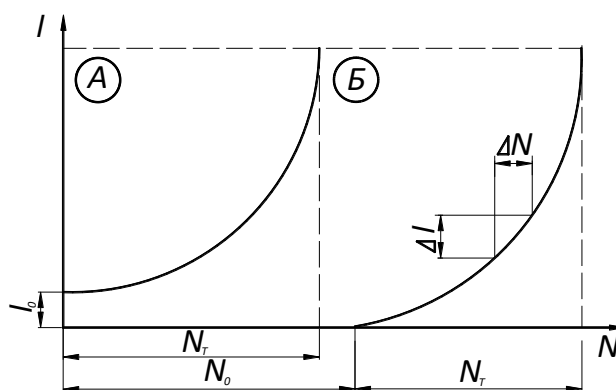


Рис. 2.2 – Схематизація експериментальних залежностей довжини тріщини від числа циклів навантаження при проведенні розрахунків на циклічну тріщиностійкість (А) та циклічну тріщиностійкість з врахуванням стадії зародження тріщини (Б)

Якщо конструктивний елемент має початковий макродефект, коли $l_0 \neq 0$, то загальна довговічність буде визначатися числом циклів розвитку тріщини (рис. 2.2 А)

$$N = N_{mp}. \quad (2.3)$$

Для прогнозування довговічності елементів конструкції з концентраторами напружень за схемою Б найбільш розповсюджений підхід, що визначає сумарну кількість циклів N до утворення поверхневої тріщини розміром (глибиною) a_0 , ростом її до наскрізної та поширенням наскрізної тріщини до критичного значення l_k у вигляді:

$$N = N_0 + N_{mp} = N_i(e_a) + \int_{f_0}^{a_f} \frac{da}{V_i(\Delta K_{1,ПОВ}, K_{max,ПОВ})} + \int_{l_0}^{l_k} \frac{dl}{V_i(\Delta K_{1,СКР}, K_{max,СКР})}$$

де $N_i(e_a)$ – залежність кількості циклів до появи тріщини від амплітуди деформацій e_a ;

e_0, a, a_f , початковий, біжучий і кінцеві розміри (глибина) поверхневої тріщини;

$V_i(\Delta K_{1,ПОВ}, K_{max,ПОВ})$ – залежність швидкості росту поверхневої тріщини від розмаху коефіцієнта інтенсивності напруження ΔK і максимального його значення в циклі $\Delta K_{1,max}$;

l, l_0, l_k – початковий, біжучий і критичний розміри (довжина наскрізної тріщини), м;

$V_i(\Delta K_{1,ПОВ}, K_{max,ПОВ})$ – залежність швидкості росту наскрізної тріщини від розмаху коефіцієнта інтенсивності напруження ΔK_1 .

Для поверхневих тріщин, що розвиваються з концентраторів напружень форми шва, рекомендовані наступні інтерполяційні формули:

$$\Delta K_1 = \sigma_{НОМ} Y_1 \cdot Y_3 \sqrt{\pi a}; \quad (2.4)$$

$$K_{1 max} = [\sigma_{ох} Y_1 \left(1 - \frac{\sigma_{НОМ}}{\sigma}\right) + \sigma_H] Y_1 Y_3 \sqrt{\pi a}; \quad (2.5)$$

де Y_1 – поправкова функція, що враховує концентрацію напружень;

$$Y_1 = 1 + \frac{0,44A}{a\left(1+\frac{3a}{A^2}\right)} (\sqrt{\rho + 4,5a - \rho}), \quad (2.6)$$

ρ – радіус підходу шва до основного металу, м;

Y_3 – поправка Снеддона на форму тріщини (відношення її півосей);

σ_{ox} – середній рівень залишкових зварних напружень в концентраторі, МПа;

Y_4 – поплавкова функція, що враховує градієнт залишкових зварних напружень.

Таким чином, тріщини можуть виникати і при обмеженому числі навантажень в процесі експлуатації при можливому поєднанні концентрації напружень, високого рівня залишкових напружень і наявності технологічних дефектів (підрізи, не провари та ін.). В процесі подальшої експлуатації стадією розвитку втомної тріщини буде визначатися зниження довговічності. У таких умовах традиційні методи розрахунку міцності і довговічності конструкції виявляються недостатніми. Це зумовлює необхідність застосування критеріїв руйнування.

Теоретичною основою для прогнозування ресурсу в умовах накопичення пошкоджень і розвитку тріщин, оскільки тріщини можуть повільно розповсюджуватися в елементі конструкції і їх ріст можна контролювати і передбачити є механіка втомного руйнування.

Розглянемо інструментарій і методи механіки руйнування, що базуються на силовому критерії – коефіцієнті концентрації напружень (КІН), як основному факторі, що описує напружено деформівний стан у вершині тріщини і, краще за інші механічні характеристики (наприклад, номінальні напруження в перетині досліджуваного елемента), контролює процес росту втомної тріщини та її розповсюдження, незалежно від геометрії зразка і способу навантаження.

В залежності від числа циклів навантаження при дослідженні кінетики росту втомної тріщини заміряють довжину тріщини (рис. 2.2) , а диференціювання таких залежностей дає біжуче значення швидкості росту тріщини $V = \frac{dl}{dN}$. Очевидно, кожній довжині тріщини відповідає певне значення

розмаху КІН ΔK і такі залежності називаються кінетичними діаграмами втомного руйнування (КДВР) (рис. 2.3). Їх будують у подвійних логарифмічних координатах.

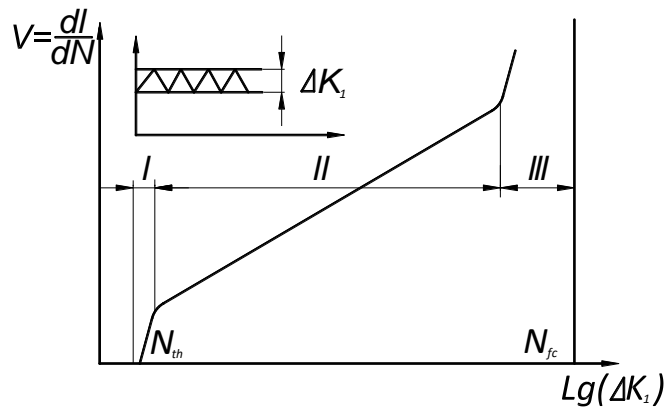


Рис. 2.3 – Схематизація кінетичної діаграми втомного руйнування матеріалів (КДВР)

КДВР охоплює діапазон КІН, в межах якого при заданих умовах навантаження в досліджуваному матеріалі реалізується кінетика розвитку тріщини. Зліва діаграма обмежена пороговим значенням КІН ΔK_{th} , нище якого тріщина не розповсюджується, а справа КДВР обмежується циклічною в'язкістю руйнування, ΔK_{fc} , що відповідає переходу від втомного до спонтанного руйнування матеріалу. В межах КДВР виділимо три ділянки:

першу (припорогову), яка характеризує діапазон низьких швидкостей розвитку тріщини ($V < 10^{-8} \frac{\text{м}}{\text{цикл}}$) і відповідає за оцінку робото здатності елементів конструкцій, що зазнають багато циклового навантаження;

другу (середню), що апроксимується, як правило, прямою лінією в діапазоні швидкостей $10^{-8} \frac{\text{м}}{\text{цикл}} < V < 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{цикл}}$ (область малоциклічного навантаження);

на третій ділянці спостерігається інтенсивне збільшення швидкості росту тріщини і руйнування елемента конструкції.

Аналітичний опис (КДВР) є важливою задачею механіки руйнувань і для цього використовуються десятки рівнянь.

Швидкість росту втомної тріщини буде сталою за однакових значень КІН K_1 і з його зміною змінюватиметься. Тоді:

$$V = \frac{dl}{dN} = f(C_i, K_1), \quad (2.7)$$

де $\frac{dl}{dN}$ – швидкість росту втомної тріщини;

C_i – ($i = 1, 2, 3$) – константи матеріалу, які характеризують опір розвитку в ньому тріщин.

Запропонована Перісом та Ердоганом, залежність отримала найбільше поширення в літературі:

$$\frac{dl}{dN} = C(\Delta K_1)^n, \quad (2.8)$$

де C і n – експериментально визначені характеристики матеріалу, які залежать від його властивостей і умов випробувань;

$\Delta K_1 = K_{\max} - K_{\min}$ – розмах КІН;

K_{\max} і K_{\min} – відповідно найбільше і найменше значення КІН циклу, що визначаються максимальним і мінімальним напруженнями.

Залежність (2.8) добре описує середню ділянку КДВР, тому, оскільки напружений стан біля вершини тріщини визначається тільки КІН і не залежить від виду прикладеного навантаження, то формула (2.8) виявилась придатною для аналізу розвитку тріщини в умовах неоднорідного напруженого стану.

Побудована в логарифмічній системі координат, повна діаграма циклічної тріщиностійкості, має вигляд S-подібної кривої і її аналітичний опис здійснюється двома шляхами: перший – це використання залежності (2.8) для опису кожної з характерних ділянок КДВР (схематизація діаграми показана штриховими лініями на рисунку 2.3) і другий шлях – використання аналітичних виразів складнішого вигляду.

Існування границі втоми для зразків з тріщинами привело до необхідності ввести константу в матеріалах термінах КІН, назване пороговим значенням КІН K_{th} , тоді і було помічено значне збільшення швидкості росту тріщини при КІН,

близьких до K_{fc} . Таким чином, виникла необхідність отримання залежностей, що описують всі ці особливості.

У координатах « $\frac{dl}{dN} - K_{max}$ » вказана формула має вигляд:

$$V = V_0 \left(\frac{K_{max} - K_{th}}{K_{fc} - K_{max}} \right)^q, \quad (2.9)$$

V_0, q – експериментально знайдені параметри рівняння.

При відомій швидкості розвитку втомної тріщини інтегруванням можна знайти залежність довжини тріщини l від числа циклів N , яка необхідна для оцінки живучості конструкції, але проблема ускладнюється тим, що параметри $V_0, q, K_{th}, i \Delta K_{fc}$ залежать від багатьох конструктивних, технологічних експлуатаційних факторів.

Як видно із проведеного огляду, які рівняння є, в основному, емпіричними, що містять велику кількість взаємозв'язаних параметрів, які визначаються тільки експериментально на основі статичної обробки даних, це призводить до значних ускладнень в отриманні і застосуванні цих залежностей, тому при аналізі розвитку тріщин і зварних з'єднаннях необхідне дослідження окремих зон зварного шва, коефіцієнтів асиметрії і величини параметрів навантаження.

При відомих характеристиках опору матеріалів розвитку тріщин, які є константами матеріалу, для аналізу довговічності елементів конструкцій на стадії поширення тріщини необхідно мати залежності для оцінки КІН на шляху розповсюдження тріщини, що впливає із наведених вище залежностей (2.8) (2.9).

2.2 Моделювання напружено-деформівного стану оболонки резервуару.

Проведемо розрахунок в програмному комплексі SolidWorks. Оскільки дана програма є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу згідно з концепцією CALS — технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-застосунками та створення інтерактивної документації, на рис. 2.4 представлено модель резервуару, виконану в SolidWorks, а розрахункова схема наведена в таблиці 2.1.

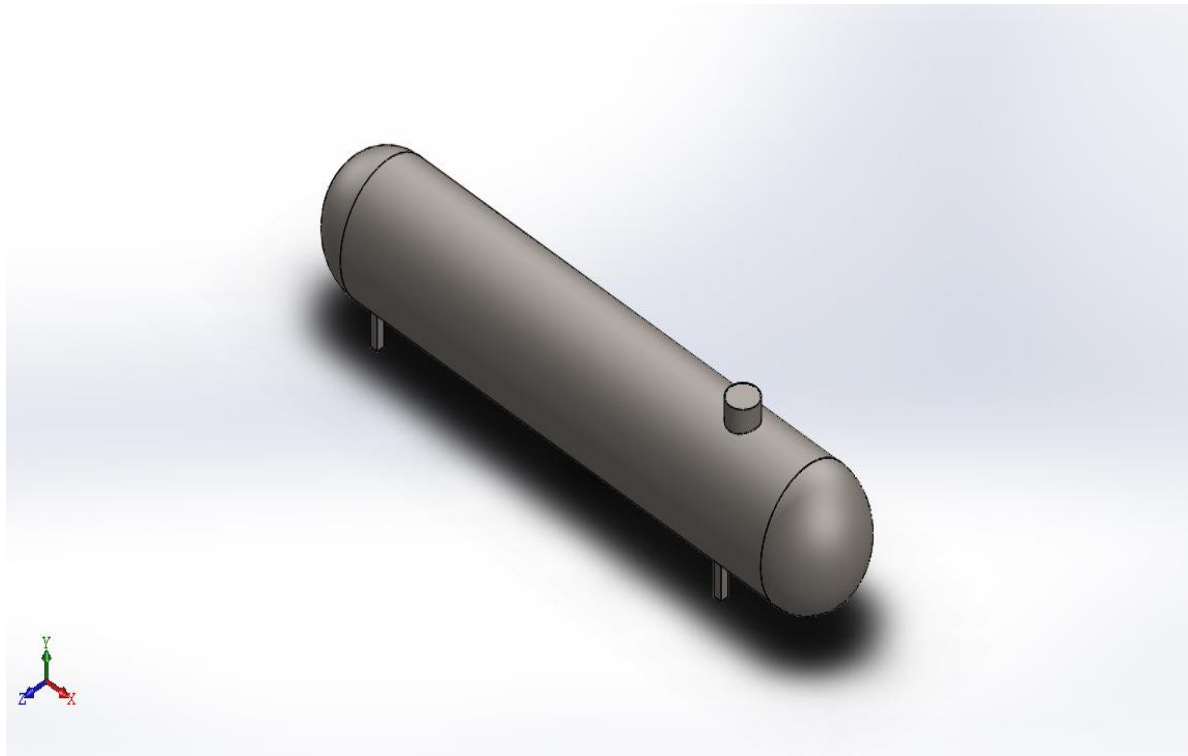
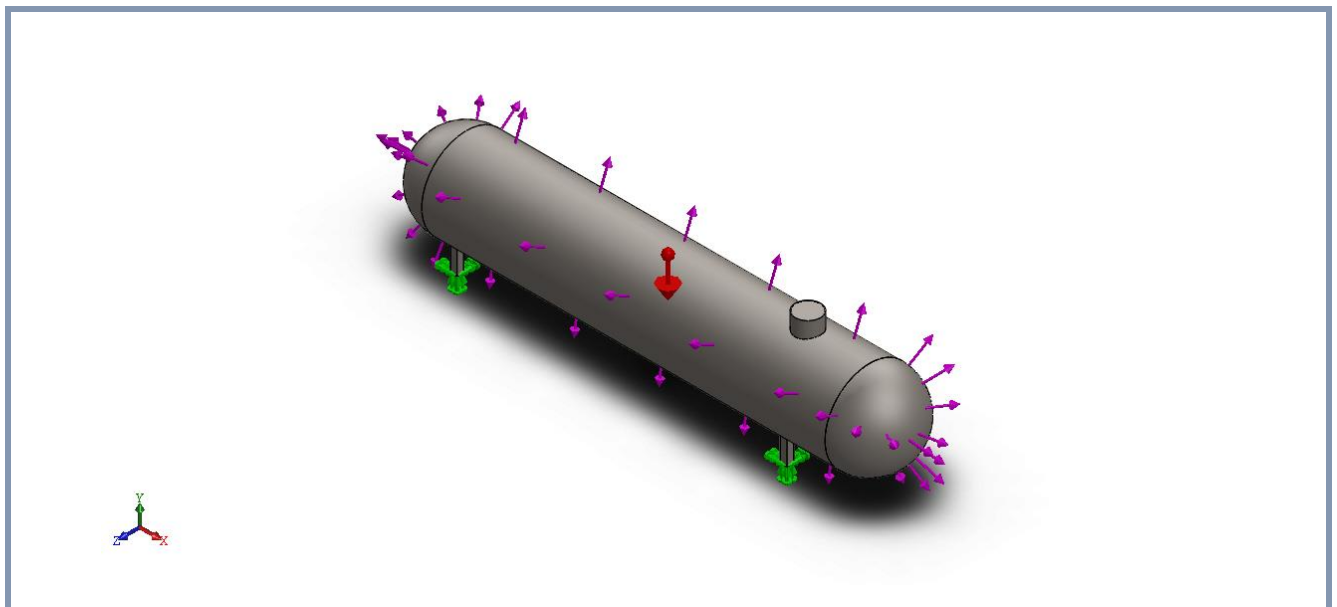
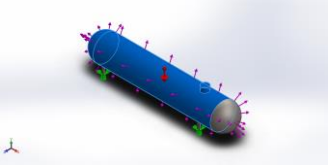
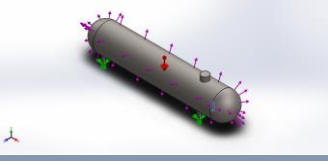
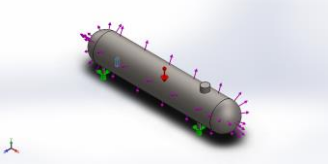


