

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут матеріалознавства і зварювання ім.Є.О. Патона

Кафедра смарт технологій з'єднань та інженерії поверхонь

«На правах рукопису»

УДК 621.791

«До захисту допущено»

В.о.завідувача кафедри

_____ Ігор СМІРНОВ

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**на тему: «Антикорозійний захист внутрішньої поверхні резервуару газотермічним
напиленням»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ЗП-з91мп

Затолока Андрій Ігорович

Керівник:

к.т.н., доц Попіль Ю.С.

Консультант з Охорони праці:

Д.т.н. професор Левченко О.Г.

Консультант з Startup проекту :

доц., к.е.н., Тимошенко Наталя Юріївна

Рецензент:

Професор, д.т.н., зав. кафедри ЗВ

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

РЕФЕРАТ

В магістерській дисертації виконується розробка нанесення антикорозійного покриття на внутрішню резервуару. Розроблений технологічний процес нанесення покриття на поверхню цього виробу, в тому числі: вибрано способи напилення та вибрано параметри режимів зварювання, розроблено технологічне оснащення для напилення. Обґрунтований вибір технологічного обладнання для напилення резервуару .

Проведено дослідження механічних характеристик поверхні отриманого за розробленою технологією напилення

В стартап розділі розраховані такі показники для нової технології як, показники продуктивності, капітальні вкладення і економічна ефективність проектного рішення.

У розділі «Охорона праці» проаналізовані основні шкідливі фактори, які впливають на здоров'я робітників і розроблені заходи до їх усунення.

Ключові слова: Напилення, Плазмовий розпилювач, резервуар, автоматизація

ABSTRACT

In the master's dissertation the development of anticorrosive coating on the inner tank is carried out. The technological process of coating the surface of this product is developed, including: the methods of spraying are selected and the parameters of welding modes are selected, the technological equipment for spraying is developed. Reasonable choice of technological equipment for tank spraying.

A study of the mechanical characteristics of the surface obtained by the developed technology of spraying

The startup section calculates such indicators for new technology as productivity indicators, capital investments and economic efficiency of the project solution.

The section "Occupational Safety" analyzes the main harmful factors that affect the health of workers and developed measures to eliminate them.

Key words: Spraying, Plasma sprayer, tank, automation

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРУ.....	8
1.1. Призначення виробу та умови його експлуатації.....	8
1.2 Призначення виробу та умови його експлуатації.....	9
1.3 Основний матеріал, який зварюється та напилюється.....	10
1.4 Здатність до зварювання	11
2 АНАЛІЗ РОБОТИ РЕЗЕРВУАРУ ТА КОРОЗІЯ	15
МЕТОДИ ЗАХИСТУ МЕТАЛІВ ВІД КОРОЗІЇ.....	17
3 ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБУ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ.....	21
4. ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ НАПИЛЕННЯ. .	29
6 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ.	33
Вибір джерел живлення.....	33
Вибір блоку охолодження плазмотрону.	34
Вибір системи руху плазмотрон – деталь.....	35
Вибір допоміжного обладнання.	37
Вибір шафи керування.....	37
Вибір дозатора живильника.	38
8 Стартап проект	44
8.1 Нормування праці	44
6.2 Визначення технологічної собівартості напилення горизонтального резервуару	44
6.3 Визначення економічної доцільності проектного рішення	51
9. ОХОРОНА ПРАЦІ	53
Вимоги до персоналу	53

Вимоги до технологічних процесів	53
Вимоги до виробничих приміщень	55
Вимоги до організації робочих місць.....	56
Вимоги до вентиляції.....	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ПОСИЛАНЬ	65

ВСТУП

На сьогоднішній день нафтова промисловість є однією з ключових в економіці багатьох держав. Навіть в наш час, коли науковці активно займаються розробкою альтернативних джерел енергії, нафта та продукти на її основі є основним джерелом енергії та невід'ємною частиною багатьох сфер виробництва. Недарма цей продукт називають «чорним золотом». І хоча нафта і є вичерпним ресурсом, її запасів ще вистачить на декілька десятиріч. Тому у найближчому майбутньому всі питання, що стосуватимуться цього надзвичайно важливого природного ресурсу, залишаться актуальними і їхнє вирішення буде першочерговим завданням для багатьох інженерів світу.

Враховуючи важливість і вогненебезпечність нафтопродуктів, постає питання їхнього зберігання. В своєму проекті я сконцентрував увагу на виробництві горизонтального резервуару для зберігання нафтопродуктів. Вимоги до резервуарів дуже високі, оскільки він має забезпечувати високу міцність та герметичність. Саме ці параметри є основними для будь-якого резервуару і їхнє забезпечення є першочерговою задачею в ході розробки технології складання та зварювання та напилення внутрішньої поверхні горизонтального резервуару.

1 КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРУ

1.1. Призначення виробу та умови його експлуатації

Горизонтальний резервуар – це зварна конструкція оболонкового типу, яка призначена для зберігання невеликих об'ємів нафтопродуктів за порівняно високих надлишкових тисків (при об'ємі в 38,72 м³ внутрішній тиск дорівнює 0,04...0,07 МПа) і подальшого їх розподілення. Він має ряд переваг перед іншими типами резервуарів, які полягають, перш за все, 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 (з використанням кондукторів та засобів механізації), подальшого доставляння в готовому вигляді на місце експлуатації і у швидкості монтажу.

Горизонтальний резервуар складається з двох обичайок і двох днищ . В днищах маються отвори, які передбачають подальше вварювання в них фланців.

Горизонтальний резервуар встановлюється у заглибленні або під землею на суцільний спрофільований фундамент. Він працює при температурах -40°C до +60°C, зазнає впливу вологи та навколишнього середовища, що враховується при виборі основного матеріалу.

З умов роботи горизонтального резервуару (надлишковий тиск) випливає, що на нього поширюються вимоги нормативних документів, які відносять його до особливо відповідальних конструкцій (ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском), до робіт над якими допускаються тільки відповідно атестовані зварювальники (або оператори зварювальних установок).

1.2 Призначення виробу та умови його експлуатації

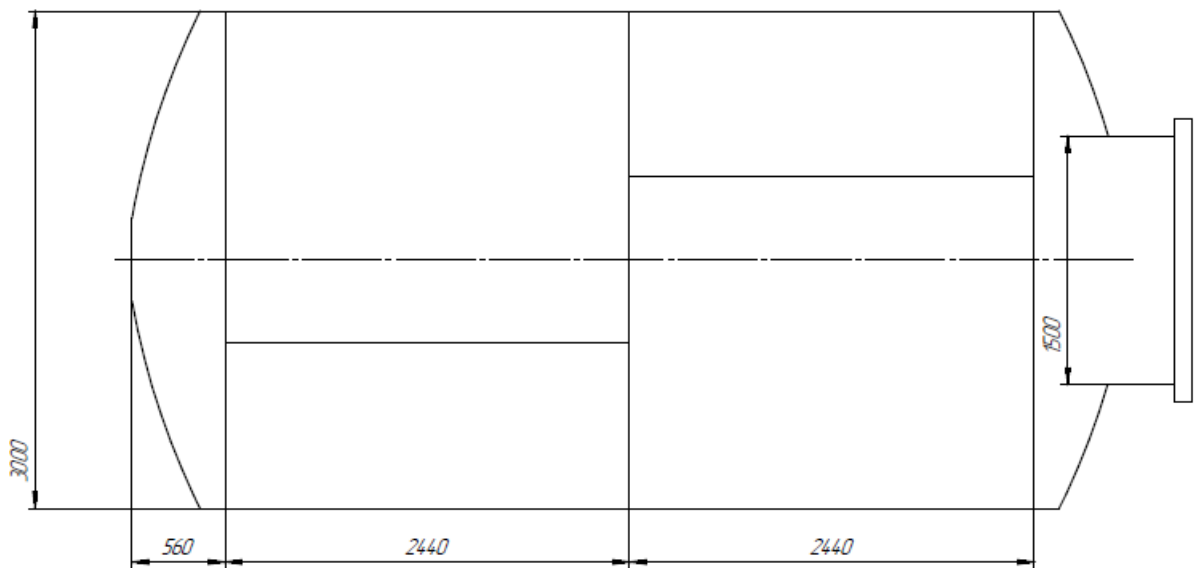


Рисунок 1.1 - Горизонтальний резервуар

Горизонтальний резервуар – це зварна конструкція оболонкового типу, яка призначена для зберігання невеликих об’ємів нафтопродуктів за порівняно високих надлишкових тисків (при об’ємі в $38,72 \text{ м}^3$ внутрішній тиск дорівнює $0,04 \dots 0,07 \text{ МПа}$) і подальшого їх розподілення. Він має ряд переваг перед іншими типами резервуарів, які полягають, перш за все, 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 (з використанням кондукторів та засобів механізації), подальшого доставляння в готовому вигляді на місце експлуатації і у швидкості монтажу.

Горизонтальний резервуар складається з двох обичайок і двох днищ . В днищах маються отвори, які передбачають подальше вварювання в них фланців.

Горизонтальний резервуар(див.рис. 1.1) встановлюється у заглибленні або під землею на суцільний спрофільований фундамент. Він працює при

температурах -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$, зазнає впливу вологи та навколишнього середовища, що враховується при виборі основного матеріалу.

З умов роботи горизонтального резервуару (надлишковий тиск) випливає, що на нього поширюються вимоги нормативних документів, які відносять його до особливо відповідальних конструкцій (ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском), до робіт над якими допускаються тільки відповідно атестовані зварювальники (або оператори зварювальних установок).

1.3 Основний матеріал, який зварюється та напильюється

Основний метал для виготовлення горизонтального резервуару – конструкційна низьковуглецева низьколегована марганцево-кремниста сталь 16ГС. Ця сталь широко використовується для виготовлення: деталей та частин парових котлів і посудин, які працюють під тиском; корпусів апаратів, днищ, фланців та інших деталей, які працюють при температурах від -40 до $+475^{\circ}\text{C}$ під тиском. Сталь 16ГС постачається в термічно не обробленому стані і має ферито-перлітну структуру, а також не схильна до відпускнуї крихкості. Хімічний склад та механічні властивості сталі 16ГС наведено нижче.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі марки 16ГС (ГОСТ 19281-89), % [1]

Масова частка елементів									
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
0,12 ÷ 0,18	0,44 ÷ 0,70	0,90 ÷ 1,20	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	$\leq 0,30$	$\leq 0,035$	$\leq 0,040$	$\leq 0,008$	$\leq 0,08$

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі марки 16ГС при кімнатній температурі (ГОСТ 19281-89) [1]

Режим термообробки		$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²	KCU після механічного
--------------------	--	---------------------------------------	-----------------------------------	-----------------	---------------	----------------------------	--------------------------

	Площа перерізу, мм	не менше					старіння, Дж/см ²
Листовий та широкополосний прокат в гарячекатаному або термічно обробленому стані	Від 5 до 10	345	490	23	-	64	29

1.4 Здатність до зварювання

Здатністю до зварювання називають комплексну технологічну характеристику сталі, що відображає її реакцію на термічну та металургійну дію процесу зварювання та визначає відносну придатність цієї сталі для одержання зварювального з'єднання із заданими властивостями при застосуванні технологічно відпрацьованих на даний час способів зварювання та зварювальних матеріалів.

Головні показники здатності до зварювання - можливість та умови отримання експлуатаційно надійних зварних з'єднань (запобігання утворенню гарячих та холодних тріщин, одержання заданих механічних властивостей або хімічного складу, фізичних властивостей).

Легуючі елементи суттєво впливають на ступінь досконалості кристалічної ґратки. Викривлення ґратки тим більше, чим більше різняться діаметри атомів елементу, що розчиняє і елементу, що розчиняється. В результаті легування відбувається зміцнення сталі, збільшення її твердості, зміна ряду фізико-хімічних властивостей. Так само, як різноманітні легуючі елементи та домішки по різному впливають на властивості сталі, вони по різному впливають і на її зварність. Проаналізувавши дані наведені в [2, 3] розглянемо вплив легуючих елементів і домішок на зварність сталі 16ГС.

Вуглець збільшує міцність, знижує пластичність і в'язкість легованої сталі; він також підвищує чутливість до перегріву та загартовуваність сталі і тому негативно впливає на її зварність. В низьколегованих сталях вміст вуглецю не перевищує 0,25%, тому його негативний вплив на їх зварюваність незначний.

Кремній значно підвищує межу міцності сталі і в дещо меншій мірі збільшує її межу текучості. Вплив кремнію на холодноламкість сталі неоднозначний. Так, введення 0,15...0,35% кремнію в киплячу сталь призводить до зниження її порогу холодноламкості на 20...25° (за відсутності алюмінію) і на 40° (при спільному розкисленні кремнієм і алюмінієм). Із збільшенням вмісту кремнію до 0,8...1,0% (особливо до 1,5%) можливе утворення тугоплавких оксидів кремнію, які погіршують зварність сталі.

Хром збільшує сприйнятливість сталі до гартування, особливо при збільшенні вмісту вуглецю та інших легуючих елементів. Хром нейтралізує негативний вплив фосфору на ударну в'язкість сталі, зменшує її холодноламкість. При звичайному для низьколегованих сталей вмісті ($\leq 0,90\%$) хром не чинить негативного впливу на зварюваність.

Марганець – найбільш розповсюджений елемент в легованих сталях. Він підвищує міцність сталі і мало впливає на її пластичність. В кількості до 1,8% практично не впливає на зварність сталі.

Нікель, при вмісті до 1%, незначно зміцнює сталь, позитивно впливаючи на пластичність і ударну в'язкість, збільшуючи опірність сталі крихкому руйнуванню та практично не впливає на зварність.

Мідь (до 0,5%) вводять в склад деяких сталей для підвищення стійкості проти корозії. В такій кількості вона не чинить суттєвого впливу на зварність сталі.

Сірка та фосфор – вкрай шкідливі домішки. При збільшенні вмісту вуглецю по границях зерен сталі утворюється евтектика Fe-FeS з низькою температурою плавлення (985 °C). Фосфор, розчиняючись в твердому розчині фериту, сприяє різкому зниженню його пластичності. Ці фактори збільшують схильність металу зварних швів до утворення гарячих тріщин, тобто негативно впливають на зварність.

Азот, як і сірка та фосфор, також є шкідливою домішкою. Він являє собою елемент, який викликає старіння і синьоломкість сталі та є однією з головних причин виникнення пор.

Оцінимо розрахунковим шляхом зварюваність основного матеріалу, використовуючи дані про його хімічний склад.

Аналіз схильності металу шва до утворення гарячих тріщин при найбільш несприятливих умовах:

$$HCS = \frac{C \cdot (S + P + 0,04 \cdot Si + 0,01 \cdot Ni)}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} = \frac{0,18 \cdot (0,040 + 0,035 + 0,04 \cdot 0,70 + 0,01 \cdot 0,30)}{3 \cdot 0,90 + 0,30} = 0,0064. \quad (1.1)$$

Так як $HCS = 0.0064$, що значно більше 0.004 , то метал є схильним до утворення гарячих тріщин. Для боротьби з даним дефектом при зварюванні використаємо дріт з додаванням Mn для зв'язування S в неплавкий сульфід MnS.

Аналіз схильності основного металу до утворення холодних тріщин при найбільш несприятливому легуванні:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} = 0,18 + \frac{1,20}{6} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30 + 0,30}{15} = 0,48. \quad (1.2)$$

Так як $C_{екв} = 0.48$, що трохи більше допустимого значення в $0.40...0.45$, то існує незначна ймовірність утворення холодних тріщин. Для запобігання цьому можна знизити швидкість охолодження, але в реальних умовах таке поєднання хімічних елементів є малоімовірним.

Пори можуть бути викликані:

1. CO (при зварюванні через вигорання вуглецю).

Для запобігання реакції вигорання вуглецю дроти повинні бути з розкислювачами (Св-08ГА, Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-10Г2).

2. N₂ (може потрапляти в зварювальну ванну з повітря при ненадійному захисті зони зварювання).

Для уникнення потрапляння даної шкідливої домішки в метал шва необхідно ретельно контролювати якість захисту зони зварювання від навколишнього середовища.