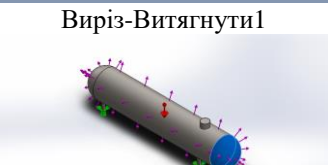


Рис. 2.4 – Загальний вигляд моделі резервуару

Таблиця 2.1 – Розрахункова схема резервуару з середовища SolidWorks



| Ім'я документу | Розглядається як | Властивості |
|---|------------------|--|
| Оболонка 11  | Тверде тіло | Маса:17930.3 kg Об'єм:2.27831 m ³ Густина:7870 kg/ m ³ Маса:175717 N |
| Бобишка-Витягнути 4[2]  | Тверде тіло | Маса:277.634 kg Об'єм:0.0352775 m ³ Густина:7870 kg/ m ³ Маса:2720.82 N |
| Бобишка-Витягнути 4[3]  | Тверде тіло | Маса:277.634 kg Об'єм:0.0352775 m ³ Густина:7870 kg/ m ³ Маса:2720.82 N |
| Бобишка-Витягнути 4[1]  | Тверде тіло | Маса:277.634 kg Об'єм:0.0352775 m ³ Густина:7870 kg/ m ³ Маса:2720.82 N |
| Бобишка-Витягнути 4[4]  | Тверде тіло | Маса:277.634 kg Об'єм:0.0352775 m ³ Густина:7870 kg/ m ³ Маса:2720.82 N |
| Виріз-Витягнути 1  | Тверде тіло | Маса:1761.23 kg Об'єм:0.223791 m ³ Густина:7870 kg/m ³ Маса:17260.1 N |

Властивості дослідження

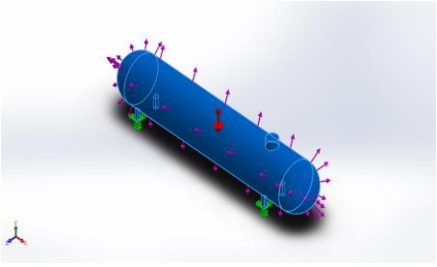
| | |
|---|--------------------------------|
| Ім'я дослідження | Статичний аналіз 1 |
| Тип аналізу | Статичний аналіз |
| Тип сітки | Комбінована сітка |
| Тепловий ефект: | Увімк. |
| Термічний параметр | Увімкнуті теплові навантаження |
| Температура при нульовому напруженні | 298 Kelvin |

| | |
|--|--------------------------------|
| Вмикають ефекти тиску рідини із SolidWorks Flow Simulation | Вимк. |
| Тип вирішальної програми | Авто |
| Вплив навантаження на власні частоти | Вимк. |
| М'яка пружина | Вимк. |
| Інерційне розвантаження | Вимк. |
| Несумісні параметри зв'язку | Авто |
| Великі переміщення | Вимк. |
| Обчислити сили вільних тіл | Увімк. |
| Тертя | Вимк. |
| Використовувати адаптивний метод | Вимк. |
| Папка результатів | Документ SolidWorks (M\Рез\1\) |

Одиниці вимірювання

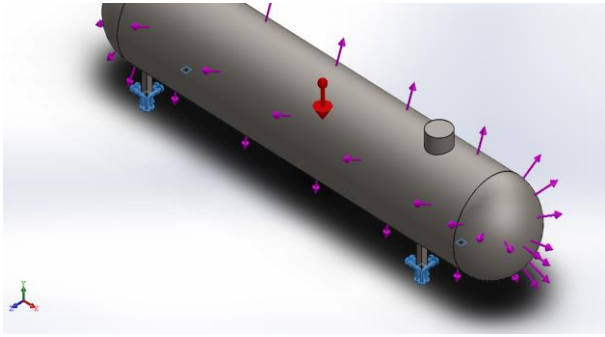
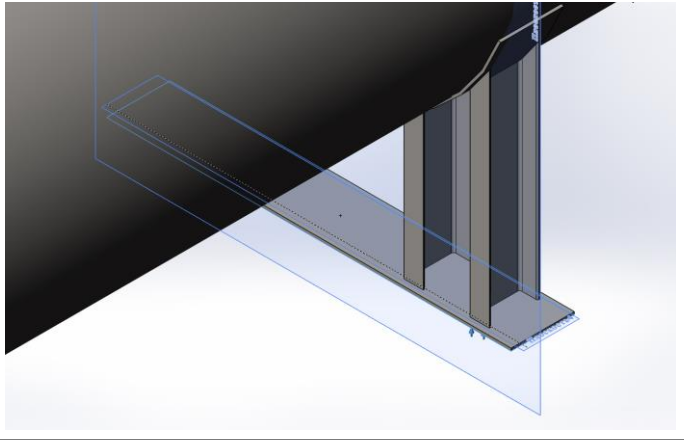
| | |
|------------------------------|------------------|
| Система одиниць вимірювання: | SI (MKS) |
| Довжина/Переміщення | mm |
| Температура | Kelvin |
| Кутова швидкість | Рад/с |
| Тиск/Навантаження | N/m ² |

Властивості матеріалу

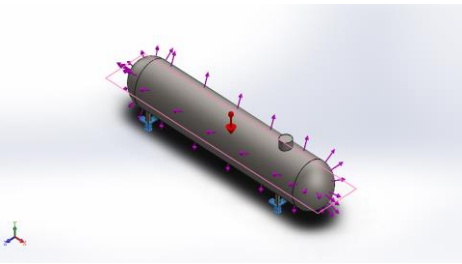
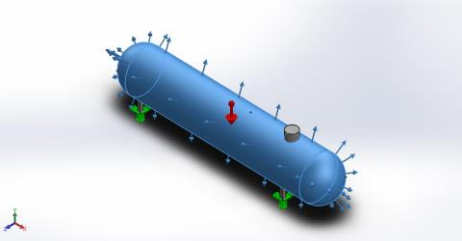
| Посилання на модель | Властивості | Компоненти |
|---|--|---|
|  | <p>Ім'я: Вуглецева сталь Тип моделі: Лінійний Пружний Ізотропний</p> <p>Критерій міцності за замовчуванням: Максимальна напруження von Mises</p> <p>Границя текучості: 1.8e+08 N/m²</p> <p>Границя міцності при розтягуванні: 3.25e+08 N/m²</p> <p>Модуль пружності: 2e+11 N/m²</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0.29</p> <p>Масова протність: 7870 kg/m³</p> <p>Модуль здвигу: 8e+10 N/m²</p> <p>Коефіцієнт теплового розширення: 1.22e-05 /Kelvin</p> | <p>Тверде тіло 1(Оболонка11)(Корпус-1), Тверде тіло 6(Бобишка-Витягнута 4[2])(Корпус-1), Тверде тіло 7(Бобишка-Витягнута 4[3])(Корпус-1), Тверде тіло 8(Бобишка-Витягнута 4[1])(Корпус-1), Тверде тіло 9(Бобишка-Витягнута 4[4])(Корпус-1), Тверде тіло 1(Виріз-Витягнути 1)(Обичайка-3)</p> |
| Дані кривої: N/A | | |

Навантаження і кріплення

Перед початком розрахунку, необхідно зафіксувати нижні опори: одну опору призначаємо зафіксованою, іншій – дозволяємо бути на площині рухомою в горизонтальній площині – вибираємо ролик\повзун. Оскільки в реальній конструкції, як правило, може бути досить невелика рухливість (радіальне напруження тощо), то розрахунок буде більш реальним (силу тертя не враховуємо).

| Ім'я кріплення | Зображення кріплення | Дані кріплення | | |
|-------------------------|--|--|----------|-------------|
| Зафіксований-1 |  | Об'єкти: 1 грань Тип: Зафіксована геометрія | | |
| Результуючі сили | | | | |
| Компоненти | X | Y | Z | Результуюча |
| Сила реакції (N) | -1.61301 | 205315 | 0.705566 | 205315 |
| Реактивний момент (N.m) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ролик/повзун-1 |  | Об'єкти: 1 грань Тип: Ролик/повзун | | |
| Результуючі сили | | | | |
| Компоненти | X | Y | Z | Результуюча |
| Сила реакції (N) | 0 | 150727 | 0 | 150727 |
| Реактивний момент (N.m) | 0 | 0 | 0 | 1e-033 |

Необхідно додати силу тяжіння для обчислення навантаження під дією рідини (нафти). Так як рідина розподіляється по всьому резервуару рівномірно, вмикаємо параметр «розподілена маса» і прив'язуємо до поверхні резервуару. Слід зауважити, є ще одне навантаження рідини – гідростатичний тиск, яке враховуємо за допомогою формули $1 + 1 \times X + 11460 \times Y$.

| Ім'я навантаження | Зображення | Дані |
|-------------------|--|--|
| Сила тяжіння-1 |  | <p>Довідкові: Зверху Значення: 0 0 -9.81 Одиниці вимірювання: SI</p> |
| Сила-1 |  | <p>Об'єкт: 3 грані Тип: Прикласти нормальну силу Значення: -150000 N</p> |

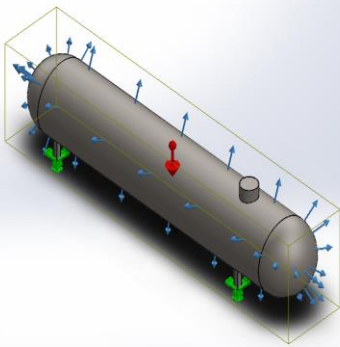
В SolidWorks Simulation існує два основних методи для підвищення точності результатів статичних досліджень:

– h-метод. Концепція h- методу використовується для малих елементів в областях з високою ймовірністю виникнення похибок і після запуску дослідження й процесу обчислення похибок, програмне забезпечення автоматично формує сітку там, де потрібно покращити результати.

– p- метод. Концепція p - методу використовує більше ефективних елементів в областях з високою ймовірністю виникнення похибок, так після запуску аналізу й процесу обчислення похибок, програма збільшує порядок елементів в областях, де похибки вище, на більше високий, чим певний користувачем, рівень і перезапускає дослідження. p- метод не змінює сітку, а змінює порядок багаточленів, використовуваних для апроксимації поля переміщень.

Використання одного поліноміального порядку для всіх елементів не є ефективним, тому програма збільшує порядок багаточлена тільки там, де це необхідно -це називається вибіркоким адаптивним p-методом. Даний параметр підтримується тільки для твердотілих елементів, коли обраний даний параметр, програма може запусити завдання кілька разів, а після кожного циклу, програма оцінює глобальні й локальні похибки й вирішує, чи необхідний ще один запуск. Можна застосувати перевірку збіжності на сумарній енергії деформації, середньоквадратичному значенні (СКЗ) напруги по Мізесу або СКЗ результуючих переміщень.

Перш ніж застосовувати адаптивні методи, необхідно визначити що будь-які рішення, отримані за допомогою методу скінчених елементів, залежать від того, як розбита модель і ,таким чином, зміна параметрів сітки (глобальне або локальне керування сіткою) вплине на результати аналізу (це тому, що різні розміри кінцевих елементів викликають різні помилки дискретизації). Помилки дискретизації можуть бути оцінені шляхом змін сітки й вивчення впливу цих змін в областях, що цікавлять.

| Контакт | Зображення контакту | Властивості контакту |
|--------------------|---|---|
| Глобальний контакт |  | <p>Тип: Пов'язані</p> <p>Компоненти: 1</p> <p>Параметри: Сумісна сітка</p> |

Інформація про сітку

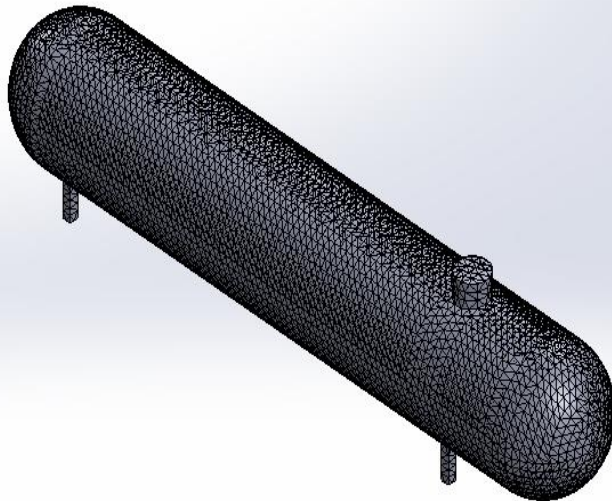
Для розрахунку використовується сітка на основі кривизни, так як вона добре підходить для обчислення резервуару і завдяки цьому моделюється оболонка за рахунок спеціальних елементів з математичною (нульовою) товщиною.

| | |
|--|--------------------------|
| Тип сітки | Комбінована сітка |
| Використовуване розбиття: | Сітка на основі кривизни |
| Точки Якобіана | 4 точки |
| Перевірка Якобіана для оболонки | Увімк. |
| Максимальний розмір елемента | 177.78 mm |
| Мінімальний розмір елемента | 8.88901 mm |
| Якість сітки | Висока |
| Заново створити сітку із невдалих деталей з несумісною сіткою | Вимк. |

Інформація про сітку – Деталі

| | |
|--|----------|
| всього вузлів | 60646 |
| всього елементів | 30399 |
| Максимальне співвідношення сторін | 49.475 |
| % Елементів зі співвідношенням сторін < 3 | 0.753 |
| % Елементів зі співвідношенням сторін > 10 | 77.7 |
| % Перекручених елементів (Якобіан) | 0 |
| Час для завершення сітки (hh; mm; ss): | 00:00:15 |
| | |

Имя модели: Резервуар
 Название исследования: Статический 1(-Default-)
 Тип сетки: Сетка на твердом теле



Результуючі сили

Сили реакції

| Вибраний набір | Одиниці вимірювання | Сума по X | Сума по Y | Сума по Z | Результуюча |
|----------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| всей модели | N | -1.61301 | 205315 | 0.705566 | 205315 |

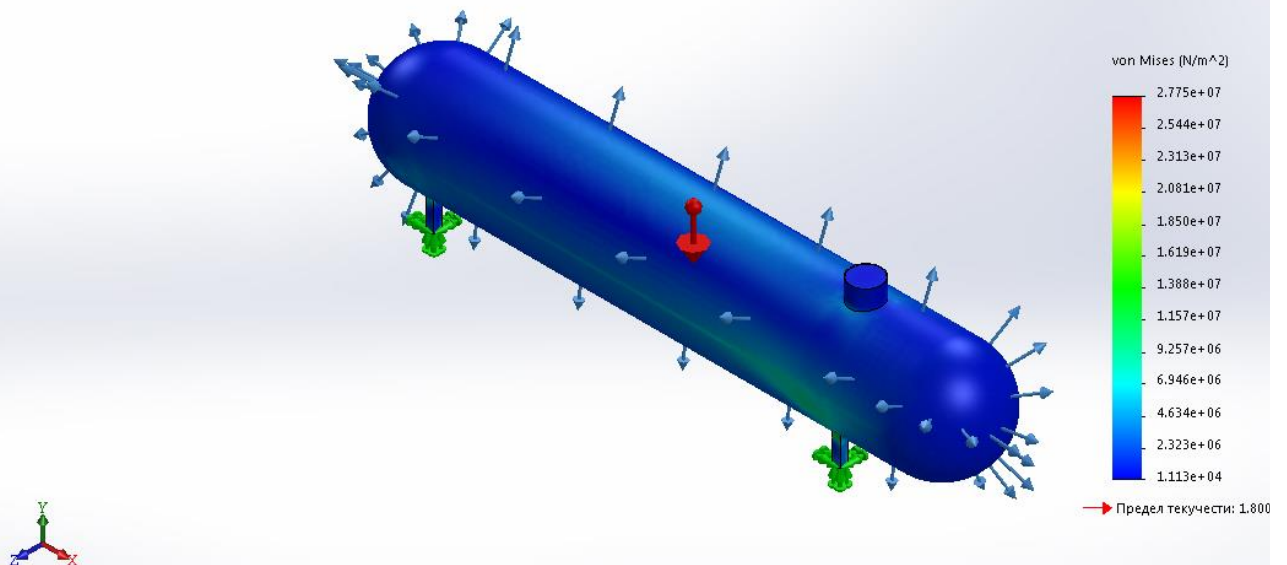
Моменти реакції

| Вибраний набір | Одиниці вимірювання | Сума по X | Сума по Y | Сума по Z | Результуюча |
|----------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| всей модели | N.m | 0 | 0 | 0 | 0 |

Результати дослідження

| Ім'я | Тип | Мін | Макс |
|------------|------------------------------|---|---|
| Напруження | VON: Напруження Von Mises | 1.113e+04 N/m ² Узел: 12906 | 2.775e+07 N/m ² Узел: 54945 |

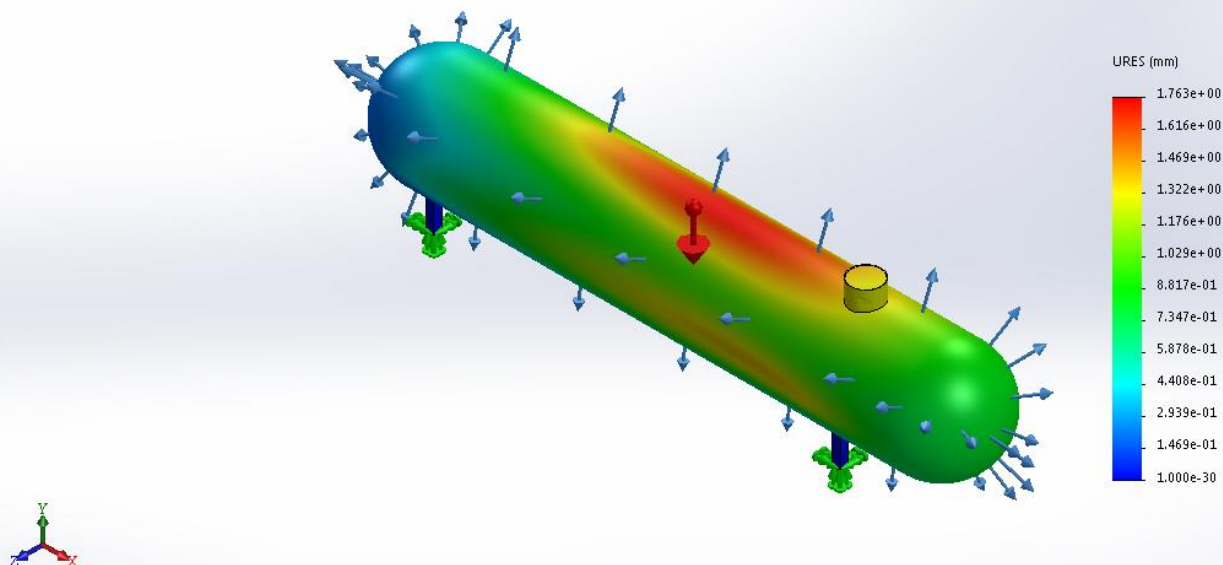
Імя модели: Резервуар
Название исследования: Статический 1(-Default-)
Тип эпоры: Статический узловое напряжение Напряжение1



Збірка 1-Статичний аналіз 1-Напруження-Напруження1

| Ім'я | Тип | Мін | Макс |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Переміщення1 | URES: Результуюче переміщення | 0.000e+00 mm Узел: 54630 | 1.763e+00 mm Узел: 10762 |

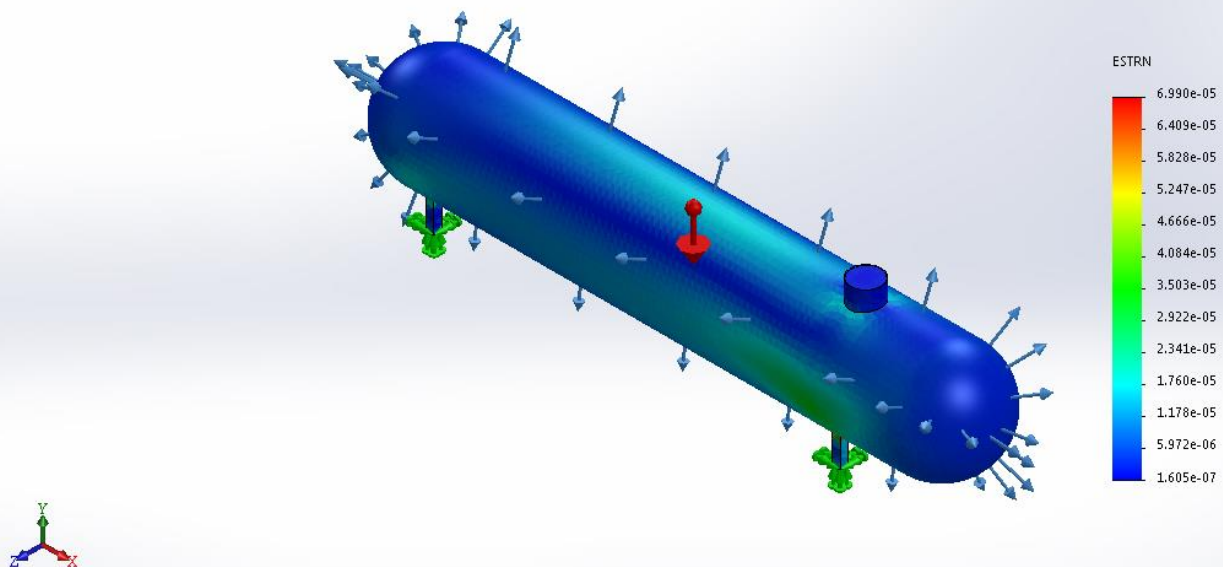
Імя модели: Резервуар
Назва ние исследования: Статический 1[-Default-]
Тип эпоры: Статическое перемещение Перемещение1



Збірка 1-Статичний аналіз 1-Переміщення- Переміщення1

| Ім'я | Тип | Мін | Макс |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Демормація1 | ESTRN: Еквівалентна деформація | 1.605e-07 Елемент: 14367 | 6.990e-05 Елемент: 17190 |

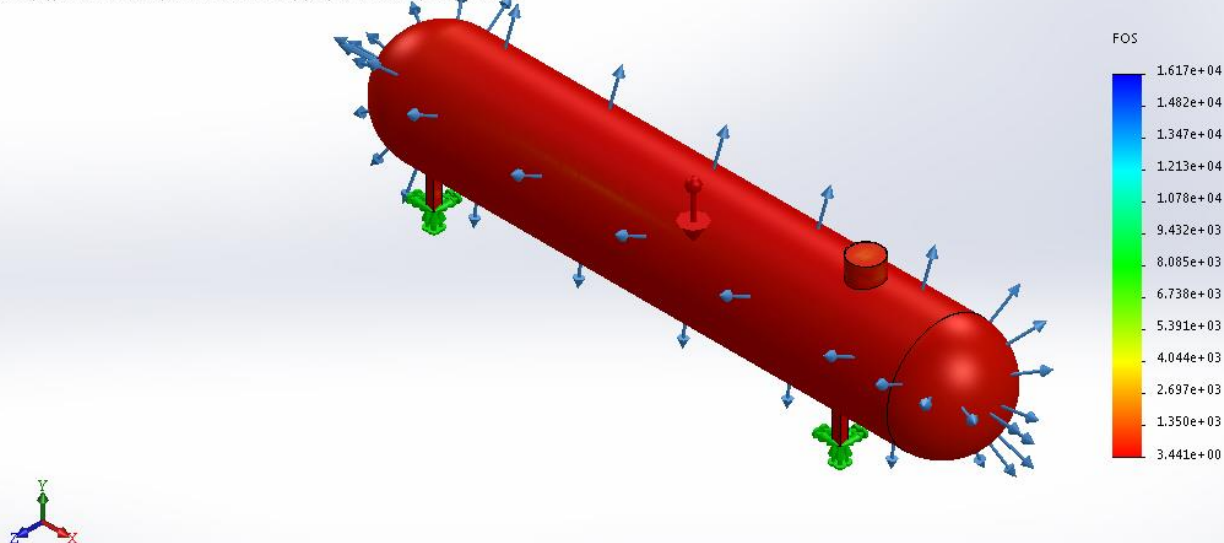
Імя модели: Резервуар
Назва ние исследования: Статический 1[-Default-]
Тип эпоры: Статическая деформация Деформация1



Збірка 1- Статичний аналіз 1-Деформація-Деформація1

| Ім'я | Тип | Мін | Макс |
|------------------|------|------------------------|--------------------------|
| Запас міцності 1 | АВТО | 3.441e+00 Узел: 206 | 1.617e+04 Узел: 12906 |

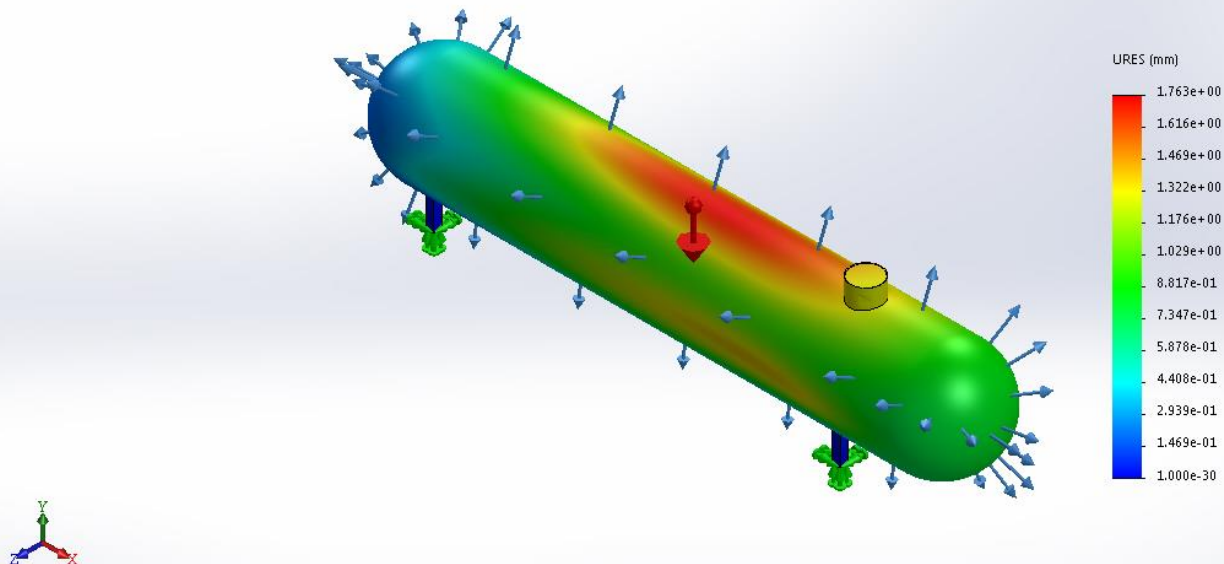
Имя модели: Резервуар
 Название исследования: Статический 1(-Default-)
 Тип эпоры: Запас прочности Запас прочности1
 Критерий : Авто
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 3,4



Збірка 1- Статичний аналіз 1-Запас міцності-Запас міцності 1

| Ім'я | Тип |
|-----------------|-------------------------------|
| Переміщення1{1} | URES: Результуюче переміщення |

Имя модели: Резервуар
 Название исследования: Статический 1(-Default-)
 Тип эпоры: Статическое перемещение Перемещение1{1}



Збірка 1- Статичний аналіз 1-Переміщення- Переміщення 1{1}

Висновок

При статичному розрахунку МСЕ в програмному комплексі SolidWorks отримано максимальне значення нормальних напружень $\sigma_{\max} = 138 \text{ МПа}$, що суттєво менше за границю текучості сталі 09Г2С $< 225 \text{ МПа}$ і так як теоретичний коефіцієнт концентрації напружень необроблених стикових швів не перевищує $\alpha_{\kappa} = 1.5$, то умова міцності виконується. А прогин резервуара становить 1 мм при довжині резервуара 15000 мм.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування способу зварювання.

Зварювання плавленням нараховує 160 різних способів і тому доцільним є вибір способу зварювання конкретно підібраний під даний зварний виріб. Так як в нашому випадку виріб - резервуар довжиною 7100 мм, діаметром 1600 мм та товщиною металу 10 мм, та переважно стикові шви, то можуть бути використані наступні способи зварювання [7,8]:

- 1) напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів (НДЗ);
- 2) автоматичне зварювання під шаром флюсу (АЗФ).

Щоб вибрати найбільш раціональний спосіб із запропонованих вище, проведемо порівняння цих способів.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів (НДЗ). Даний спосіб в останні роки набув широкого застосування в промисловості і при будівельно-монтажних роботах, оскільки його суть полягає в тому, що для захисту розплавленого металу від шкідливої дії кисню і азоту повітря у зону дуги, яка горить між зварюваним виробом і плавким або неплавким електродом, крізь сопло пальника безперервно подається струмінь захисного газу, що відтискає повітря від місця зварювання. В деяких випадках зварювання відбувається в, заповнених захисним (інертним) газом, герметичних камерах. В якості захисних газів використовують інертні гази (аргон і гелій), які не взаємодіють з розплавленим металом, і активні гази (вуглекислий газ, водень, азот, пари води, а також їхні суміші – аргон з киснем, аргон з азотом або вуглекислим газом, вуглекислий газ із киснем тощо), які частково взаємодіють з розплавленим металом. Для зварювання хімічно активних металів, а також тоді, коли потрібно дістати зварні шви, однорідні зі складом основного і присадного металів використовують інертні гази. У випадка, коли задані властивості металу можна забезпечити металургійною обробкою, наприклад відновленням, окисленням використовують активні гази.[7]

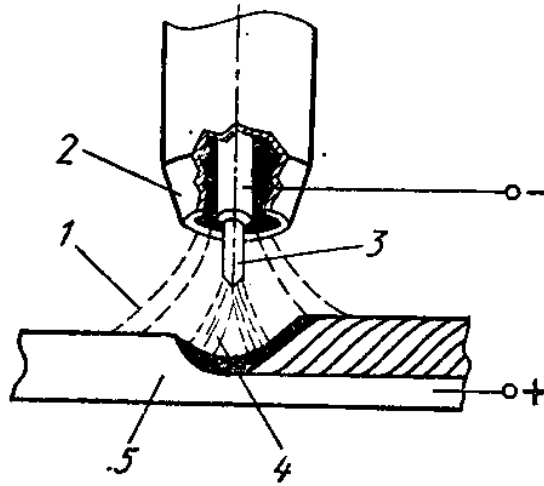


Рис. 3.1 – Схема напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів

1- потік газу; 2- сопло; 3- електрод (дріт); 4- зварювальна дуга; 5- основний метал

При НДЗ подача зварювального дроту діаметром 1...2 мм до виробу у спеціальному шлангу, який називають – рукавом, здійснюється механічним способом, а переміщення дуги, що горить в захисному газі – вручну.

Напівавтоматичне зварюванням, також як і при РДЗ, можна виконувати у всіх просторових положеннях, але слід врахувати, що у стельовому положенні виконувати роботу буде важче, так як значно більша вага палика у порівнянні з електродотримачем.

Можна виділити основні параметри режиму зварювання : діаметр електродного дроту, виліт електродного дроту, швидкість подачі електродного дроту, сила зварювального струму, напруга на дузі, витрати захисного газу.

Основними перевагами НДЗ є:

- висока продуктивності (в 1,5-2 рази вища у порівнянні з РДЗ);
- можливість зварювання швів у всіх просторових положеннях;
- забезпечення високоефективного захисту розплавленого металу при використанні захисного газу;
- зменшення розбрискування металу та низька втрата зварювального дроту (1-3% від маси електродного дроту, в той час як при РДЗ – 5%);
- можливість зварювати метал значної товщини без розробки кромки;

- висока ступінь концентрації нагрівання виробу, що дозволяє значно зменшити зону ЗТВ;
- велика можливість механізації й автоматизації процесу.

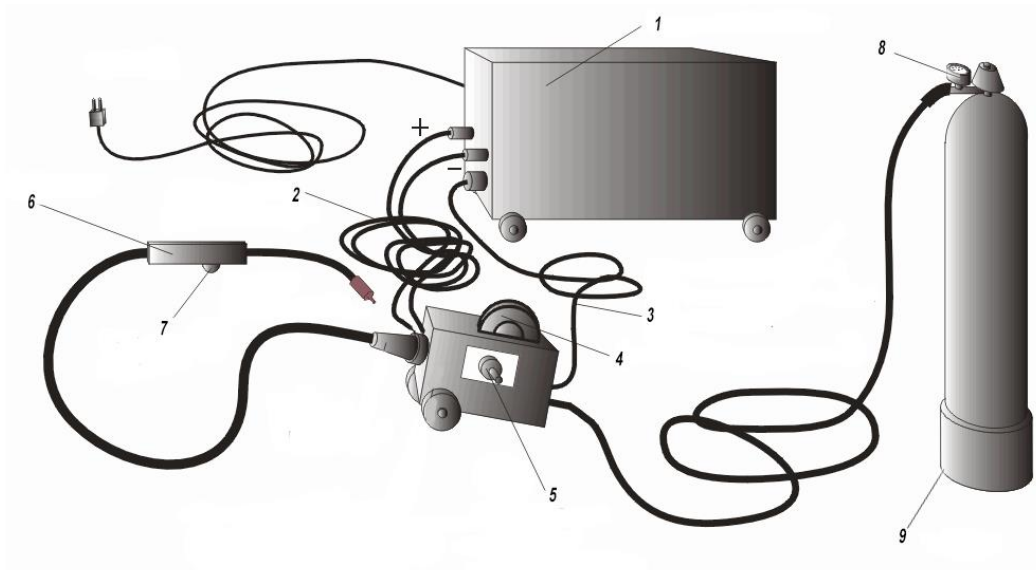


Рис. 3.2 – Основне обладнання для НДЗ

- 1- джерело живлення; 2- рукав; 3- кабель кнопки «Пуск»; 4- котушка з дротом; 5- регулятор швидкості подачі дроту; 6- пальник; 7- кнопка «Пуск»; 8- манометр; 9- балон із захисним газом

Основними недоліками можна вважати:

- велику кількість додаткового обладнання (в порівнянні з РДЗ);
- якість зварного шва напряму залежить від вибраних параметрів режиму зварювання;
- місце зварювання має бути захищене від високих поривів вітру;
- високі вимоги щодо зберігання балонів з газом та їх експлуатації;
- висока залежність чистоти газу на якість зварного шва;
- вища вартість обладнання.

Автоматичне зварювання під шаром флюсу (АЗФ). При автоматичному дуговому зварюванні захист розплавленого металу від атмосферного повітря в зоні зварювання здійснюється за допомогою порошкоподібної речовини (флюсу) або захисних газів. В нашій країні автоматичне зварювання під флюсом було розроблено і запроваджено у виробництво в кінці 30-х років колективом Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона.[7]

При автоматичному дуговому зварюванні механізовані всі основні операції процесу: запалювання дуги, подавання зварювального дроту до виробу, підтримання постійної довжини дуги і переміщення дуги в напрямі зварювання.