3. H_2 – може потрапляти в зону зварювання через вологу (в електродах, флюсі, балоні CO_2), органіку, іржу.

Способи запобігання утворенню пор:

- а) металургійні ($H+F \rightarrow HF \uparrow$; $H+O \rightarrow OH \uparrow$);
- б) технологічні (ретельне очищення кромки від іржі, мастил, фарби).

2 АНАЛІЗ РОБОТИ РЕЗЕРВУАРУ ТА КОРОЗІЯ

Резервуари працюють у складних умовах впливу корозійного руйнування поверхневого шару.

Корозійне руйнування. В процесі експлуатації виріб в наслідок його контакту з рідинами, які мають високу хімічну активність зазнає впливу корозії. Оскільки ці гази рідини такі агресивно діючі речовини, як кисень, пари води, сполуки сірки, вуглець та ін. Ці речовини сприяють розвитку газової корозії, яка прискорює руйнування резервуару.

Унаслідок взаємодії металів із навколишнім природним середовищем на поверхні металу виникають зміни структури, фізичних і хімічних властивостей. На поверхні чавуну і сталі утворюється іржа, що є продуктом окиснення.

Інтенсивність корозійного руйнування визначається природою і структурою самого металу, а також хімічними властивостями і температурою середовища.

За характером поширення розрізняють *рівномірну, місцеву і міжкристалічну корозію*.

Рівномірна корозія рівномірно поширюється по всій поверхні металу. При місцевій корозії руйнування поширюється вглиб нерівномірно, виявляється тільки на окремих її ділянках. Міжкристалічна корозія розвивається вглиб по межах зерен металу.

Найнебезпечнішою є **міжкристалічна корозія**, оскільки вона спричинює досить значну зміну структури і зниження механічних властивостей на велику глибину.

Найчастіше спостерігають міжкристалічну корозію в алюмінієвих сплавах і неіржавних, хромонікелевих сталях і, зокрема, у зварних швах.

Чинники, від яких залежить швидкість корозії, можна поділити на дві категорії: внутрішні й зовнішні.

До внутрішніх чинників належать чистота металів, хімічний склад сплаву, структура металу або сплаву, вид термообробки. Чим чистіші метали, тим більша стійкість до корозії. Чисті метали стійкіші до корозії, ніж сплави.

До зовнішніх чинників належать: середовище і коливання температур, а також чистота обробки поверхні.

Чим чистіша поверхня металу або сплаву після механічної обробки, тим менша корозія. Щоб захистити вироби від корозії, їх треба полірувати.

Залежно від взаємодії металу з навколишнім середовищем корозію поділяють на хімічну й електрохімічну.

Хімічною корозією називають руйнування металу під дією сухих газів і рідких діелектриків (бензин, масла, смоли та ін.), а також у газах за високих температур (клапани і клапанні гнізда двигунів внутрішнього згорання, лопаті газових турбін, арматури полумєневих печей тощо).

У деяких випадках при хімічній корозії на поверхні металу утворюються щільні оксидні плівки, які захищають метал від подальшого руйнування. Такі властивості мають, наприклад, оксидні плівки хрому, нікелю, олова, міді. В атмосфері сухого повітря за звичайної температури щільні плівки утворюються і на залізі. Проте з підвищенням температури вони швидко стовщуються, стають пухкими і відшаровуються від металу. Для оксидів кальцію, магнію, вольфраму також характерна велика пухкість, тому вони не мають захисних властивостей.

Електрохімічна корозія розвивається в електролітах — водних розчинах, що проводять струм. При цьому атоми металу переходять у розчин у вигляді іонів. Інтенсивність такого розчинення визначається електродним потенціалом металу.

При зануренні в електроліт двох металів, що контактують і мають різні електродні потенціали, утворюється гальванічна пара і починається процес розчинення металу з більш негативним електродним потенціалом — анода.

При зануренні в електроліт неоднорідних за структурою сплавів на їхній поверхні утворюється безліч мікрогальванічних пар, що призводить до розчинення фаз або структурних складових, які виконують роль анодів. Коли між зернами металу і їх межовими ділянками виникає велика різниця потенціалів, ці ділянки

руйнуються, тобто відбувається міжкристалічна корозія. Цей вид корозії спостерігається в хромистих і хромонікелевих сталях у разі видалення на межах зерен карбідів хрому.

Крім вищезгаданих, є ще й інші види корозії, що виникають унаслідок хімічних або електрохімічних процесів. Атмосферна корозія відбувається на поверхні металу під дією сконденсованої вологи; ґрунтова корозія — при контакті металів з ґрунтовими водами; морська — при контакті з морською водою.

МЕТОДИ ЗАХИСТУ МЕТАЛІВ ВІД КОРОЗІЇ

Втрати металів і сплавів від корозії дуже значні (до 8 % щорічного виплавляння металів на Земній кулі), а тому заходи щодо захисту металів і сплавів від корозії мають велике значення.

Кожен із різноманітних методів захисту металів від корозії має свої особливості і галузь застосування. До основних методів належать: застосування антикорозійних сталей і сплавів; металеві, неметалеві, хімічні і лакофарбові покриття і покриття захисними мастилами.

Антикорозійні сталі та сплави — дорогі, тому їх застосовують лише для виготовлення відповідальних деталей вузлів та механізмів, а також деталей хімічної та харчової промисловості.

Металеві покриття — це покриття нестійких до корозії металів і сплавів чистими стійкими металами, наприклад покриття покрівельного заліза цинком, покриття заліза для консервних банок чистим оловом, а також гальванічні покриття нікелем, хромом і кадмієм.

Покриття листової сталі цинком здійснюють зануренням листів у ванну з розплавленим цинком за температури 450...480 °С. Товщина цинкового покриття 0,06...0,12 мм. З оцинкованої листової сталі виробляють деталі зернових комбайнів та інші деталі.

Покриття заліза оловом — лудіння — також здійснюють зануренням листів або протягуванням стрічок через ванну з оловом, нагрітим до 280... 300 °С.

Гальванічні покриття мають такі основні переваги: можна точно регулювати товщину металевого шару; економно витрачати кольорові метали; немає потреби у високому нагріванні отже, можна покривати загартовані вироби; вишка якість покриття.

Для захисту від корозії найчастіше застосовують цинкування, кадміювання, нікелювання і хромування.

Електрохімічним цинкуванням покривають болти, гайки та інші деталі.

Електролітичне обміднення застосовують для покриття сталевих шліфованих деталей з метою захисту від корозії, а також для поліпшення процесу припрацювання таких деталей, як черв'ячні пари, пальці ресор, втулки та ін.

Планування — це покриття сплаву тонким шаром (0,04...ОДО мм) чистого металу: сталь — міддю, латунню, нікелем; дуралюмін — алюмінієм тощо. Плакуванням можна назвати операцію, при якій пакет із двох листів металу-покриття і розміщеної між ними штати основного металу або заготовку круглого перерізу, залиту мета-лом-покриттям, піддають гарячому прокатуванню. При цьому міцне з'єднання металу досягається за рахунок дифузійних процесів.

Металізація напиленням полягає в тому, що дріт (або порошок) металу-покриття надходить у пістолетоподібний апарат (металіза-тор), плавиться ацетиленокисневим полум'ям або електричною дугою, а потім розпилюється стисненим повітрям у напрямку поверхні виробу.

Таку металізацію застосовують переважно для нанесення покриття на великогабаритні деталі, вузли і навіть складні конструкції, чого не можна зробити іншим способом. Напиленням дістають покриття з цинку, алюмінію, хрому, титану та інших металів, а також деяких сплавів.

Недоліками цього методу є значні втрати металу під час розпилювання (до 40 %), пористість покриття, недостатня міцність зчеплення покриття з основним металом.

Неметалевими покриттями є гума та ебоніт, які використовують для гумування. Застосовують гумування для захисту від корозії виробів при дії на них кислот, лугів і соляних розчинів.

Хімічні покриття — це утворення на поверхні металів (сплавів) оксидних плівок або фосфатування поверхневого шару металу, який треба захистити від корозії.