Зварювальні автомати поділяють на два типи, в залежності від принципу підтримання постійної довжини дуги, яка змінюється в процесі зварювання в зв'язку з нерівностями поверхні зварюваного металу, нестабільністю напруги в мережі, пробуксовуванням дроту в подавальних роликах тощо, : з автоматичним регулюванням і з саморегулюванням довжини дуги. В автоматах першого типу швидкість подачі дроту пропорційна напрузі на дузі і при раптовій зміні довжини дуги змінюється швидкість подачі дроту і порушена рівновага відновлюється. Такі автомати мають змінну швидкість подачі дроту при зварюванні, а оскільки вони мають відносно складну електричну схему, застосування їх обмежене. Автомати, побудовані за принципом саморегулювання довжини дуги, які мають сталу швидкість подачі дроту є найпростішими і найпоширенішими.

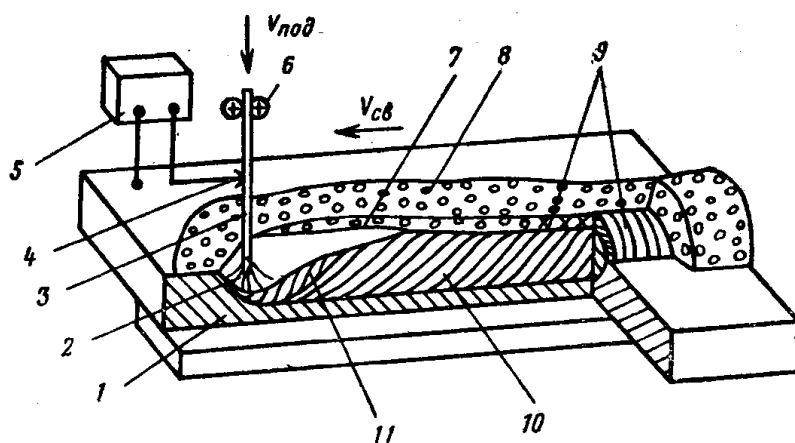


Рис. 3.3 – Схема зварювання під шаром флюсу

$V_{под}$, $V_{зв}$ - швидкості подачі і зварювання; 1 - метал, що зварюється; 2 - дуга; 3 - ел. дріт; 4 - струмопідвід; 5 - джерело струму; 6 - подаючий ролик; 7 - розплавлений шлак; 8 - флюс; 9 - шлакова корочка; 10 - метал шва; 11 - метал зварювальної ванни

Перевагами даного способу зварювання є:

- в 10...15 разів підвищується продуктивність зварювання (продуктивність підвищується переважно за рахунок застосування більших зварювальних струмів і безперервності процесу.);

- досягається однорідність шва і підвищується якість наплавленого металу;
- економиться зварювальний дріт (у зв'язку зі зменшенням втрат металу на вигар та розбризкування і відсутністю недогарків);
- механізація процесу зварювання;
- поліпшення умов праці зварників.

Основними недоліками автоматичного зварювання під флюсом є:

- місце зварювання закрите флюсом завтовшки 50...60 мм (тому підвищуються вимоги до точності підготовки і складання виробів для зварювання);
- важко виконувати шви невеликої довжини і складної конфігурації (не можливість використання у різних просторових положеннях);
- флюсовий пил і пари флюсу небезпечні для здоров'я зварників;
- для зварювання необхідне спеціальне обладнання.

Для доцільного вибору способу зварювання необхідно врахувати довжину та просторове розміщення зварних швів, товщину металу і умови виробництва.

Отже, враховуючи те, що товщина зварювального металу 16 мм, довжина швів понад 30 м – доцільним є використання автоматичного зварювання під шаром флюсу, а для виконання ручного підварювання кореню шва, зварювання фланцевих та трубних елементів резервуару - доцільним є вибір напівавтоматичного зварювання у середовищі захисного газу.

Оскільки вибрані два способи зварювання: автоматичне зварювання під шаром флюсу та напівавтоматичне зварювання у середовищі захисного газу, то необхідно вибрати зварювальний електродний дріт та флюс, для автоматичного зварювання, а також електродний дріт та захисний газ для напівавтоматичного зварювання.

При виборі зварювальних матеріалів передусім необхідно врахувати умови забезпечення потрібного протікання металургійних процесів та одержання необхідного складу і якості наплавленого металу. Тому правильний вибір

зварювальних матеріалів є важливим для набуття властивостей, що задовольняють вимогам надійності конструкції при експлуатації.

Для автоматичного зварювання під шаром флюсу сталі 09Г2С можемо використовувати наступні марки електродного дроту: Св-08, Св-08А, Св-08-АА, Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70). Враховуючи необхідні хімічні вимоги та механічні властивості вибираємо електродний дріт для автоматичного зварювання Св-08А та для напівавтоматичного— Св-08Г2С, хімічний склад яких наведено в таблиці 3.1 відповідно.

Таблиця 3.1 Хімічний склад електродних дротів [9]

| Марка | С | Si | <u>Mn</u> | Cr | Ni | S | P |
|----------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|------|
| | | | | | | Не більше | |
| Св-08А | До 0,10 | До 0,03 | 0,35-0,60 | До 0,12 | До 0,25 | 0,03 | 0,03 |
| Св-08Г2С | До 0,10 | До 0,95 | 1,8-2,1 | До 0,2 | До 0,25 | 0,025 | 0,03 |

Так само, як і електродні покриття, флюси для автоматичного зварювання мають забезпечувати стійке горіння дуги, потрібний хімічний склад і механічні властивості наплавленого металу, добре формування зварювального шва і легке відокремлення шлакової кірки з наплавленого металу.

Для автоматичного зварювання можна використовувати наступні флюси: АН-348А, АН-348АМ, АН-60, ОСЦ-45, тому вибираємо флюс АН-348А, хімічний склад якого наведений у табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Хімічний склад флюсу АН-348А [9]

| SiO ₂ | <u>MnO</u> | <u>CaO</u> | <u>MgO</u> | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | S | P | CaF ₂ |
|------------------|------------|------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|
| 40,0-44,0 | 31,0-38,0 | <12,0 | <7,0 | <13,0 | 0,5-2,2 | <0,11 | <0,12 | 3,0-6,0 |

Для напівавтоматичного зварювання вибираємо суміш захисного газу – аргон+вуглекислий газ ($Ar + CO_2$) у співвідношенні 75%-25% відповідно, яка

забезпечує крупнокапельне перенесення електродного металу, при цьому CO₂ посилює проплавлючий вплив аргону, формуючи при цьому пологий профіль шва. З іншого боку, аргон дозволяє стабілізувати горіння дуги, зменшити розбризкування і поліпшити формування шва.

За рекомендаціями нормативно-технічної документації або шляхом їх розрахунку з використанням існуючих методик на основі розглянутих показників, здатності металу до зварювання, вибраного способу зварювання та зварювальних матеріалів слід здійснювати розрахунок режимів зварювання.

При цьому слід виходити з наступних умов:

- отримання швів з оптимальними розмірами і формою;
- забезпечення такого термічного циклу, який забезпечить оптимальні властивості зони термічного впливу та металу шва.

Для розрахунку параметрів режиму зварювання для підварення кореневого шва резервуару вибираємо діаметр електродного дроту і його марку [7, 4]. За умовою, притуплення $t = 3\text{мм}$, діаметр електродного дроту $d_{\text{ел}} = 1,2\text{ мм}$.

Визначаємо величину зварювального струму.

$$I_{\text{зв}} = \frac{h}{K_a} \cdot 100, A \quad (3.1)$$

де h - розрахункова глибина проплавлення, мм;

K_a - коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, (мм/А),

$K_a = 2,1\text{ мм}/100\text{А}$

$$h = (0,7 \dots 0,8) \cdot S, \text{ мм} \quad (3.2)$$

$$h = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ мм}$$

$$I_{\text{зв}} = \frac{8}{2,1} \cdot 100 = 380\text{ А}$$

Тоді

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{\text{зв}}}{j}}, \text{ мм} \quad (3.3)$$

де j - рекомендована густина струму, $j = 300\text{ А}/\text{мм}^2$

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{380}{300}} = 1.55 \approx 1.6$$

На стабільність процесу зварювання і формування розмірів шва впливає величина вильоту електроду. Зі збільшенням вильоту електрода збільшується коефіцієнт розплавлення за рахунок підігрівання електродного дроту зварювальним струмом, а надмірне збільшення вильоту електроду приводить до погіршення формування шва і до підвищення розбризкування електродного металу. При малому вильоті збільшується набризкування електродного металу на струмопідвідний мундштук і сопло, а також ускладнюється спостереження за процесом, тому вибираємо виліт електрода $l_{el} = 15$ мм.

Визначаємо напругу на дузі.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{зв}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, B \quad (3.4)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 380}{1000 \cdot \sqrt{1.6}} = 35 \pm 1B$$

Від величини зварювального струму, діаметра електродного дроту залежить швидкість подачі електродного дроту і визначається за формулою:

$$V_{n.d} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{F_{el} \cdot \gamma}, \text{ м/год} \quad (3.5)$$

де $V_{n.d}$ - швидкість подачі дроту, м/год;

$I_{зв}$ - зварювальний струм, А;

F_{el} - площа поперечного перерізу електродного дроту, м²;

γ - густина металу електродного дроту, г/м³ (для сталей $\gamma = 7,8 \cdot 10^{-6}$ г/м³);

α_p - коефіцієнт розплавлення дроту ($\alpha_p = 17.7$ г/А·год).

$$V_{n.d} = \frac{17,7 \cdot 380}{0,00006 \cdot 7,8} \approx 143 \text{ м / год}$$

Визначаємо швидкість зварювання за формулою:

$$V_{зв} = \frac{A}{I_{зв}} \quad (3.6)$$

А приймаємо $8 \cdot 10^3$ А м/год.

$$V_{зв} = \frac{8 \cdot 10^3}{380} = 21 \text{ м / год}$$

Від діаметру електродного дроту (зварювального струму) і швидкості зварювання залежать витрати вуглекислого газу. Орієнтовно витрата газу – 15 л/хв., а відстань від сопла до виробу - 12 мм.

Параметри режиму зварювання основного шва проводимо за методикою описаною вище.

$$h = 0.8 \cdot 13 = 10 \text{ мм}$$

$k_a = 0,01$ мм/А при $I_{зв}$ до 1000 А.

$$I_{зв} = \frac{10}{1} \cdot 100 = 1000 \text{ А}$$

$j = 90$ А/мм²,

$$d_{ел} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{1000}{90}} = 3.766 \approx 4 \text{ мм}$$

$$U_d = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{4}} \cdot 1000 = 45 \pm 1 \text{ В}$$

Для діаметра електроду 4 мм, значення «А» буде рівне 20 А м/год .

$$V_{зв} = \frac{20 \cdot 10^3}{1000} = 20 \text{ м/год}$$

$$q = 2 \cdot \pi \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 7.8 = 140,5 \text{ г}$$

$$V_{n.d.} = \frac{18,5 \cdot 1000}{140,5} \approx 132 \text{ м / год}$$

Величина вильоту електродного дроту для діаметра 4 мм буде рівна $l_{ел} = 30$ мм.

Розраховані параметри режиму зварювання для автоматичного та напівавтоматичного зварювання резервуару наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розраховані параметри режиму зварювання для АЗФ і НДЗ.

| Назва параметру | АЗФ | НДЗ |
|--------------------------------|------|-----|
| Сила зварювального струму, А | 1000 | 380 |
| Напруга на дузі, $\pm 1В$ | 45 | 35 |
| Діаметр електродного дроту, мм | 4 | 1,6 |
| Швидкість зварювання, м/год | 20 | 21 |
| Швидкість подачі дроту, м/год | 132 | 143 |
| Виліт електродного дроту, мм | 30 | 12 |
| Витрати газу, л/хв | - | 15 |

Необхідні для процесу статичні і динамічні характеристики обладнання встановлюються, виходячи з вибраного способу зварювання та отриманих параметрів режиму зварювання. [4, 10, 11]

При виборі джерел живлення враховуємо:

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

Виходячи з форми статичної вольт-амперної характеристики дуги або шлакової ванни роблять вибір зовнішньої характеристики джерела живлення. Визначальними моментами тут є:

- значення коефіцієнта стійкості системи “джерело живлення-дуга” або “джерело живлення-шлакова ванна”;
- стабільність процесу при зміні довжини дугового проміжку.

Зварювальні апарати повинні забезпечувати не тільки необхідний режим зварювання, але і технологічні зручності. в зв'язку з чим, вони, на відміну від джерел живлення, вибираються в основному не тільки за своїми техніко-економічними параметрами, але і в значній мірі за конструкційними особливостями.

Вибір джерела живлення для автоматичного зварювання під шаром флюсу. Під необхідні параметри режиму зварювання підходять декілька варіантів, такі як ТДФ-1001, КИУ-1201, ВДУ-1201, тому джерелом живлення для

автоматичного зварювання під шаром флюсу із дотриманням необхідних режимів зварювання вибрано зварювальний випрямляч КИУ-1201. Розроблений він у Каховському заводі електрозварювального устаткування (КЗЕЗУ) – найбільший в Україні та країн СНД за обсягом виробництва, номенклатурі продукції, який співпрацює з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона, що дозволяє на вищому технічному рівні розробляти та виготовляти універсальне та спеціалізоване електрозварювальне устаткування.[11]



Рис. 3.4 – Зовнішній вигляд КИУ-1201

Для автоматичного та напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів та під флюсом, а також при РДЗ призначений універсальний зварювальний випрямляч, який може застосовуватися як багато постове джерело при комплектації баластними реостатами.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики КИУ-1201

| | | |
|--|----------------------|---------------------|
| Номінальна напруга мережі, В | 3x380 | |
| Частота мережі, Гц | 50 | |
| Номінальний зварювальний струм при ПВ 100%, А | 1250 | |
| Межі регулювання зварювального струму, А | Спадаючі 200-1250 | Жорсткі 250-1250 |
| Межі регулювання робочої напруги, В | Спадаючі 28-56 | Жорсткі 20-56 |
| Активна максимальна еквівалентна використовуюча потужність (с врахуванням ПВ), кВт | 84 | |
| Напруга холостого ходу, В | 85 | |
| Діаметр електродів, мм | 4-10 | |
| Маса, кг | 550 | |
| Габаритні розміри, мм | 960x680x890 | |

В якості зварювального автомату для зварювання під шаром флюсу з врахуванням конструкції та габаритів резервуару та режиму зварювання вибираємо – А1416 (КЗЕЗУ).



Рис. 3.5 - Загальний вигляд автомату типу А-1416

Автомат типу А-1416 – підвісний самохідний автомат, призначений для електродугового зварювання низьколегованих та легованих сталей плавкими електродами (суцільним і порошковим дротом) від шаром флюсу на постійному струмі з незалежними від параметрів дуги швидкостями зварювання і подачі електродного дроту плавною зміною зварювальної напруги, виробляється в двох модифікаціях – на 500 А та 1250 А. Враховуючи параметри зварювання

вибираємо на 1250 А, технічна характеристика якого представлена в таблиці 3.5.[11]

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики автомату типу А-1416

| | |
|--|----------------------------------|
| Номинальна напруга мережі, В | 380 |
| Частота мережі, Гц | 50 |
| Номинальний зварювальний струм при ПВ=100% , А | 1000 |
| Межі регулювання зварювального струму, А | 250-1250 |
| Кількість електродів, шт. | 1 |
| Діаметр електродного дроту, мм | 2-5 |
| Регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/год | Ступінчасте, 12-120 |
| Вертикальне переміщення зварювальної головки - Привод - Хід, мм - Швидкість, м/хв. | Електромеханічний 250 29.4 |
| Поперечне переміщення зварювальної головки - Привід - Хід, мм - Швидкість, м/хв. | Ручний ±75 - |
| Регулювання кута повороту електроду (мундштука) до вертикалі, град. | Ручний ±25 |
| Маршова швидкість переміщення зварювальної головки, м/год | 950 |
| Флюсоапаратура: - Об'єм, дм ³ - Розхід повітря, м ³ /год - Висота всмоктування флюсу, м | 25 30 2 |
| Джерела живлення | КИУ-1201(ВДУ-1201) |
| Маса ,кг - зварювальної головки | 325 |
| Габаритні розміри автомату, мм | 960x860x1860 |

Для зварювання кореневого шва, трубних та фланцевих елементів з врахуванням необхідних параметрів режиму зварювання був вибраний напівавтомат Каховського заводу електрозварювального устаткування – КП015.

Для дугового зварювання електродом на постійному струмі в середовищі захисного газу суцільним або порошковим дротом низьколегованих і легованих сталей, а також корозійностійких (нержавіючих) сталей в середовищі захисного газу в усіх просторових положеннях призначені напівавтомати з широким діапазоном регулювання зварювальних параметрів.



Рис. 3.6- Загальний вигляд напівавтомату КП 015 (КЗЕЗУ)

Для дугового зварювання електродом на постійному струмі в середовищі захисного газу суцільним або порошковим дротом низьколегованих і легованих сталей, а також корозійностійких (нержавіючих) сталей в середовищі захисного газу в усіх просторових положеннях призначені напівавтомати з широким діапазоном регулювання зварювальних параметрів.

Таблиця 3.6 - Технічна характеристика напівавтомату КП 015. [11]

| | |
|--|-------------|
| Номінальна напруга, В | 380 |
| Частота мережі, Гц | 50 |
| Номінальний зварювальний струм, А При ПВ=60% і циклі зварювання 5 хв. | 315 |
| Межі регулювання зварювального струму, А | 50-315 |
| Регулювання напруги на дузі | Плавне |
| Межі регулювання напруги на дузі, В | 18-38 |
| Діаметр електродного дроту, мм | |
| - суцільний | 0.8-1.6 |
| - порошковий | 1.2-1.4 |
| Регулювання швидкості подачі електродного дроту | плавне |
| Межі регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/год | 100-1000 |
| Маса, кг | |
| - механізм подачі дроту | 9.5 |
| - електродного дроту | 5 |
| Габаритні розміри механізму подачі дроту, мм | 495x160x290 |

Джерело живлення напівавтомату КП 015 - КИГ-401



Рис. 3.7 – Вигляд джерела живлення КИГ-401 (КЗЕЗУ)

Технічна характеристика випрямляча зварювального діодного КИГ-401 з ступінчастим регулюванням зварювального струму, з жорсткими ВАХ призначений для механізованого зварювання в складі зварювальних напівавтоматів у середовищі захисних газів представлена в таблиці 3.7. [11]

Таблиця 3.7 - Технічна характеристика КИГ-303. [11]

| | |
|---|---------------------|
| Номінальна напруга, В | 380 |
| Частота мережі, Гц | 50 |
| Номінальний зварювальний струм, А | |
| - ПВ=100% | 240 |
| - ПВ=80% | 170 |
| - ПВ=60% (цикл звар. 10хв.) | 315 |
| Межі регулювання зварювальний струму, А | 60-315 |
| Межі регулювання робочої напруги, В | 20 ступенів, 12-30 |
| Первинна потужність, кВА | 16 |
| Охолодження | Примусове повітряне |
| Маса, кг | 150 |
| Габаритні розміри, мм | 970x510x890 |

Враховуючи те, що конструкція повинна бути високонадійною, повинні проводитися і відповідний контроль: на перших етапах зварювання – це візуальний огляд, але після завершення зварювання, найбільш оптимальний метод контролю – ультразвуковий.

Для цього методу контролю вибираємо ультразвуковий дефектоскоп NOVOTEST УД-3701, який призначений для виявлення дефектів типу порушення суцільності й однорідності матеріалів в напівфабрикатах, готових виробів і зварних з'єднаннях, для вимірювання глибини та координат їх залягання, вимірювання товщини, вимірювання швидкості поширення та загасання ультразвукових коливань в матеріалі.[12]



Рис. 3.8 – Зовнішній вигляд дефектоскопа NOVOTEST УД-3701

Для контролю непроникності резервуару також застосовуємо «гасову пробу». Для виконання цієї перевірки, наносять крейдову обмазку з одного боку зварювального з'єднання, а з іншого – змочують його проникаючою рідиною, в даному випадку – гасом, тому що він володіє високою капілярною активністю і після витримки не менше 4 годин при позитивній і 8 годин при негативній температурі навколишнього повітря виявляють наскрізні дефекти за появи бурих плям на крейдяній обмазці.

3.2 Опис технологічного процесу виготовлення резервуару.

Виготовлення резервуару включає в собі виконання певних операцій технологічного процесу, а саме: заготівельні складально-зварювальні, опоряджувальні та контрольні. Розглянемо кожну з них.

До заготівельних операцій відносять:

- механічне зачищення прокату;
- розміщення розмічування;
- вирізання заготовок плазмовим різанням за допомогою автоматичних плазмо різальних машин (ЧПК). З метою ефективного використання часу та ресурсів, а також врахуванням розмірів застосовуємо плазмове різання. Даний спосіб дає можливість проводити різання металу за розмірами та одночасно здійснювати розроблення кромки під необхідний кут (рис. 3.9, та 3.10). Розроблення кромки проводиться згідно ГОСТ 8713-79 - стикове з'єднання, з розробкою двох кромки – С21. На рис.3.11 представлені конструктивні елементи розкрою кромки та зварного шва.



Рис. 3.9 – Плазмове різання під кутом системою Hypertherm



Рис. 3.10 – Обладнання для плазмового різання з ЧПК (PRO PLAS 1530 та Hypertherm)

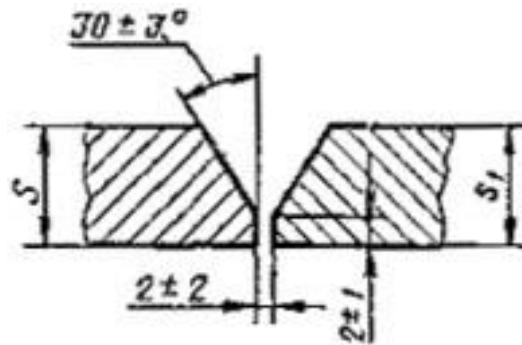


Рис. 3.11 – Конструктивні елементи підготовки кромки

товщина металу $S = 13$ мм; притуплення $t = 3$ мм;

зазор $z = 2$ мм; кут розробки кромки $\alpha = 30^\circ$.

Після заготівельних операцій, деталі транспортують на складання, яке проводять за порядком, встановлюють із дотриманням зазору та виконують прихвачування. Після цього виконують зварювання, готові обичайки, виставляються з необхідними зазорами між собою, та поступово виконується зварювання кільцевого шва, а наступною операцією є центрування днища та обичайки, та після цього - зварювання. Для полегшення та спрощення складально-зварювальних операцій використовуються спеціальні пристосування, які описані в наступному розділі.

Складений під зварювання виріб встановлюють на стенд в зоні дії зварювального апарату, встановлюють необхідні параметри режиму зварювання, і за допомогою напівавтоматичного зварювання в середовищі захисного газу виконують прихвачування.

Після виконання прихваток, проводиться зварювання автоматом із застосування флюсової подушки за розрахованими параметрами режиму зварювання. Флюсова подушка застосовується для утримання рідкої ванни в стику шва та для захисту її від повітря.

Наступними операціями є зачищення зварних швів від залишків флюсу та виправлення можливих дефектів. На кожному етапі виробництва резервуара проводять контроль. Зовнішнім оглядом перевіряють якість складання,

зварювання і зачищення, при необхідності проводять правлення конструкції до відповідності розмірів вказаних на кресленні.

3.3 Нормування витрат матеріалів та електроенергії.

Необхідним фактором при будь-якому виробництві є нормування витрат, оскільки дає змогу економічно використовувати засоби для виробництва. Розрахунок витрат зварювальних матеріалів проведемо згідно ДСТУ 3169-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [13].

Визначаємо норму витрати зварювальних матеріалів на виріб:

$$N = \sum_{i=1}^n H_{pi} \cdot L_i \cdot k_{1i} \cdot k_{2i} \cdot k_{3i} \quad (3.7)$$

де H_{pi} ; - норма витрати матеріалу на 1 м і-го типу шва при даній товщині, кг;
 L_i - довжина і-го типу шва, м; k_{1i} - поправочний коефіцієнт ;
 k_{2i} - поправочний коефіцієнт, k_{3i} - поправочний коефіцієнт.

Також норму витрати захисного газу на виріб $N_{иг}$, кг, можна визначити:

$$N_{иг} = N_{ип} \cdot k_{г} \quad (3.8)$$

де $N_{ип}$ – норма витрати дроту на виріб, кг;
 $k_{г}$ – коефіцієнт, що враховує витрати захисного газу на 1 кг електродного дроту, $k_{г} = 1.15$.

$$N_{иг} = 36.98 \cdot 1.15 \approx 42.5 \text{ кг}$$

Визначення нормативу витрати зварювального дроту

$$H_p = M \cdot k_p, \quad (3.9)$$

де M - маса наплавленого металу, кг; k_p - коефіцієнт витрати дроту.

$$H_p = 38 - 1.02 \approx 36.98 \text{ кг}$$

Визначаємо загальну витрату зварювального дроту:

$$H_p = 36,98 \cdot 40 \approx 497 \text{ кг}$$

Для визначення маси наплавленого металу M в кілограмах на 1 м шва скористаємося формулою:

$$M = F \cdot \rho \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (3.10)$$

де F- площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, см²; ρ - густина металу, 7,85 г/см³; L – довжина шва, яка рівна 100 см.

$$F = S \cdot b + (S - c)^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + 0.75 \cdot (e_g + e_1 g_1) = \\ = 10 \cdot 2 + (10 - 3)^2 \cdot \operatorname{tg} 30 + 0.75 \cdot (0.0025 \cdot 0.003 + 0.001 \cdot 0.001) = 48.3 \text{ см}^2$$

$$M = 48.3 \cdot 7.85 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \approx 38 \text{ кг}$$

$$M_1 = 48.3 \cdot 7.85 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \approx 684 \text{ кг}$$

де M1- загальна маса наплавленого металу на 40 м зварювального шва.

Визначаємо норму витрати захисного газу Н_Г:

$$H_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n (H_{\text{уг}} \cdot T_{0i} + H_{\text{дгі}}) \quad (3.11)$$

де $H_{\text{уг}}$ - питома витрата захисного газу м³/с (л/хв); T_{0i} - основний час зварювання, с (хв); $H_{\text{дгі}}$ - додаткові витрати захисного газу, м³ (л); n - кількість проходів.

$$H_{\Gamma} = (10 \cdot 15 + 5) \approx 155 \text{ л}$$

$$H_{\Gamma} = 155 \cdot 40 \approx 6200 \text{ л}$$

де Н_Г - загальна витрата захисного газу на 40м шва.

Визначаємо основний час зварювання одного метра шва:

$$t_0 = \frac{m_H \cdot 60}{\alpha_H \cdot I_{36}}, \quad (3.12)$$

де m_H - маса наплавленого металу на один метр шва

$$t_0 = \frac{38 \cdot 60}{19.6 \cdot 1000} \approx 0.15 \text{ год} \approx 9 \text{ хв}$$

Тоді, коли загальний час зварювання дорівнює:

$$T = (9 \cdot 40) \cdot 2 \approx 720 \text{ хв} \approx 12 \text{ год}$$

Розрахуємо витрати зварювальних матеріалів при зварюванні під флюсом.

Розрахуємо норми витрат зварювального дроту на 1 пог. м шва:

$$H_n = Q \cdot K_n, \quad (3.13)$$

де H_n - норма витрати зварювального дроту на 1 пог. м шва, кг;

Q - маса наплавленого металу на 1 пог. м шва, кг;

K_n - коефіцієнт переходу від маси наплавленого металу до витрати зварювального дроту.

Сума всіх технологічних відходів та втрат зварювального дроту становить 5% від маси наплавленого металу, $K_n = 1.05$.

$$H_n = 36 \cdot 1.05 \approx 37.8 \text{ кг}$$

Загальні витрати зварювального дроту становлять:

$$H_n = 37.8 \cdot 40 \approx 1512 \text{ кг}$$

Розрахуємо норму витрати флюсів для зварювання 1 пог. м шва:

$$H_\phi = Q \cdot K_\phi, \quad (3.14)$$

де H_ϕ - норма витрати флюсу на 1 пог. м шва, кг;

K_ϕ - коефіцієнт втрат і відходів флюсу.

Коефіцієнт втрат і відходів флюсу приймається $K_\phi = 1.2$

$$H_\phi = 38 \cdot 1.2 \approx 45.6 \text{ кг}$$

Загальні витрати флюсу на 40 м шва становлять:

$$H = 45.6 \cdot 40 \approx 1824 \text{ кг}$$

Визначаємо витрати електроенергії автоматичного зварювання під шаром флюсу на 1 кг наплавленого металу наближено

$$Q = \frac{U_d}{\alpha_H \cdot \eta \cdot k_u} \quad (3.15)$$

де $\alpha_H = 18.5$; $\eta = 0.90\%$; $k_u = 0.65$;

$$Q_{a(A3\Phi)} = \frac{45}{18.5 \cdot 0.9 \cdot 0.65} = 3.97 \text{ Втгод/г}$$

Визначаємо загальні витрати:

$$B = Q \cdot H_n \quad (3.16)$$

$$B_{(A3\Phi)} = 3.97 \cdot 567 \approx 2250 \text{ кВтгод}$$

Для напівавтоматичного зварювання приймаємо: $\alpha_H = 17.7$; $k_u = 0.7$.

$$Q_{a(НДЗ)} = \frac{35}{17,7 \cdot 0,9 \cdot 0,7} = 1,61 \text{ Втгод/г}$$

$$B_{(НДЗ)} = 1,61 \cdot 555 \approx 893 \text{ кВтгод}$$

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок необхідних зусиль притискання елементів зварного виробу.

Так, як зварювання резервуару проводимо за допомогою зварювального порталу на якому розміщений зварювальний автомат то проведемо розрахунок його розрахунок (рис. 4.1) [14]. Для цього користуємось такими даними: $V_{зв}=20$ м/год, $G= 15$ кН, $l_1=0.5$ м, $l_2=1.5$ м, $l=2.5$ м .

Визначаємо реакції ходових коліс та ролика:

$$Q_1 l_2 = G(l_1 + l_2), \quad Q_1 = \frac{G(l_1 + l_2)}{l_2}, \quad Q_1 = 20 \text{ н}; \quad (4.1)$$

$$Q_2 l_2 = G l_1, \quad Q_2 = \frac{G l_1}{l_2}, \quad Q_2 = 5 \text{ н}; \quad (4.2)$$

$$Q_3 l = Q_1(l - l_1), \quad Q_3 = \frac{Q_1(l - l_1)}{l}, \quad Q_3 = 16 \text{ н}; \quad (4.3)$$

$$Q_4 l = Q_1 l_1, \quad Q_4 = \frac{Q_1 l_1}{l}, \quad Q_4 = 4 \text{ н}. \quad (4.4)$$

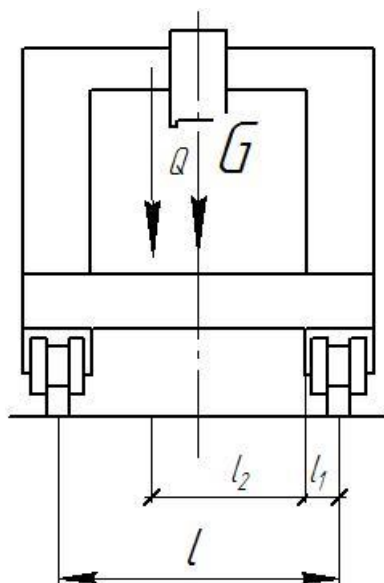


Рис. 4.1 - Розрахункова схема зварювального порталу [14]

Визначаємо радіус r_1 ходових коліс (рис.4.2):

$$\sigma_e = 0,167k_f \sqrt{\frac{PE}{hr_1}} \leq [\sigma] \text{ звідки } r_1 = \left(\frac{0,167k_f}{[\sigma_e]} \right)^2 \frac{PE}{h}, \quad (4.5)$$

де k_f

= 1,05 – коефіцієнт впливу тангенціальних сил тертя (середній режим роботи);

$h = 0,06$ м – ширина контактної поверхні;

$E = 2E_1E_2/(E_1 + E_2)$ – модуль пружності $E = 2,1 \times 10^6$ МПа;

$E_1 = E_2 = 2,1 \times 10^6$ МПа – модулі пружності колеса та рейки, виготовлених зі сталі 65Г;

$P = Q_{\max}$ – максимальне навантаження на колесо, н;

$[\sigma_e] = 70$ МПа – допускане контактне напруження для сталі 65Г.

$$r_1 = \left(\frac{0.167 \cdot 1.05}{70} \right)^2 \frac{20 \cdot 10^{-4} \cdot 2.1 \cdot 10^6}{0.06} = 0,3 \text{ м}$$

Приймаємо радіус колеса $r_1 = 30$ см, тоді діаметр колеса $D_{\text{хк}} = 2r_1 = 60$ см, а діаметр опорного катка призначаємо конструктивно $D_{\text{ок}} = 60$ см.