Для утворення оксидних плівок сталеві деталі оксидують у розчині каустичної соди і натрієвої селітри за температури 130... 140 °С. Для закріплення плівки деталі занурюють у мінеральну оливу, нагріту до 150... 180 °С. Для оксидування застосовують розчин, віл води якого 750 г каустичної соди, 200 г натрієвої селітри, 50 г нітриду натрію. Час витримування у ванні 1,5...2,0 год. Після оксидування деталі мають чорно-синій колір. Цей процес називають воронуванням.

Фосфатування застосовують для захисту сталевих деталей від корозії або як підготовку до лакофарбового покриття, бо фарби міцно з'єднуються з фосфатованою поверхнею.

Лакофарбові покриття — найпоширеніший і найдоступніший метод захисту від корозії деталей сільськогосподарських машин, тракторів і автомобілів.

Захист техніки від корозії проводять при виробництві нових машин і в процесі експлуатації їх. Особливого захисту від корозії потребують сільськогосподарські машини, які протягом року працюють лише короткий час (плуги, культиватори, сівалки, борони, лушпильники, зернові і бурякові комбайни та ін.). Решту часу їх зберігають, більшість з них розміщують на відкритих майданчиках.

Щоб запобігти корозії, поверхні машин фарбують. Процес покриття фарбою не потребує складного устаткування і спеціальних технологій. Лаки і фарби ізолюють металеві поверхні від вологи, повітря та інших чинників, які спричиняють корозію на поверхнях деталей машин.

Емалі за своїми фізичними властивостями і хімічним складом мають високу стійкість до атмосферної корозії, впливу води, мінеральних і органічних кислот, соляних розчинів.

Покриття захисними мастилами застосовують головним чином для захисту від корозії запасних частин і інструментів під час транспортування та зберігання, а також для змащування металевих нефарбованих деталей (полиці і лемеші плуга,

робочі органи культиваторів, диски сошників сівалок, ланцюги і зірочки зернових комбайнів та ін.) сільськогосподарських машин на період їх зберігання.

Захисні мастила складаються з 40 % машинної оливи, 35 % циліндричної оливи, 20 % вазеліну і 5 % каніфолі.

Корозійне руйнування — це страшна «хвороба» для металу, яку «лікувати» дуже важко, тому краще захистити від неї метал, ніж потім «лікувати».

Висвітлено багато методів захисту металів від корозії. Кожен із е методів спрямований на продовження довговічності роботи деталей машин, що дасть змогу заощадити сотні мільйонів гривень.

3 ВИЗНАЧЕННЯ СПОСОБУ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ.

Якість покриттів, їх склад, структура, експлуатаційні властивості в значному ступені визначаються технологією їх отримання. Розрізняють дифузійні та напилені покриття.

Дифузійні покриття використовують тоді, коли шароутворюючі елементи дифундують в поверхню. Перехід між дифузійним шаром та металом основи найчастіше безперервний та характеризується постійним зниженням концентрації продифундувавших елементів. При дифузійному насиченні зміна розмірів деталі незначна.

На протилежність цьому напиленні покриття завжди пов'язані зі зміною розмірів деталей. На межі розділу покриття-сплав хімічний склад змінюється стрибкоподібно. Дифузійні зони обмежуються у вузькій області. Проте тоді як хімічний склад дифузійних покриттів і, отже, корозійна стійкість цих шарів значною мірою залежать від складу матеріалу основи, хімічний склад напилених покриттів в широкому діапазоні не залежить від складу основного матеріалу [5].

Розглянемо детально методи формування захисних покриттів.

Дифузійний метод. Процес формування покриттів на металах і сплавах дифузійним методом включає три основні стадії: доставка насичуючого речовини покриття, адсорбція і реакційна дифузія. У деяких способах отримання покриттів дифузійним методом стадія доставки здійснюється механічно. По суті основна відмінність методів нанесення покриттів полягає в реалізації того або іншого механізму доставки.

Найбільш широкого поширення набув процес доставки з газової фази. Як газова фаза розглядаються або газоподібні хімічні з'єднання, молекули яких вступають на поверхні деталей в хімічні реакції і вивільняють атоми насичуючої речовини, або атоми, молекули, іони або їх агрегати, які

випаровуються з поверхні матеріалу покриття і конденсуються на поверхні деталей.

Перевагами дифузійного методу, які зумовили його широке застосування в промисловості, є наступні характеристики:

- простота методу, що не вимагає складних пристосувань і устаткування;
- покриття, одержувані методом дифузійного насичення, відрізняються високою адгезією;
- для дифузійних покриттів характерна практично нульова пористість;
- метод легко застосовний для отримання рівномірних однорідних покриттів на виробах складної конфігурації.

Слідством вказаних переваг є економічність методу нанесення покриттів дифузійним насиченням.

Дифузійне насичення так само, як і будь-який інший метод має ряд недоліків, що обмежують його застосування для отримання жаростійких покриттів. Одним з найістотніших недоліків є велика трудність, а іноді і просто неможливість отримання покриттів заданого складного складу і, звичайно, неможливість отримання оптимального розподілу елементів по товщині покриття.

Оскільки процес нанесення покриття проводиться при високих температурах, то для збереження жароміцним сплавом своїх механічних характеристик необхідна додаткова термообробка після нанесення покриття, яка ускладнює технологію. Ще одним недоліком методу є складність отримання дифузійних покриттів на деталях великих розмірів. Тому для нанесення теплозахисних покриттів на деталі газотурбінних установок треба застосовувати більш перспективний метод.

Електронно-променеве напилення. При електронно-променевому способі нанесення захисних покриттів випаровування напилюваного матеріалу здійснюється шляхом бомбардування потоком електронів. Основна частка енергії електронів, що летять, витрачається на нагрів випаровуваного матеріалу (приблизно 85 %) в тонкому поверхневому шарі. Матеріал, що випарувався, конденсується на поверхні деталі. Для забезпечення задовільного зчеплення (адгезія) плівки покриття деталі підігрівають. Підігрів забезпечує також

формування необхідної структури покриття. Покриття формується з парового потоку, що складається в основному з нейтральних атомів. Для отримання однорідних по складу і структурі покриттів деталі здійснюють обертальний або зворотно-поступальний рух.

Метод електронно-променевого напилення в даний час є одним з найбільш перспективних для отримання керамічних покриттів. Метод розроблений порівняно недавно і заснований на випаровуванні матеріалів покриттів в глибокому вакуумі за допомогою пучка електронів. Швидкість формуванні керамічного шару складає близько 25 мкм/хв, при цьому деталі звичайно нагрівають до температури 800-1000°C і обертають для рівномірного формування покриття.

Кристали покриттів ростуть в основному в напрямі, перпендикулярному поверхням, що покриваються, утворюючи при цьому своєрідну столбчатую структуру, якій властивий цілий ряд дефектів. Для усунення дефектів структури і забезпечення необхідної міцності зчеплення конденсату з підложкою проводять цілий ряд операцій, що істотно ускладнюють технологічний процес. Найбільш істотним дефектом структури металевих покриттів є столбчатість кристалів, слабо зв'язаних між собою. Наявність широких меж між столбчатими зернами негативно впливає на механічні властивості матеріалів деталей, що захищаються, і знижує їх жаростійкість.

Плазмове напилення. При плазмовому напиленні покриття формується з дрібних розплавлених частинок, які переносяться на поверхню при розпилюванні плазмою дроту, стрижнів або з порошку. У технологіях плазмового напилення велике значення мають час перебування частинок в плазмі і час доставки нагрітих частинок до підложки, вдосконалення плазмових установок, знання процесів, що протікають в низькотемпературній плазмі при напиленні покриттів. У потоці плазми частинки порошку можуть нагріваються приблизно до 10000 К. Передача теплоти від плазми до порошкових частинок здійснюється в основному теплопровідністю і конвекцією.

Слід зазначити, що швидкість частинок, падаючих на деталь по перетину плями напилення, розподіляється нерівномірно і на периферії може бути в 3-4 рази менше, ніж в центрі плями. Розплавлені частинки набувають форми сфери. Сферичні частинки на шляху до основи остигають і, падаючи на поверхню деталі, розтікаються і кристалізуються. Чергові порції розплавлених частинок падають на частинки покриття, що вже закристалізовувалися, тобто розплавлені частинки практично за весь час напилення падають на затверділу поверхню і утворюють пластинчасту структуру. Покриття формується шляхом послідовного укладання частинок, що деформуються. Процес супроводжується утворенням мікропорожнин, які заповнюються газом.