Визначаємо згинальний момент в осі опорного катка, якщо конструктивно обрана відстань від рами візка до середини підшипника опорного катка $a = 35$ см (Рис.4.3):

$$M_{z_1} = Q_2 a \quad (4.6)$$

$$M_{z_1} = 20 \cdot 0.35 = 7 \text{ нм.}$$

Тоді діаметр осі опорного катка

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10M_{z_1}}{[\sigma]}} \quad (4.7)$$

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 7}{70 \cdot 10^6}} = 0.5 \text{ м.}$$

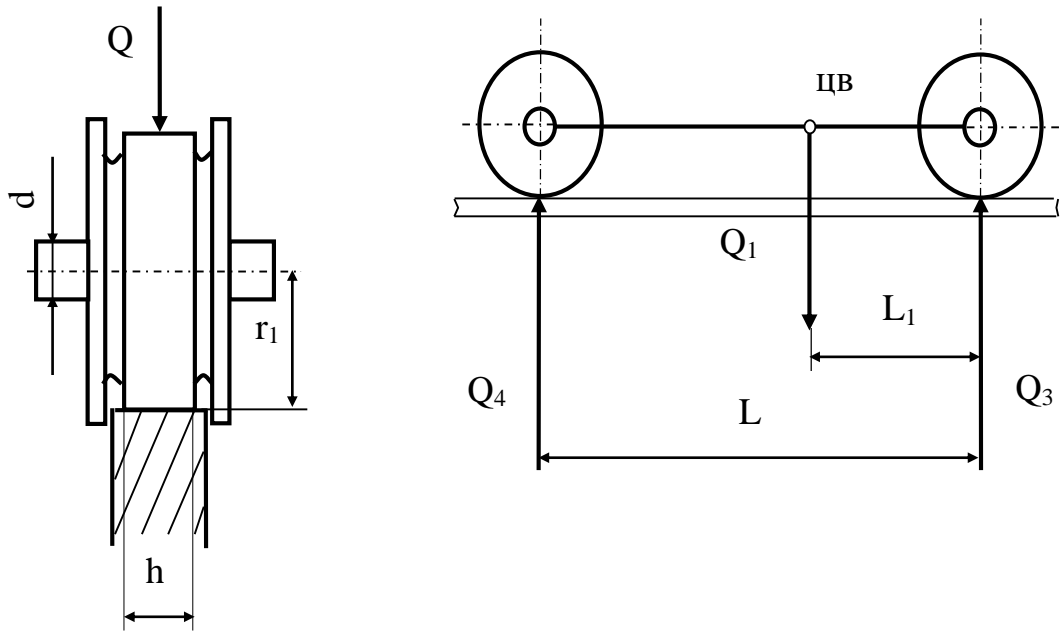


Рис. 4.2 - Схема розподілу сил на колеса однієї рейки [14]

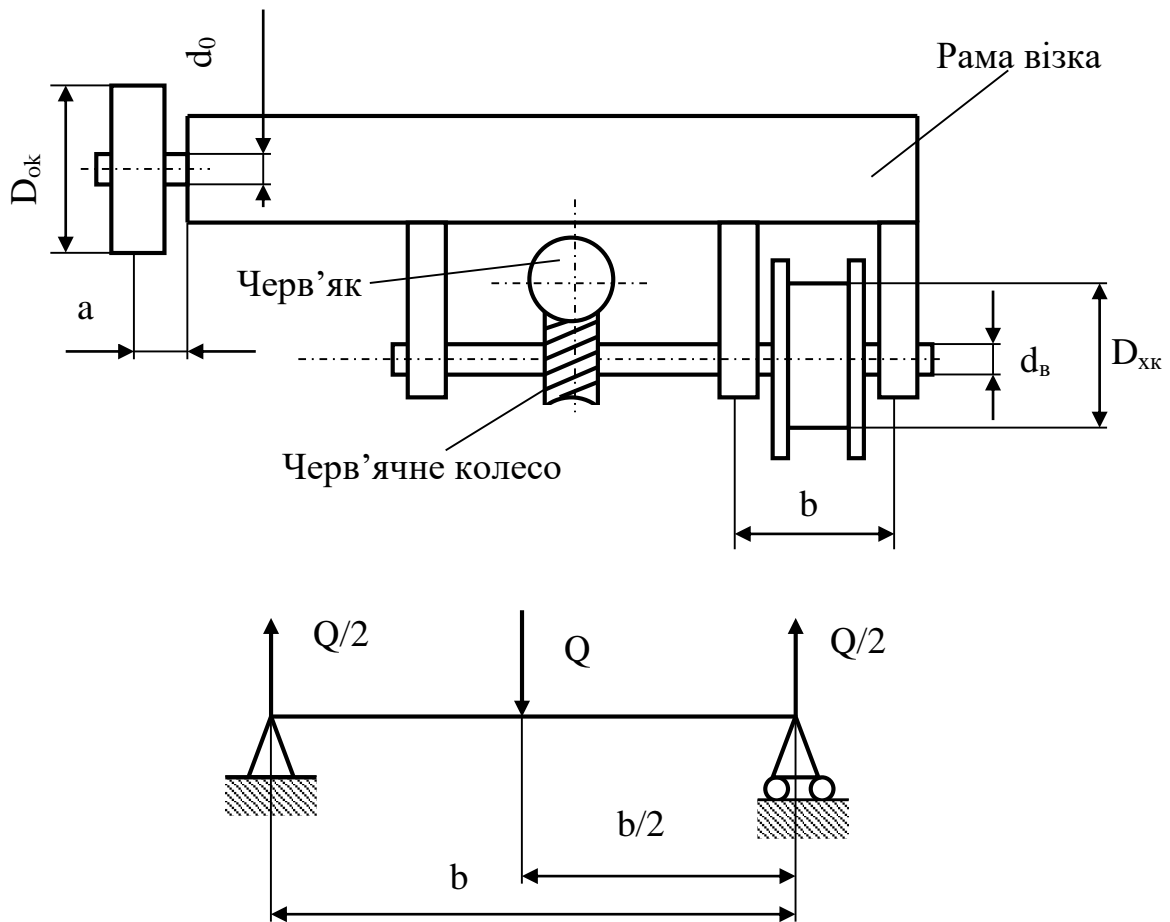


Рис. 4.3 - Конструктивна та розрахункова схеми візка [14]

Конструктивно призначивши відстань між центрами підшипників вала ходового колеса $b = 5$ см, визначаємо згинальний момент на валу ходового колеса навантаженого посередині зосередженою силою Q_3 . (рис. 4.3).

$$M_{зг2} = \frac{Q_3 b}{4} \quad (4.8)$$

$$M_{зг2} = \frac{16 \cdot 0.05}{4} = 2 \text{ нм.}$$

Розраховуємо опір переміщенню візка по рейкам при усталеному русі

$$W_T = \sum_1^n Q_1 k_p \frac{f_n d + 2\mu_k}{D_{ок}} + Q_2 k_p \frac{f_n d + 2\mu_k}{D_{ок}} + Q_3 k_p \frac{f_n d + 2\mu_k}{D_{хк}} + Q_4 k_p \frac{f_n d + 2\mu_k}{D_{хк}}, \quad (4.9)$$

де Q_k -навантаження на кожне колесо та опорний ролик;

$f_n=0,1$ -коефіцієнт тертя ковзання в підшипниках;

$\mu_k=0,0005$ м- коефіцієнт тертя кочення;

$k_p=2,5$ -коефіцієнт тертя реборд колеса об головку рейки;

n - кількість ходових коліс та роликів.

$$W_T = 20 \cdot 2.5 \cdot \frac{0.1 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.0005}{0.6} + 5 \cdot 2.5 \cdot \frac{0.1 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.0005}{0.6} + 16 \cdot 2.5 \cdot \frac{0.1 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.0005}{0.6} + 4 \cdot 2.5 \cdot \frac{0.1 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.0005}{0.6}$$

$$W_T = 19$$

Якщо можливе прискорення $a = 0,1$ м/с², то опір пересуванню візка з урахуванням сил інерції

$$W_D = W_T \cdot G \frac{a}{9,81} \quad (4.10)$$

$$W_D = 19 \cdot 15 \cdot \frac{0.1}{9,81} = 2.9 \text{ н.}$$

Розраховуємо крутний момент на приводному валу

$$M_{кр} = W_D \frac{D_{хк}}{2} \quad (4.11)$$

$$M_{кр} = 2.9 \cdot \frac{0.6}{2} = 0.87 \text{ нм.}$$

Тоді, еквівалентний момент на валу

$$M_e = \sqrt{M_{зг2}^2 + M_{кр}^2} \quad (4.12)$$

$$M_e = \sqrt{2^2 + 0.87^2} = 2.2 \text{ нм.}$$

Уточнюємо діаметр приводного вала

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 2.2}{70}} = 0.68 \text{ м.}$$

Якщо маршова швидкість V_M , а загальний к.к.д. приводу $\eta_0 = \eta_{\text{ч}} \eta_{\text{з}} = 0.6 \cdot 0.9 = 0.54$, де $\eta_{\text{ч}}$ - к.к.д. черв'ячної передачі; $\eta_{\text{з}}$ - к.к.д. зубчастої передачі, визначаємо потужність приводного двигуна,

$$N = \frac{W_d V_M}{\eta_0} \quad (4.13)$$

$$N = \frac{2.9 \cdot 20}{0.54} = 107 \text{ Вт.}$$

Отже, потужність приводного двигуна повинна становити 100 Вт (згідно розрахунку).

Розраховуємо потужність приводного двигуна даного механізму та механізму висування консольної штанги (рис. 4.4 та 4.5) необхідних для піднімання каретки (рис. 4.6 та 4.7) за такими даними: $G_1 = 9 \text{ кН}$; $G_2 = 7 \text{ кН}$; $L = 2.2 \text{ м}$; $l = 0.3 \text{ м}$; $l_1 = 1.85 \text{ м}$; $l_2 = 0.4 \text{ м}$; $V_{\text{п}} = 0.03 \text{ м/с}$; $V_{\text{ш}} = 0.02 \text{ м/с}$; $h = 150 \text{ мм}$.

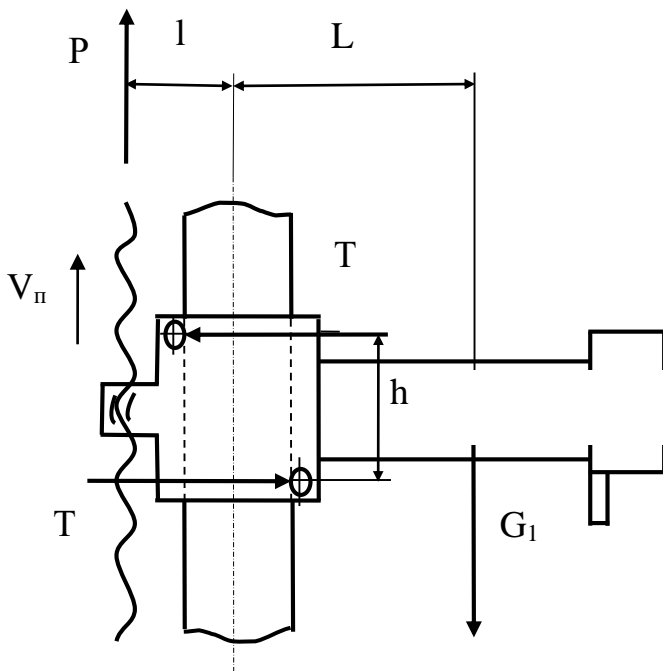


Рис. 4.4 - Гвинтовий механізм піднімання каретки [14]

З рівняння моментів визначаємо опорну реакцію T , для розрахунку механізму піднімання каретки.

$$Th = G_1(L + l), \quad (4.14)$$

звідки

$$T = G_1 \frac{L + l}{h}$$

$$T = 9 \cdot \frac{2.2 + 0.3}{0.15} = 150$$

Конструктивно призначивши відстань між центрами підшипників осі ролика $a = 50 \text{ мм}$ (рис. 4.5), згинальний момент від зосередженої сили T , прикладеної посередині осі ролика визначається з рівняння.

$$M_3 = Ta / 4 \quad (4.15)$$

$$M_3 = 150 \cdot 0.05 / 4 = 1.875 \text{ нм.}$$

Для осі ролика вибираємо сталь 40Х, для якої $[\sigma] = 70 \text{ МПа}$.

Визначаємо діаметр осі ролика:

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10M_3}{[\sigma]}}$$

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 1.875}{70}} = 0.64 \text{ м.}$$

Розраховуємо потужність електродвигуна при швидкості підіймання V_n м/с та загальному к.к.д. механізму підіймання

$$\eta_0 = \eta_r \eta_p \eta_q \eta_s = 0.45 \cdot 0.97 \cdot 0.65 \cdot 0.96 = 0.272 \quad (4.16)$$

$$N = \frac{TV_n}{\eta_0} \quad (4.17)$$

$$N = \frac{150 \cdot 0.03}{0.272} = 17 \text{ Вт.}$$

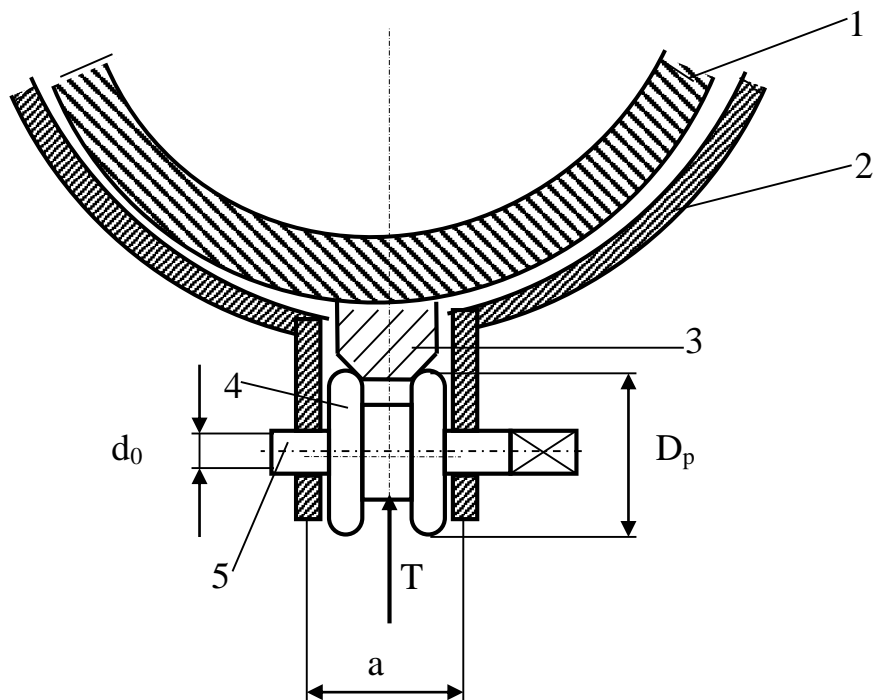


Рис. 4.5 - Конструктивна схема механізму піднімання каретки [14]:

- 1 – колона; 2 – каретка; 3 – клиноподібна рейка; 4 – ролик;
5 – ексцентрична вісь ролика.

Отже, потужність приводного двигуна для механізму підіймання каретки повинна бути 17 Вт.

Визначимо опорні реакції з рівняння моментів, для розрахунку механізму висування штанги (рис. 4.6):

$$Q_1 l_2 = G_2 (l_1 + l_2) \quad \text{та} \quad Q_2 l_2 = G_2 l_1 \quad (4.18, 4.19)$$

звідки

$$Q_1 = G_2 \frac{(l_1 + l_2)}{l_2} \text{ Н}; \quad Q_2 = G_2 \frac{l_1}{l_2} \text{ Н};$$

$$Q_1 = 7 \cdot \frac{(1.85 + 0.4)}{0.4} = 39.4 \text{ Н}; \quad Q_2 = 7 \cdot \frac{1.85}{0.4} = 32.4 \text{ Н};$$

Для визначення згинального моменту в осі напрямного ролика конструктивно призначаємо відстань між осями підшипників $a = 50 \text{ мм}$,

посередині довжини осі діє зосереджена сила $Q_{\max}=Q_1$, оскільки $Q_1>Q_2$ (рис. 4.7)

$$M_{32} = Q_1 a / 4 \quad (4.20)$$

$$M_{32} = 39.4 \cdot 0.05 / 4 = 0.45 \text{ нм.}$$

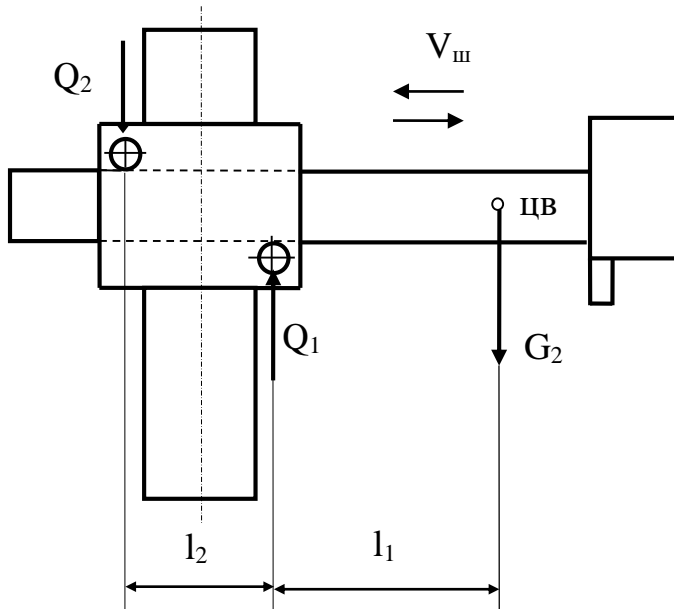


Рис.4.6 - Механізм висування штанги [14]

Розраховуємо діаметр осі ролика (обираємо сталь 40Х для якої $[\sigma]=70$ МПа)

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10M_{32}}{[\sigma]}}$$

Сила опору пересуванню штанги, при діаметрі ролика $d_p=0.4$ м, коефіцієнті тертя кочення $\mu_k=0.0003$ м, коефіцієнті тертя в підшипниках ковзання $f_p=0.1$, та коефіцієнті тертя ролика $k_p=1.5$

$$W_u = (Q_1 + Q_2) \frac{f_p d_0 + 2\mu_k}{d_p} k_p \quad (4.21)$$

$$W_u = (39.4 + 32.4) \cdot \frac{0.1 \cdot 0.4 + 2 \cdot 0.0003}{0.4} \cdot 1.5 = 11 \text{ н.}$$

Якщо прискорення $a=0,1$ м/с², то опір обертанню роликів у період розгону чи гальмування штанги

$$W_{ш.дун.} = W_{ш} + G_2 \frac{a}{9,81} \quad (4.22)$$

$$W_{ш.дун.} = 11 + 7 \cdot \frac{0.1}{9.81} = 7.11 \text{ Н.}$$

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 0.45}{70}} = 0.4 \text{ м;}$$

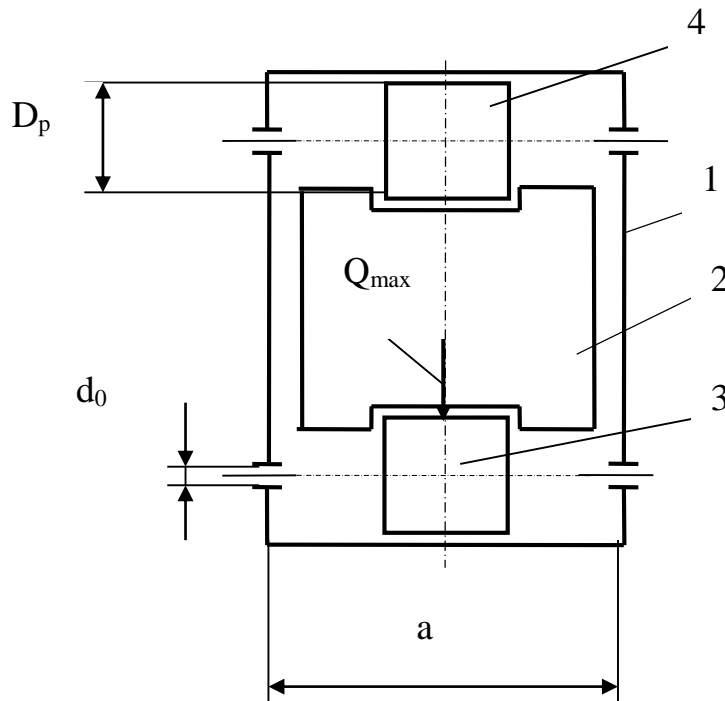


Рис. 4.7 - Розрахункова схема механізму висування штанги [14]:

1 – корпус каретки; 2 – штанга висувна; 3,4 – ролики.