Для зменшення пористості і підвищення однорідності напилюваних покриттів зменшують розмір напилюваних частинок. Проте дуже дрібні частинки (розмір фракції менше 10-20 мкм) часто виявляються непридатними. Швидка кристалізація частинок на поверхні деталі дозволяє одержувати покриття із структурою пересичених твердих розчинів. Якість покриття залежить від процесів, що протікають при взаємодії частинок з плазмою, і від процесів при формуванні покриття на поверхні деталі (якість контактів між частинками, швидка кристалізація і деформація частинок, взаємодія напилюваної речовини із зовнішнім середовищем).

Із усіх розглянутих методів нанесення теплозахисних покриттів на сопла ракет найдоцільнішими є: електронно-променеве осадження і плазмове напилення, оскільки вони краще, ніж інші методи, забезпечують необхідні властивості та характеристики покриттів. Кожному з цих методів властиві певні переваги і недоліки, що дозволяє диференціювати можливість їх застосування.

При електронно-променевому осадженні відбувається випаровування матеріалу, що наноситься, за допомогою електронного променя і подальше його осадження на вирію. Недолік цього процесу - труднощі відтворення властивостей покриттів (хімічного складу, мікроструктури, товщини). Стабільну структуру від партії до партії можна забезпечити лише при підтримці у вузьких межах швидкості осадження і температури підложки. Електронно-променеве осадження дає покриття практично з 100 %-вою щільністю, рівновісною структурою, що запобігає дифузії кисню і сірки по межах зерен до основного матеріалу.

Саме тому обираємо плазмове напилення як спосіб нанесення функціонального покриття який є альтернативою електронно-променевому осадженню для отримання покриттів різних систем, оскільки значно знижується вартість покриттів; є можливість одержувати напилені шари заданого складу що дозволяє жорсткіше управляти складом покриття, чим при будь-якому іншому способів

Нижче представлені основні теплофізичними характеристиками найпоширеніших газів, які використовуються при плазмовому напиленні.

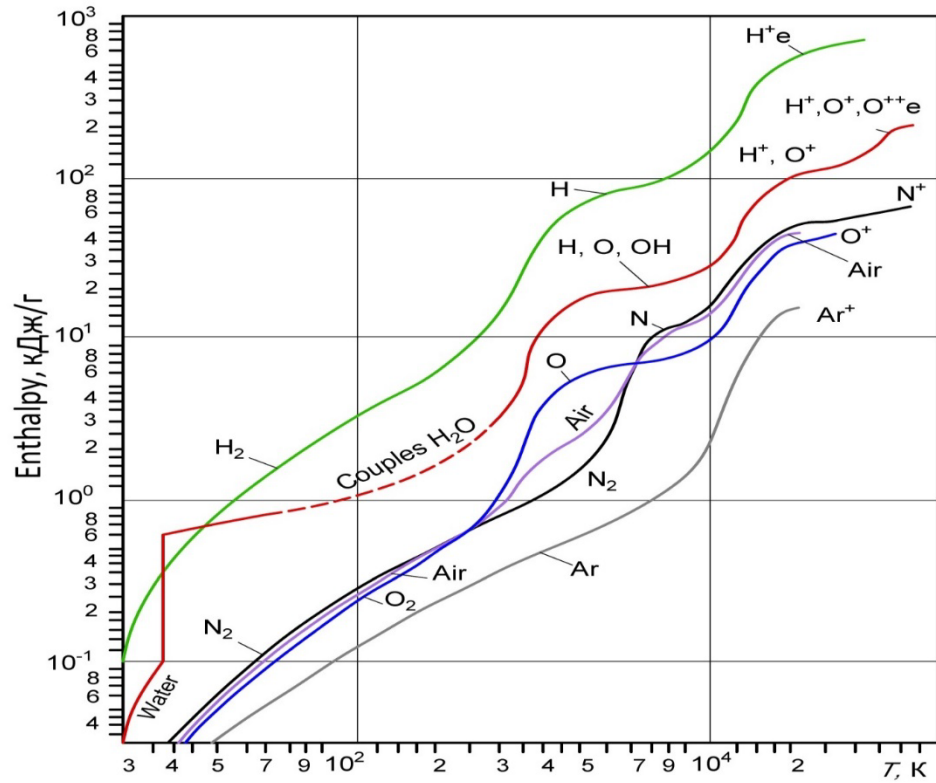


Рисунок 3.1 - Залежність ентальпії різних газів від температури при дисоціації та іонізації.

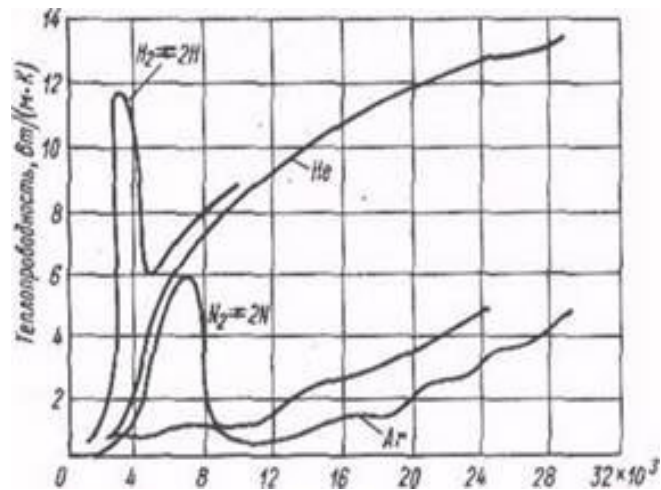
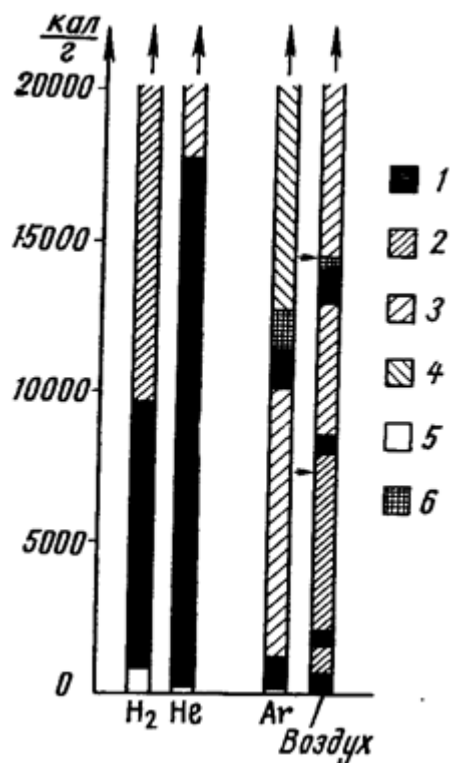


Рисунок 3.2 - Теплопровідність плазмо утворюючих газів в залежності від температури.



Види ентальпій: 1 – теплова; 2 – дисоціація; 3 – іонізація 1-го рівня; 4 – іонізація 2-го рівня; 5 – випаровування; 6 – електроний газ.

Рисунок 3.3 - Тепловміст плазмоутворюючих газів при 1 атм.

На діаграмі для повітря нижня стрілка відповідає повній дисоціації азоту та кисню, верхня стрілка – повній іонізації кисню та початку іонізації азоту.

Великий вплив на теплофізичні характеристики плазмового струменю в умовах теплообміну з порошком під час напилання надає вид плазмоутворюючого газу. Не дивлячись на високу температуру, аргонівий струмінь слабо розігріває частинки порошку. Це зумовлено малою величиною критерія Біо і скороченою високотемпературною зоною плазмового потоку. Великий ступінь прогрівання напилуваних частинок досягається при використанні газів, що містять у своєму складі азот, або водень. Тому, щоб забезпечити найповніший комплекс позитивних властивостей плазмоутворюючого середовища, використовують суміші з різних газів.

Враховуючи вищеназвані показники в якості плазмоутворюючого газу обираємо воднево-кисневу суміш (ВКС), яка виробляється електролізно-водяними генераторами безпосередньо на робочому місці. Це дозволяє отримати плазмовий струмінь і якому який забезпечить досить великий теплообмін між порошком і плазмою. Окрім цього зона нагріву водневмісного струменю має велику протяжність (особливо за умови ламінарного потоку газу), за рахунок чого збільшується час нагріву напилюваних частинок.

4 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ НАПИЛЕННЯ

Завдання створення системи захисту від газової корозії достатньо складна і зводиться до розробки захисного покриття для конкретного сплаву та конкретних умов роботи композиції сплав-покриття. При цьому покриття повинне задовольняти ряд наступних вимог:

1. Щоб бути стабільними і довговічними, покриття повинні характеризуватися мінімальною швидкістю обміну з основою. Стабільність покриття важлива і з міркувань високого опору повзучості і руйнуванню матеріалу, що захищається.

2. Покриття повинне володіти достатньою пластичністю і міцністю для того, щоб воно не розтріскувалося під впливом термічних і механічних ударів і не робило негативного впливу на міцність деталі, що захищається. Останнє досягається тому випадку, якщо властивості міцності покриття і основою близькі. Звичайно, жаростійкі покриття володіють меншою міцністю, ніж матеріал, що захищається. Тому, коли товщини покриття і деталі виявляються порівнянними, покриття, як правило, робить негативний вплив на властивості міцності матеріалу деталі. З цих міркувань покриття повинно бути достатньо тонким.

4. Для резервуарів в яких зберігаються агресивні рідини, потрібно мати добрі корозостійкі властивості.

Застосування корозостійких багат шарових покриттів дозволить отримати поверхневий шар який забезпечить комплекс властивостей, але є з набагато дорожче, що можна забезпечити використовуючи одношарові покриття.

Цим вимогам задовольняють покриття.

Типовим корозостійким матеріалом який використовують при напиленні являється який має невелику густину ($5,6 \text{ г/см}^3$), і забезпечує захист від корозійного зносу.

табл. 4.1 зернистістю 40-60 мкм. Призначений для відновлення і зміцнення деталей, що зазнають знос тертям, абразивний знос з окисленням при температурі до 700°C .

Область застосування: металургійне обладнання, валки прокатних станів, рольганги, шламів і агресивних рідин, скляне виробництво, керамічне виробництво (шийки валів, ексцентрики).

Таблиця 4.1 – Хімічний склад порошку ПГ-10К-01.

Марка порошку	Вміст елементів, %							
	Cr	B	Si	Fe	C	Ni	Co	W
ПГ-10К-01	21-25	1,2-1,8	0,8-1,3	до 2	1,3-1,7	28-32	залишок	3,5-4,5

У якості плазмоутворюючого газу обираємо аргон найвищого сорту ГОСТ 10157-79, оскільки він має високу температуру плазмового потоку (до 14000°C) що дозволяє напиляти тугоплавкі матеріали в тому числі і кераміку.

5 МЕХАНІЗМ СТВОРЕННЯ ПОКРИТТЯ

При процесі вакуумного осадження виконується процес за моделлю М2.2 рис.5.1.

М2.2 – технологія, при якій активація присадкового матеріалу здійснюється нагріванням, диспергацією і розгоном до швидкостей 50—500 м/с. При зіткненні частинок з поверхнею створюється покриття і зв'язок його з основою. Нагрівання ведеться різними джерелами (газове полум'я, електрична дуга, СВЧ і т.п.), дисоціація і розгін – стислим повітрям, газом або вибухом.

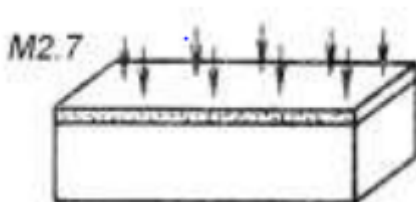


Рисунок 5.1 – Модель створення покриття М2.2.

Принцип плазмового напилення. Між катодом і мідним водоохолоджуваним соплом, що служить анодом, виникає дуга, що нагріває робочий газ, який поступає в сопло пальника та витікає з сопла у вигляді плазмового струменя. Порошковий наплавлюваний матеріал подається в сопло струменем транспортуючого інертного газу, нагрівається плазмою і з прискоренням переноситься на поверхню основного матеріалу для утворення покриття рис. 5.2.

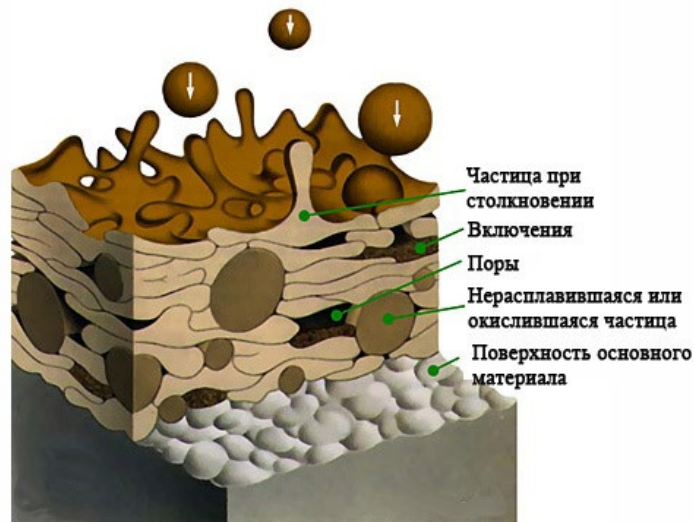


Рисунок 5.2- Структура покриття, напиляного плазмовим способом.

Під дією поверхневого натягу розплавлені частинки набувають форми сфери. Сферичні частинки на шляху до підкладки остивають і, падаючи на поверхню деталі, розтікаються і кристалізуються. Чергові порції розплавлених частинок падають на частинки покриття, що вже кристалізувалися, тобто розплавлені частинки практично за весь час напилення падають на затверділу поверхню і утворюють пластинчасту структуру. Покриття формується шляхом послідовного укладання частинок, що деформуються. Процес супроводжується утворенням мікропорожнин, які заповнюються газом.

6 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТЯ

6.1 Вибір джерел живлення.

Джерело живлення для плазмового напилення повинен мати крутоспадну характеристику. Вона може бути забезпечена наступними типами джерел живлення: випрямлячами, керованими дроселями насичення, тиристорн випрямлячами зі зворотним зв'язком по струму, джерелами живлення на базі індуктивно-ємнісних перетворювачів і транзисторними джерелами живлення. В окремих випадках можуть використовуватися зварювальні генератори, трансформатори з розсіюванням, баластні реостати.

В якості джерела живлення обираємо апарат рис 6.1 для плазмового різання "Пурмо-400ВА" його характеристики наведені в табл. 6.1.



Рисунок 6.1 - Апарат для плазмового різання "Пурмо-400ВА".

Таблиця 6.1 – Технічні характеристики апарату плазменного різання "Пурмо-400ВА".

Характеристика	Значення
Номінальна напруга мережі живлення, В	380В, 3-х фазна, 50 ГЦ.
Межі регулювання зварювального струму, А	80 – 200
Напруга холостого ходу, В	250
Максимальна споживана потужність, кВт	60
ККД, %	85
Габаритні розміри, мм	1020x600x940
Маса, кг	590

Вибір блоку охолодження плазмотрону.

Охолодження даного плазмотрону здійснюється проточною водою. Для уникнення проблем з перепадами швидкості та тиску струменя, які часто виникають в промислових мережах, було вирішено обрати міні гідростанцію НС-014 – Hydronit рис. 1.2, яка оснащена електричною шафою керування. Характеристики гідростанції представлені в табл. 6.2.



Рисунок 6.2 – Міні гідростанція НС-014 – Hydronit

Таблиця 6.2 – Характеристики міні гідростанції НС-014 – Hydronit

Продуктивність насосу, л/хв	15
Робочій тиск, бар	100
Частота обертів електродвигуна, об/хв	1450
Напруга живлення електродвигуна, В	380
Потужність електродвигуна, кВт	2,2
Об'єм гідробаку, л	40
Габаритні розміри, мм	500×370×750
Маса без рідини, кг	60

Вибір системи руху плазмотрон – деталь.