Отримаємо потужність приводного двигуна при $V_{ш}$ та загальному к.к.д.

$$\eta_0 = \eta_2 \eta_4 \eta_3 \eta_p = 0.45 \cdot 0.65 \cdot 0.96 \cdot 0.97 = 0.272$$

$$N = \frac{W_{ш.дун.} V_{ш}}{\eta_0} \quad (4.23)$$

$$N = \frac{7.11 \cdot 0.02}{0.272} = 5 \text{ Вт.}$$

Отже, для механізму висування штанги необхідний приводний двигун потужністю 5 Вт.

4.2 Розрахунок зварних з'єднань на міцність.

Визначаємо напруження в повздовжніх швах циліндричної частини резервуару радіусом R з товщиною стінки $\delta_{об}$ за формулою [15]:

$$\sigma_n = \frac{P \cdot R}{\delta_{об}} \leq [\sigma]_{ш}, \quad (4.24)$$

де: σ_n - напруження, що виникають у повздовжніх швах, МПа; $[\sigma]_{ш}$ - допустимі напруження в швах, МПа, $[\sigma]_{ш} = 140$ МПа; P- надлишковий тиск, P=2 МПа ; R - радіус обичайки, R =0,8м; $\delta_{об}$ - товщина стінки обичайки, $\delta_{об} = 13$ мм.

$$\sigma_n = \frac{2 \cdot 0,8}{0,013} = 123 \text{ МПа}; \sigma_n < [\sigma]_{ш}.$$

Визначаємо напруження в кільцевих швах резервуару за формулою [15]:

$$\sigma_k = \frac{P \cdot R}{2 \cdot \delta_{об}} \leq [\sigma]_{ш}, \quad (4.25)$$

де: σ_k - напруження, що виникають в кільцевих швах, МПа.

$$\sigma_k = \frac{2 \cdot 0,8}{2 \cdot 0,013} = 62 \text{ МПа}; \sigma_k < [\sigma]_{ш}.$$

Розраховуємо шви в сферичній частині резервуару за формулою [15]:

$$\sigma_{сф} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot \delta_{сф}} \leq [\sigma]_{ш}, \quad (4.26)$$

де: $\sigma_{сф}$ - напруження в шві сферичної частини резервуару, МПа; $\delta_{об}$ - товщина стінки днища, $\delta_{об} = 10$ мм.

$$\sigma_{сф} = \frac{2 \cdot 0,8}{2 \cdot 0,01} = 80 \text{ МПа}; \sigma_{сф} < [\sigma]_{ш}.$$

4.3 Опис конструктивних схем зварювального устаткування та опис їх роботи.

Найбільш ефективне автоматичне зварювання сферичних оболонок за використанням маніпуляторів, якими забезпечується рівномірне обертання з можливістю поступового проходження кожного шва оболонки через верхню чи нижню зони сфери, де розміщуються зварювальні автомати. За способами виконання трьох основних операцій маніпулятори розрізняються: обертання оболонки для зварювання меридіональних і екваторіальних стиків; обертання оболонки для зварювання кільцевих швів у днищі; переустановлення оболонки резервуару для зварювання наступного стику.

На стенді складання замикаючого стику обичайки (рис. 4.8) [1] прихвачена обичайка краном з транспортною траверсою встановлюється на ложементи і під власною вагою по роликах опускається на підйомні плити, при цьому ковзаючи по роликах зустрічним рухом, крайки стику обичайки щільно притискаються одна до одної. Для усунення повздовжнього зміщення кромки використовуються пневмоциліндри. На кінцях штоків пневмоциліндрів змонтовані механізми захвату і торцювальники. Торцювальником забезпечується вирівнювання країв обичайки на її торцях, а зміщення їх один відносно одного за товщиною листа – захватами, змонтованими на торцевих частинах стенда. Площинність за товщиною стику в іншій частині обичайки забезпечується плитами, які послідовно, після постановлення чергового прихоплювання, піднімають пневмоциліндри на висоту, необхідну для місцевого вирівнювання кромки.

Технологічні процеси складання-зварювання кільцевих швів зварних ємностей здійснюються на робочих позиціях, що, як правило, комплектуються роликовими стендами та спеціалізованими установками. Перед зварюванням забезпечується задана точність складання з'єднань під зварювання. Для чого зазвичай використовуються спеціалізовані установки для складання корпусів ємностей. [1]

Основними вузлами установки для складання корпусів під зварювання є (рис. 4.9): портал, упор для притискання під час складання, пересувний упор для

притискання обичайок. Для вирівнювання країв обичайок в процесі складання на порталі встановлені три складальних циліндри: вертикальний циліндр розміщується на поперечній балці portalу, а два горизонтальні циліндри закріплюються на каретках і мають можливість вертикального переміщення в напрямних по стояках portalу (для установаження по осі складання ємностей). На нерухомому упорі для притискання під час складання кріпиться упорний диск з гідроциліндром який, в залежності від діаметра складаної ємності встановлюється на необхідній висоті, а аналогічний упорний диск є і на пересувному упорі для притискання обичайок. Рухомий упор переміщається по рейках, укладених на раму роликового стенда, а портал переміщається вздовж роликового стенда. [1]

У вихідному положенні портал відводиться в крайнє положення, де на роликовий стенд встановлюється обичайка на відстані від упорного диска, достатній для встановлення першої обичайки резервуару. Далі ролик пересувного упору встановлюється на висоту верхнього краю обичайки, упор підводиться до обичайки і фіксується, а потім за допомогою гідроциліндра пересувний упор переміщується вправо, натискаючи роликом на торець обичайки і, тим самим, вибираючи зазор між першою обичайкою і другою обичайкою. Після цього портал переміщається вліво до збігу осей складальних циліндрів зі стиком. Натискаючи штоком вертикального гідроциліндра на верхній край обичайки, якщо вона вище краю іншої обичайки, або штоками горизонтальних гідроциліндрів на крайки обичайки, якщо верхня крайка обичайки нижче краю іншої обичайки, вирівнюються верхні крайки першої обичайки і обичайки за висотою, після чого вони прихоплюються ручним зварюванням, а потім складаний корпус ємності вивільняється із затискання гідроциліндрами і обертається на роликовому стенді на певний кут для подальшого стикування і чергового прихоплювання. Прихоплювання вздовж країв складеного корпусу виконуються по всьому периметру стикування складання наступних обичайок виконується аналогічно, при цьому замикаюче днище підтискається не роликами, а упорним диском по осі корпусу ємності. [1]

Для підвищення технологічності та продуктивності, враховуючи те, що даний резервуар буде виготовлятися в масовому виробництві, до складу даної установки включається спеціальний роликівий стенд.

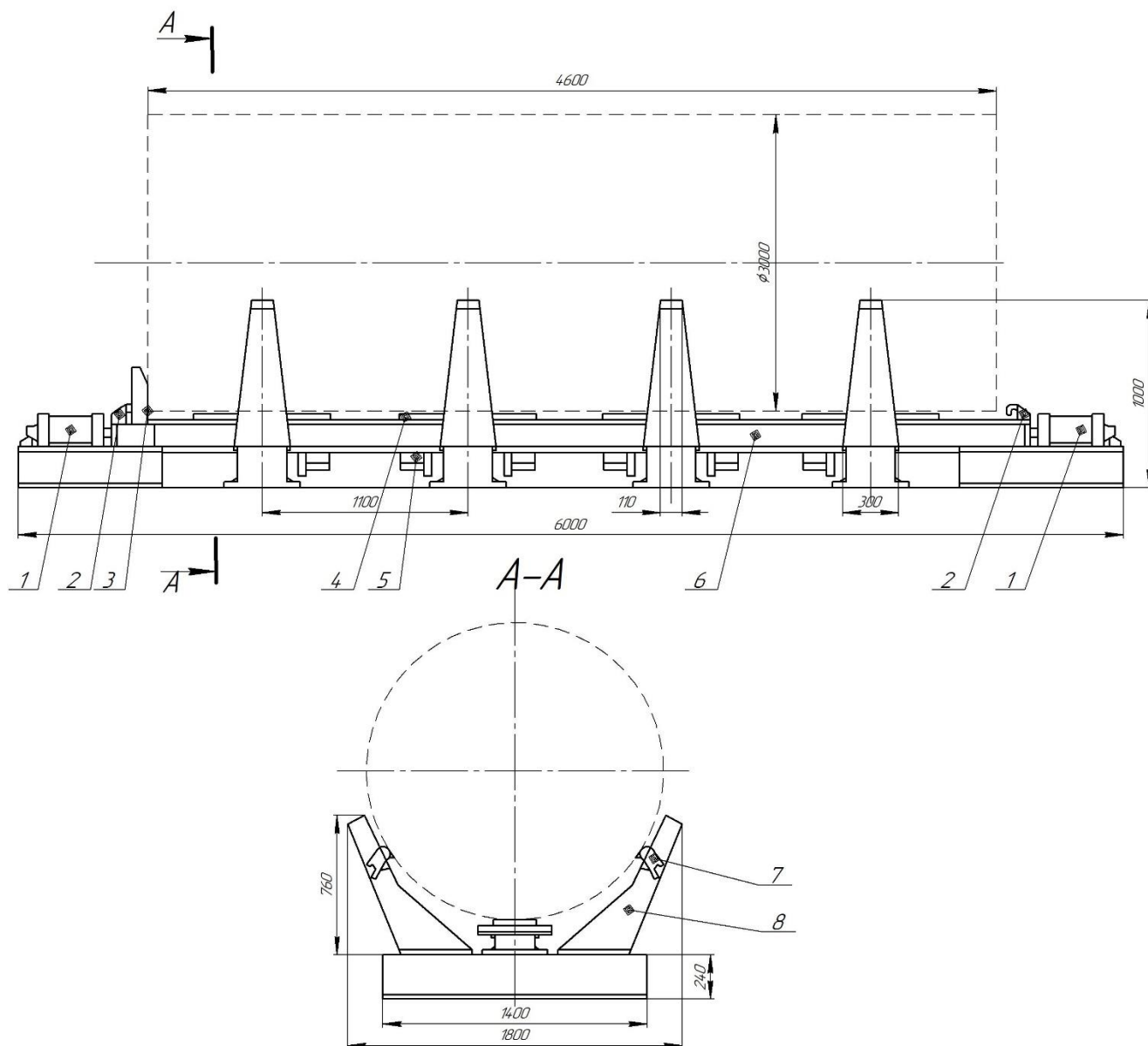


Рис. 4.8 – Схема стенда складання замикаючого стику резервуару

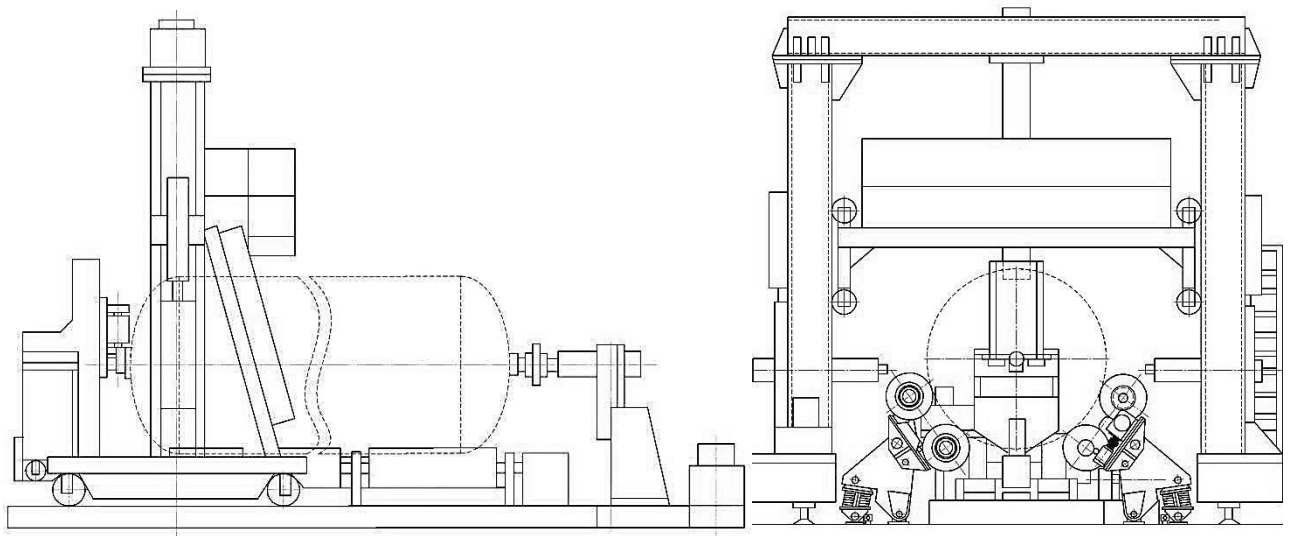


Рис. 4.9 – Схема установки для складання резервуару з роликівим стандом

Для зварювання повздовжніх швів обичайки використовуємо установку в комплекті із зварювальним апаратом, за допомогою якої відбувається автоматичне зварювання під шаром флюсу. Зварюваний апарат може розміщатися або вмонтовуватися на установках для переміщення зварювальних апаратів (колонах, глагольних, консольних або як в нашому випадку – порталних самохідних візках), або на напрямних металокопструкціях установки. [1]

Установка для складання обичайки з днищами (рис. 4.10) складається з роликівого станда, двох центраторів і підйомних обертачів. [1]

Днище резервуару, закріплене в спеціальному захваті, в вертикальному положенні підводиться до обичайки, торці якої розміщуються в центраторі, а потім днище встановлюється на консольні опори і притискається до обичайки гвинтовими торцевими притискачами. Після цього центратором, оснащеним групами радіальних гідропритискачів (кожна група має секційне керування), посеційним вмиканням проводиться суміщення зовнішніх кромок днища і обичайки по кільцевому стику, а після з'єднання кромок днища і обичайки виконується їх прихоплення. [1]

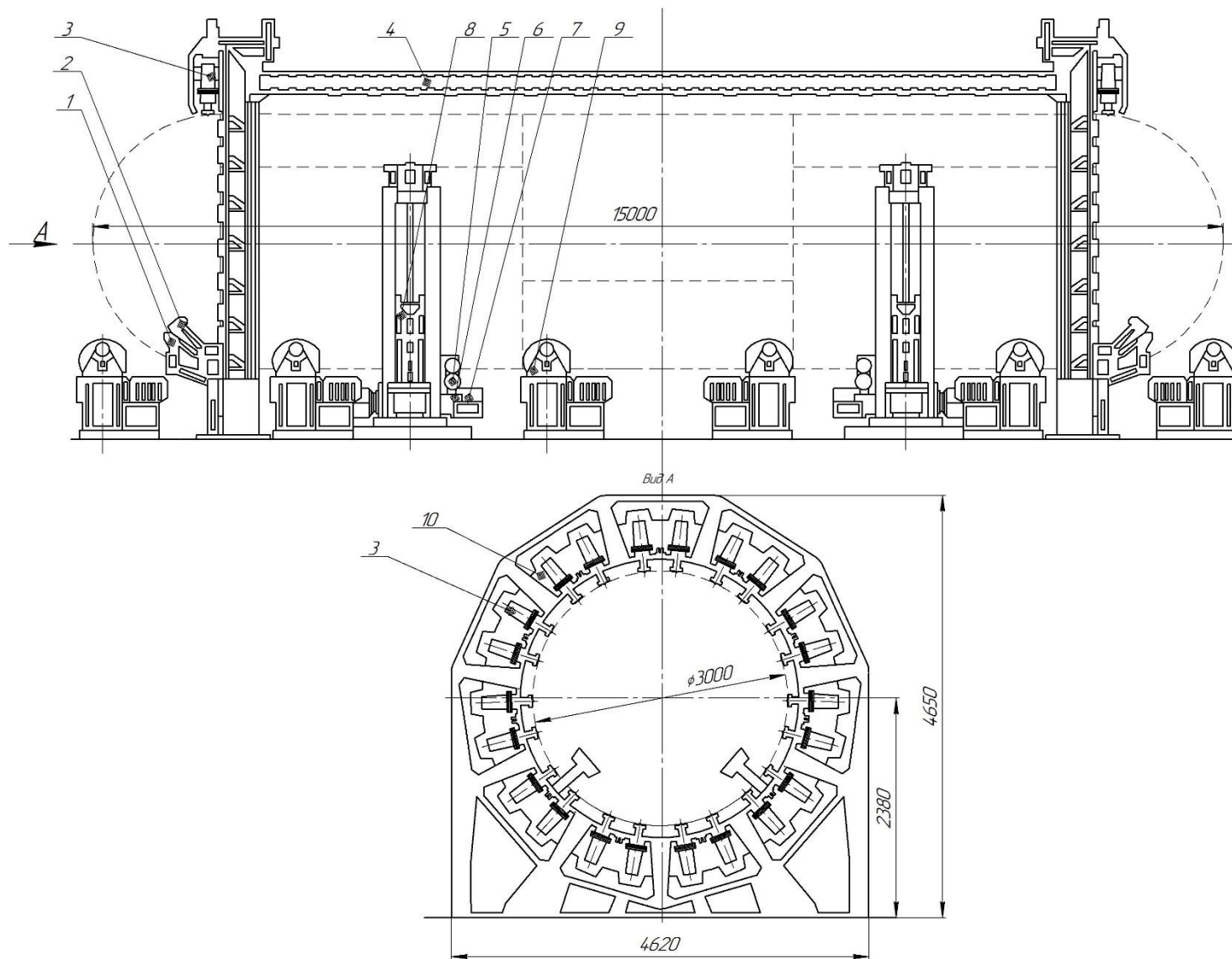


Рис. 4.10 – Схема установки для складання обичайок і днищ

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

5.1.1 Оцінка технологічного процесу згідно вимог техніки безпеки, електробезпеки та пожежної безпеки

До основних технічних засобів безпеки, спрямованих на боротьбу з виробничим травматизмом при зварюванні під флюсом відносять : механізацію та автоматизацію виробничих процесів; огорожувальні пристрої, сигналізацію, застосування запобіжних знаків і надписів; впровадження дистанційного керування; виявлення спеціальних пристроїв; використання індивідуальних засобів захисту [16].