Оскільки деталь, має складну поверхню, тому потрібно обрати обладнання, яке б забезпечило потрібне пересування плазмотрону та деталі.

Для маніпулювання плазмотрона обираємо зварювальну маніпулятор KR6R900 рис 6.3, який має можливість пересувати плазмотрон верх – вниз, вперед – назад та навколо своєї осі. Характеристики маніпулятора наведені в табл. 6.3.

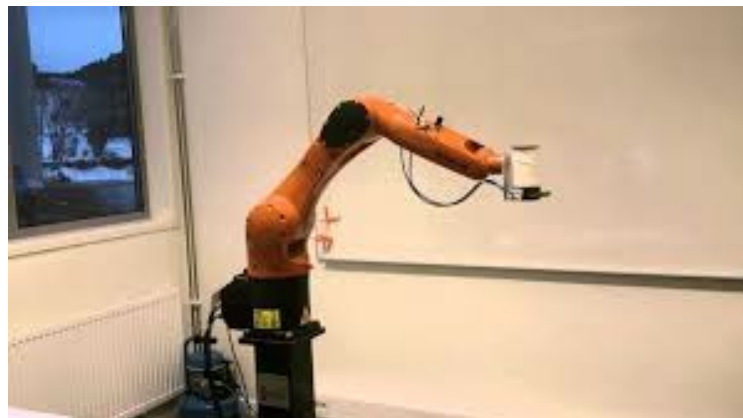


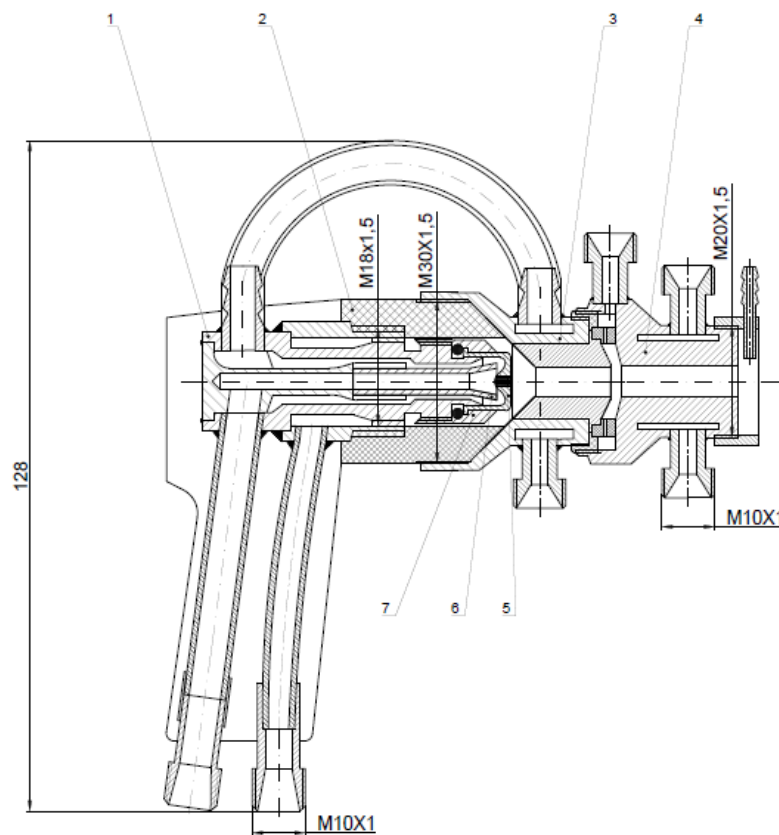
Рисунок 6.3 – Маніпулятор KR6R900.

Таблиця 6.3 – Характеристики маніпулятора KR6R900.

Призначення	Маніпулятор з низькою вантажопідйомністю
Максимальне навантаження	11 кг
Номінальна. вантажопідйомність	6 кг
Макс. радіус дії	1700 мм
Кількість керованих осей	6
Стабільність повторюваності позиціювання	$\pm 0,03$ мм
Вага	51 кг
Температура навколишнього середовища	від 10°C до $+55^{\circ}\text{C}$

Вибір плазмотрону

В якості плазмового розпилювача ми оберемо плазмотрон ПГ-2р (див.рис.6.4)



Рисункок 6.4 – Плазмотрон

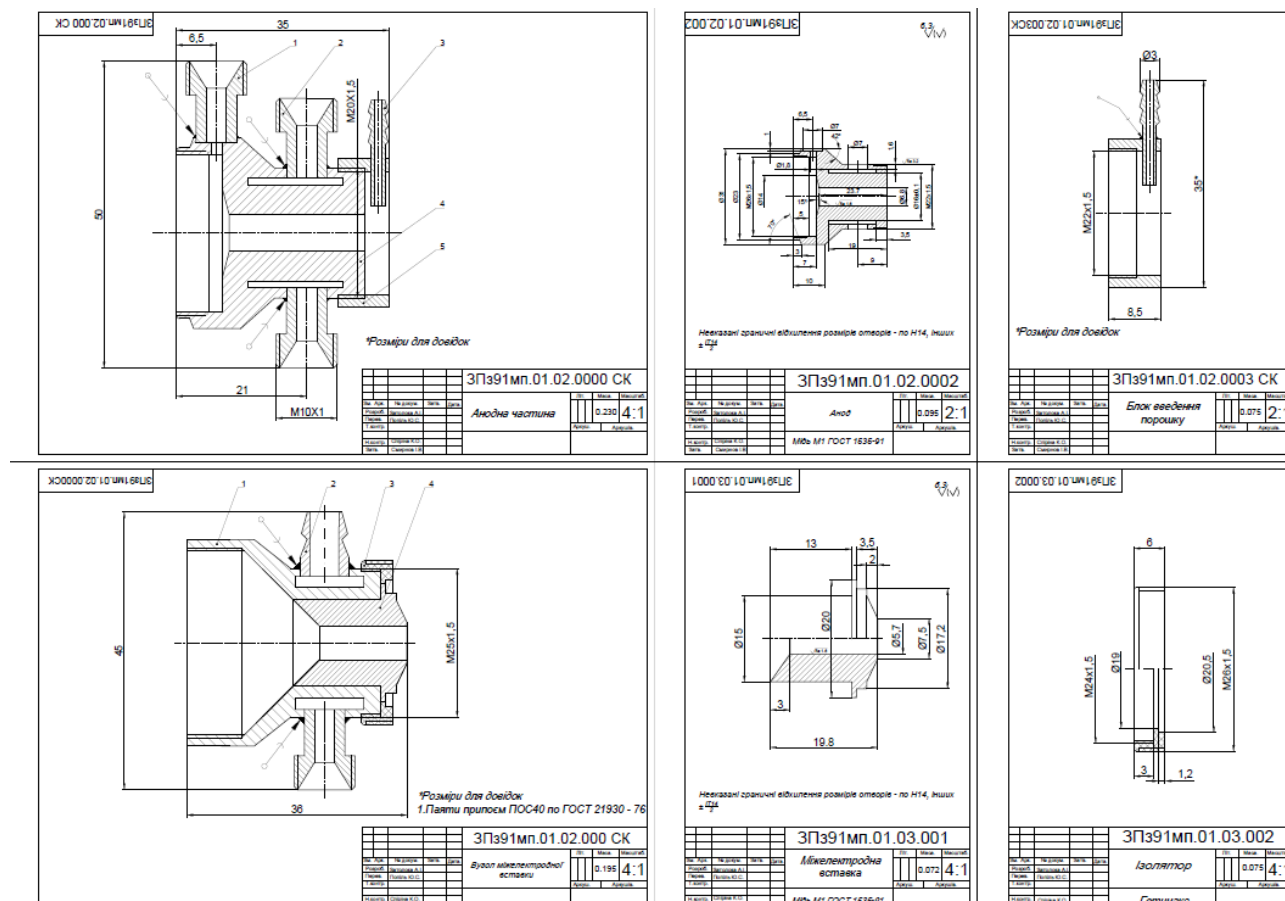


Рисунок 6.4

Вибір допоміжного обладнання.