Дані положення стосуються також і при виготовленні резервуара.

До індивідуальних засобів захисту зварника відносять : спецодяг, спецвзуття, діелектричні килимки, дерев'яні решітки, рукавиці, щитки. Для роботи на стаціонарних постах зварник використовує фартух, який захищає від розбризкування.

Робоче місце зварника повинно утримуватись в чистоті , не допускаючи нічого зайвого, що заважає на робочому місці, а також в переходах. Деталі і заготовки повинні знаходитись в стійкому положенні на підкладках і стелажах. Висота штабелів не повинна перевищувати півтори ширини чи півтори діаметра основи штабелів і в усіх випадках не повинна бути більшою ніж 1м [20 ,с.302].

Зварювальні кабелі не можна розміщувати поблизу зварювальних шлангів і трубопроводів, а також поблизу кисневих балонів. Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, які забезпечують захист робочого персоналу від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля.

Основними причинами ураження електричним струмом при виготовленні обичайки балона є взаємодія електричного струму, який проходить у зварювальному колі, дотикання до відкритих струмопровідних частин і проводів,

ізоляція яких пошкоджена; дотикання до металевих частин обладнання, які випадково опинились під напругою.

Для запобігання ураження електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, в тому числі при замиканні на корпус зварювальне обладнання, яке застосовується для виготовлення обичайки балона, заземляють.

Для швидкодіючого захисту, який забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні в ній небезпеки ураження струмом застосовують аварійне вимкнення. Основними частинами пристрою аварійного вимкнення є прилад аварійного вимкнення і автоматичний вимикач.

Причини пожеж при виготовленні зварної конструкції можуть бути різними: бризки розплавленого металу, від яких можуть загорітись легкозайmistі матеріали; замикання кабелів; недотримання правил пожежної безпеки. Тому в місця зварювання не допускають попадання легкозайmistих предметів, мастильних матеріалів.

На ділянці цеху, де виготовляють дану конструкцію, для швидкої ліквідації пожеж передбачені засоби гасіння вогню: вогнегасник, ящик з піском, лопата, відро.

Оцінюючи спроектований технологічний процес можна зробити висновок, що застосування зварювання під шаром флюсу призводить до відносно малого розбризування, а в свою чергу веде до зниження ймовірності появи пожеж (внаслідок бризг розплавленого металу).

Виходячи з вищевказаного можна зробити висновок, що при виготовленні виробу спроектований технологічний процес задовільняє вимоги електробезпеки і пожежної безпеки. На підприємстві дотримуються правил техніки безпеки. В цеху є в наявності засоби для швидкого гасіння вогню.

5.1.2 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою зварювального обладнання

Захисне заземлення – передбачає з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть випадково бути під напругою.

Захисне заземлення є ефективною мірою захисту при живленні електроустаткування від електричних мереж напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю і напругою більше 1000 В з любым режимом нейтралі.

У відповідності ПУЕ захисне заземлення потрібно виконувати при паузі напруги змінного струму 380 В і більше і напруги постійного струму 440В і більше у всіх електроустановках; при номінальній напрузі змінного струму більше 42 В і напрузі постійного струму більше 110 В - тільки в електроустановках, які розміщені в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, а також у зовнішніх установках; при будь-якій напрузі змінного і постійних струмів, у вибухонебезпечних установках.

Захисна дія заземлення основана на зниженні напруги дотику, що досягається шляхом зменшення потенціалу на корпусі устаткування відносно поверхні землі.

Заземлюючим пристроєм називається наявність заземлювача (металевого провідника чи групи провідників, які безпосередньо знаходяться в контакті із землею) і заземлюючих провідників, які з'єднують частини електроустановки із заземлювачем.

Матеріалом захисного заземлюючого пристрою є сталь. В залежності від розміщення заземлювачів по відношенню до устаткування, яке заземлене – заземлення буває виносне і контурне.

Метою розрахунку є визначення кількості і розмірів заземлювачів і складання плану розміщення заземлювачів.

Розрахунок захисного заземлюючого пристрою проводимо за [17].

Завдання: розрахувати захисне заземлення ділянки з виробничими установками, які живляться від мережі напругою 380В з ізольованою нейтраллю. В якості електродів – заземлювачів приймаємо сталеві трубки (кутники)

довжиною l і діаметром d , які з'єднані між собою сталеву стрічкою шириною $b = 0,04$ м. Коефіцієнти використання заземлювачів η_3 і з'єднувальної стрічки η_c . Крок між заземлювачами рівний d . Заглиблення верхнього кінця трубки і з'єднувальної стрічки $H = 0,8$ м. Питомий опір ґрунту ρ .

Дано: $\rho = 20$ Ом м; $l = 3$ м; $a = 0,8$ м; $d = 6$ м; $\eta_3 = 0,74$; $\eta_c = 0,75$.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту ρ_p в якому має бути розміщений заземлювач за формулою:

$$\rho_p = \rho \cdot \psi, \quad (5.1)$$

де ψ - кліматичний коефіцієнт, який вибирається в залежності від вологості ґрунту, $\psi = 1,3$.

Звідси:

$$\rho_p = 20 \cdot 1,3 = 26 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Визначаємо опір розтікання струму одного вертикального заземлювача (труби), заглибленого нижче рівня землі на $H = 0,7$ м за формулою:

$$R_3 = \frac{\rho}{2 \times \pi \times l} \times \left(l_n \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} l_n \frac{4t + l}{4t - l} \right), \quad (5.2)$$

де, $t = H + 0,5 \times l$ - відстань від поверхні ґрунту до середини труби;

$$t = 0,8 + 0,5 \cdot 3 = 2,3 \text{ м}$$

Звідси:

$$R_3 = \frac{26}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(l_n \frac{2 \cdot 3}{0,045} + \frac{1}{2} l_n \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 4,04 \text{ Ом}.$$

Визначаємо необхідну кількість заземлювачів за формулою:

$$n = \frac{R_3}{R_1 \times \eta_3}, \quad (5.3)$$

де R_n – нормований опір заземлюючого пристрою (ПУЕ).

Звідси:

$$n = \frac{4,04}{4 \cdot 0,74} = 1,36.$$

Приймаємо $n = 2$.

Визначаємо опір розтікання струму з'єднувальної смуги за формулою:

$$R_c = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L_c} \times \ell_n \frac{2 \times L_c}{\hat{a} \times H}, \quad (5.4)$$

Звідси:

$$R_3 = \frac{26}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \frac{2 \cdot 3,15}{0,05 \cdot 0,8} = 8,16 \text{ Ом.}$$

Визначаємо довжину з'єднувальної смуги, якщо електроди розміщені в ряд:

$$L_c = 1,05 \cdot d \cdot (n-1). \quad (5.5)$$

Якщо, стрічки розміщені по контуру, то:

$$L_c = 1,05 \cdot d \cdot n = 1,05 \cdot 6 \cdot 2 = 12,6 \text{ м;}$$

$$L_c = 1,05 \cdot 6 \cdot (2-1) = 6,3 \text{ м.}$$

Визначаємо загальну величину опору розтікання струму заземлюючого пристрою за формулою:

$$R_{\text{зп}} = \frac{R_3 \times R_c}{R_3 \times \eta_{\text{п}} + R_c \times \eta_3 \times n}, \quad (5.6)$$

$$R_3 = \frac{8,16 \cdot 4,04}{8,16 \cdot 0,46 + 4,04 \cdot 0,75 \cdot 2} = 3,36 \text{ Ом.}$$

Величина опору штучних заземлювачів задовольняє вимогу $R_{\text{зп}} \leq 4 \text{ Ом}$.

5.1.3 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

Горючими речовинами і матеріалами в електроустановках являються в основному органічні речовини – папір, тканини, гума, пластмаси, мінеральні мастила тощо. Горіння їх, звичайно, супроводжується значним виділенням диму і газоподібних продуктів розкладу, часто має вигляд тління. Мінеральне мастило(трансформаторне) і кабельні мастики горять кіптявим полум'ям із значним виділенням оксиду вуглецю, що є отруйним газом.

Якщо установка, яка горить, не відключена і знаходиться під напругою, то її гасіння являє собою додаткову небезпеку ураження персоналу електричним

струмом. Тому, як правило, приступати до гасіння пожежі електроустановки можна тільки після відключення від джерела струму. Коли це неможливо, а пожежа швидко розвивається, то допускається гасіння пожежі електроустановки яке знаходиться під напругою, але із дотриманням особливих заходів електробезпеки. Для гасіння пожежі електроустановки (маслонаповнених трансформаторів, електричних машин, кабельних ліній, прокладених в тунелях та інше) можна використовувати воду (розпилену або компактним струменем), повітряно – механічну піну, інертний газ, порошки та інші вогнегасні засоби (закривання предметів горіння сухим піском та інше).

У випадку необхідності гасіння пожежі не відключеного електроустановки для виключення можливості ураження електричним струмом необхідно дотримуватися наступних правил:

- керівником гасіння пожежі в електроустановці до прибуття першого пожежного підрозділу, викликаного по тривозі являється старший із числа працюючих на даному обладнанні, або відповідальний за електрогосподарство (головний енергетик, начальник електроцеху) . Після прибуття пожежного підрозділу старший команди приймає на себе керівництво гасіння пожежі;
- відключення проводів, на яких горить обладнання проводиться черговим електротехнічним персоналом без попереднього одержання дозволу вищестоящої особи, що здійснює оперативне керівництво по експлуатації електроустановки, але з наступним повідомленням його після закінчення операції відключення;
- гасіння пожеж компактними і розпиленими водяними струменями без зняття напруги з електроустановки допускається тільки у відкритих для огляду електроустановках, у тому числі кабелів при номінальній напрузі до 1 кВ. При цьому стовбур пожежного водогону повинен бути заземлений , а стовбурник повинен працювати в діелектричних ботах і рукавицях та знаходитися від осередку пожежі на відстані не менше 3.5 м при діаметрі струменя води 13 мм, при напрузі до 1 кВ включно і 4.5 м – при напрузі до 10кВ. При діаметрі струменя 19 мм ці відстані збільшуються відповідно до 4 і 8 метра;

- не дозволяється для гасіння електрообладнання, яке знаходиться під напругою застосовувати сильно забруднену воду. Гасіння пожеж в електроустановках, які знаходяться під напругою з всіма видами пін з допомогою ручних вогнегасників забороняється, оскільки піна і розчин піноутворювача у воді володіють підвищеною електропровідністю.

Щоб запобігти виникненню пожеж в цеху встановлено тепловий повідомлювач АТИМ -3 і димовий повідомлювач ДИ – 1.

Для швидкої ліквідації займань в цеху на щитку пожежної безпеки є 5 вогнегасників марки ОУ – 5, в яких вогнегасячий засіб (вуглекислота) не проводить електричний струм, а також декілька мішків з сухим піском.

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1 Захист людей в надзвичайних ситуаціях техногенного характеру

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

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

Планується та проводиться у комплексі три основні заходи захисту людей [18]:

- укриття людей в захисних спорудах;
- розселення у замській зоні робітників та службовців підприємства;
- використання працюючих засобів індивідуального захисту та медичних засобів.

Крім цього організується та проводиться обов'язкове навчання працюючих заходам захисту. Передбачається оповіщення працівників про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирній ситуацію.

Проводиться радіаційна, хімічна та біологічна розвідка, встановлюється режим захисту працюючих та службовців, дозиметричний і лабораторний

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

5.2.2 Проведення рятувальних робіт

Для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт в осередках хімічного ураження використовується формування протирадіаційного і протихімічного захисту, команди знезараження, та формування охорони громадського порядку.

Особливий склад, який залучається до рятувальних і інших невідкладних робіт, повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту органів дихання та шкіри, індивідуальними протихімічними пакетами.

При визначенні хімічного забруднення командир групи розвідки визначає тип отруйних речовин і наказує встановити попереджувальні знаки на забрудненій території і доповідає командирі формування про ситуацію, яка складається. Командир формування приймає рішення про проведення рятувальних і інших невідкладних робіт.

Рятувальні групи та ланки санітарних дружин на вказаній території оглядають виробничі приміщення, захисні споруди, визначають кількість уражених, на них одягають протигази знезаражують краплі отруйних речовин на шкірі та одягу, евакуюють в найближчій загін медичної допомоги. Потім в лікувальні заклади.

Після виконання поставленого завдання або після змін формування, групи рятувальників направляються на пункт санітарного оброблення, а потім на відпочинок.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі магістра розглянуто питання щодо обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення резервуару для зберігання мінеральних добрив та проведено дослідження шляхом моделювання його напружено-деформівного стану.

Дослідження з моделюванням напружено-деформівного стану були проведені в програмному комплексі SolidWorks, які показали, що максимальне значення нормальних напружень $\sigma_{\max} = 138 \text{ МПа}$ менше за границі текучості на 1,6 рази, а коефіцієнт концентрації напружень необроблених стикових швів не перевищує $\alpha_k = 1.5$, то умова міцності виконується. Прогини резервуара при заповненні його рідиною становить 1 мм при довжині 15000 мм.

Проведені дослідження шляхом моделювання напружено-деформівного стану та прийняті інженерно-технологічні рішення дозволили вдосконалити технологію виготовлення зварного резервуара. Це дало змогу суттєво підвищити та покращити окремі показники технологічного процесу, а саме: підвищити рівень автоматизації та механізації окремих процесів, покращити якість та ефективність складально-зварювальних операцій, забезпечити отримання більш якісних зварних з'єднань.

Для цього було проведено модернізацію та розроблено деякі вузли конструкції складально-зварювальних пристосувань, що дали змогу підвищити якість складання та зварювання конструкції і зменшити підготовчо-заключний час на операціях. Крім того, завдяки застосуванню запропонованих нововведень вдалося досягнути значного покращення умови роботи виробничих робітників.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кривов, Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Кривов, Г.О., Зворикін, К.О. – К.:КВІЦ, 2012.-896 с.
2. Марочник сталей и сплавов: справочник / под ред. В.Г. Сорокина. - М.: Машиностроение, 1989, - 640 с.
3. ДБН В.2.2-7-98 «БУДІВЛІ І СПОРУДИДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН».
4. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання плавленням» / М.І. Підгурський, Б.П. Татарин, І.Б. Окіпний, В.С. Сенчишин. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 95 с.
5. В.Т. Трощенко Втома металів при неоднорідному напруженому стані.Методи оцінки напруженого стану і результати дослідження./ Трощенко В.Т., – Проблеми міцності.,2010, №2.,24 с.
6. Труфяков Сварка в машиностроении: В 4-х т.Т.2 т /Под ред. А.И. Акулова. - М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.
7. Думов С.И. Технологияэлектрической сварки плавлением: учеб. / С.И. Думов. – Л.: Машиностроения, 1987. – 640 с.
8. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением : учеб. /А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977.– 432 с.
9. Сварочные материалы для дуговой сварки. Т2. Сварочная проволока и электроды: справочное пособие / под общей редакцией Н.Н. Потапова. – М.: Машиностроение, 1993. – 768 с.
10. Биковский, О.Г. Довідник зварника: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
11. <https://kzeso.com>
12. Волченко, В.Н. Контроль качества сварных конструкций / В.Н. Волченко. - М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.

13. ДСТУ 3169-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання»
14. Карпенко, А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві / А.С. Карпенко. – К.: Арістей, 2005 – 268 с.
15. Серенко, А.Н. Расчет сварных соединений и конструкций. Примеры и задачи / Серенко А.Н., Крумбольт М.Н., Багрянський К.В. – К.: Высшая школа, 1977 – 336 с.
16. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник / О.Г. Левченко. – К.: Основа, 2010 – 240с.
17. Бедрій Я.І. Охорона праці: навчальний посібник.- К.:Цул, 2002.- 322с.
18. Стеблюк М.І. С79 Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487 с.

ДОДАТКИ