Вибір шафи керування

Шафа керування включає в себе осцилятор, який слугує для підпалення чергової дуги, та реле яке потрібне для своєчасного відключення осцилятора. Також шафа керування включає діодний міст, який слугує для захисту інвентарних джерел живлення від осциляторного пробою. Вона оснащена системою контролю робочих параметрів процесу, а саме: ротаметром для контролю витрат плазмо утворюючого газу, амперметром та вольтметром для контролю робочої напруги та струму. Також в шафі управління міститься електричний блок управління мінігідростанцією.

Таблиця 6.4 - Технічні характеристики система управління KR C4
midsize.

Характеристика	Значення
Розміри (ВхШхГ)	1700 x 1065 x 600 мм
Процесор	багатоядерний
Жорсткий диск	SSD
Інтерфейс	USB3.0, GbE, DVI-I
Кількість осей (макс.)	16
Мережева частота	від 49 до 61 Гц
Номінальна напруга мережі живлення	AC 3 x 380 В до 3 x 575 В
Клас захисту	IP54
Температура навколишнього середовища	від +5 ° С до +45 ° С
Вага	160 Кг

Вибір дозатора живильника.

В якості дозатора живильника порошкового матеріалу використовуємо порошковий живильник типу Плакарт PF3/3W рис. 6.5 призначені для точної дозованої подачі металевих, керамічних, металополімерних порошкових

матеріалів з фракційним складом від 5 до 200 мкм в напилувальні або наплавочну голову установки для газотермічного напилення, лазерної або плазмового напилення технічні характеристики наведені в табл. 6.6.

Порошковий живильник складається з пересувного базового блоку, на якому розміщується одна або кілька порошкових колб. Керуючий пристрій і електричні приводи порошкових колб знаходяться всередині базового блоку.

Сама порошкова колба є незалежним модулем, яка може бути встановлена на різні види базових блоків. Ці базові блоки дозволяють працювати з однією або паралельно з двома, трьома або чотирма колбами. За запитом клієнта можуть бути надані спеціально сконструйовані живильники.



Рисунок 6.5 – Порошковий живильник PF3/3W.

Таблиця 6.6 – технічні характеристики живильника Плакарт PF3/3W.

параметри	одиниця виміру	значення
Транспортуючий газ	-	аргон, повітря, азот або гелій
Фракційний склад транспортуються порошків	мкм	Від 5 до 200
Частота обертання диска живильника (для кожної порошкової колби)	об / хв	0 ... 10
Крок зміни оборотів диска живильника	об / хв	0,1
Тиск в колбі	бар	до 3,5 (до 15 на замовлення)
Кількість порошкових колб	шт.	3
Обсяг колб	л	1,5 - стандартний обсяг
Витрата транспортує газу	л / хв	до 15 (на кожну колбу)
Тиск на вході транспортує газу	бар	4 ± 10%
Габаритні розміри живильника PF 2/2 з панеллю оператора і колбами 1,5л	мм	ДхШхВ 600х750х1635

Електрична мережа	В, Гц	230 50
Температура експлуатації	° С	Від 10 до 50

Конструкція порошкової колби і принцип транспортування порошку рис. 6.6. Порошкову колбу можна умовно розділити на дві частини: контейнер для порошку і диск подачі порошку.

Конструкція контейнера забезпечує спадний потік порошку, і при цьому запобігається ущільнення порошку під дією власної ваги. Форма контейнера також запобігає поділ порошку за фракційним складом або, в разі механічних порошкових сумішей, на порошки з різною щільністю.



Рисунок 6.6 – Дозатор живильник для установки Плакарт PF3/3W.

Обертання диска подачі порошку сприяє рівномірному заповненню паза порошком і його транспортування до радіально протилежному боці, де під дією транспортує газу порошок з паза диска всмоктується через ежекторний блок. За антистатичним шлангах порошок доставляється замовнику (наприклад, в пристрій напилення або наплавлення).

Точна складання деталей сприяє тому, що паз порошкового диска повністю спустошується після того, як він проходить через ежекторний блок під час обертання диска. Подача порошку лінійно пропорційна контрольованій частоті обертання (оборотів в хвилину) диска подачі порошку, яка може

встановлюватися користувачем в межах від 0 до 10 оборотів в хвилину з кроком 0,1 оборотів в хвилину.

В процесі експлуатації порошкового живильника контейнер знаходиться під надлишковим тиском (максимум до 3,5 бар або до 15 бар за запитом замовника). Газ може вийти з бункера тільки через ежекторний блок і кількість транспортує газу може бути використано для регулювання швидкості частинок порошку на виході з живильника. Однак, є межа щодо мінімальної кількості транспортує газу, який повинен проходити через порошкову колбу, для забезпечення сталої та безперервної подачі порошку

7.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Після зварювання резервуару за допомогою кран балки(див.рис.7.1), ми транспортуємо резервур до установки для напилення.



Рисунок 7.1

За допомогою опорних колон ми встановлюємо резервур та фіксуємо його на них. Перед напиленням потрібно очистити внутрішню поверхню резервуару.

Для цього ми використовуємо абразивно-струйний апарат(див.рис7.2). Слюсар в засобах індивідуального захисту через горловину потрапляє всередину резервуару та проводить очистку.



Рисунок 7.2

Тільки після цих всіх маніпуляцій можна проводити напилення.

Виріб з напиленим покриттям піддають контролю за зовнішнім виглядом, товщиною та геометричними розмірами. . Контроль здійснюється шляхом огляду виробу з ціллю встановлення наявності, або відсутності опуклостей,

тріщин, сколів або відлущування покриття, і порівняння кольору покриття з еталоном. Огляд необхідно проводити з використанням 10 – кратної лупи ЛІІ-3 по ГОСТ 8309-75 при коефіцієнті природнього освітлення на поверхні виробу не менше 1,5. При освітленні лампами розжарення, освітленість на рівні робочого місця контролю повинна бути не менше 150 лк, згідно ГОСТ 16875-74.

Покриття перевіряють на відповідність таких параметрів як товщина покриття, яке повинно становити 360...440 мкм, шорсткість - $Ra \leq 0,32 - 0,16$ мкм та мікротвердість – 14200МПа. Контроль даних параметрів забезпечується мікрометром ГОСТ 6507-78, профілометром TR100 та універсальний твердомір AL-150A відповідно. Характеристики даних приборів наведені в табл. 5.12 та 5.13 відповідно.

8 Стартуп проект

В даній частині дипломного проекту проводимо визначення економічної ефективності проектного рішення технології наплення горизонтального резервуару.

Розроблений технологічний процес даного дипломного проекту спрямовано на підвищення продуктивності. В базовому варіанті використовується технологія механізованого наплення.

Метою економічної частини дипломного проекту є розрахунок технологічної собівартості, питомих капітальних вкладень та визначення економічної доцільності проектного рішення.

8.1 Нормування праці

Нормування праці – це процес визначення необхідних витрат праці для виконання конкретної роботи в певних організаційних умовах. Норма праці характеризує встановлений планом розмір витрат живої праці на одиницю обсягу продукції, вид робіт. Нижче наведено порівняння базового та спроектованого технологічного процесу наплення.

Таблиця 8.1 – Порівняння базового та спроектованого технологічного процесу зварювання

Операція	Устаткування		Норма часу, год.		Розряд	
	Базове	Нове	Базова	Нова	Базовий	Новий
Наплення №1	ВДУ-506С	А-1417; ВДУ-1001	0.919	0.68	4	4
Наплення №2			5.5	2.45		

8.2 Визначення технологічної собівартості наплення горизонтального резервуару

Економічне обґрунтування спроектованих технологічних процесів потребує розрахунку технологічної собівартості виробу. Технологічною

собівартістю називають суму поточних витрат виробництва, які безпосередньо пов'язані з виконанням варіанта технологічного процесу.

Відносно даного технологічного процесу витрати на:

- основні матеріали, покупні напівфабрикати, комплектуючі, вироби, які використовують під час напилення виробу;
- матеріали для напилиння;
- зарплату робітників із відрахуваннями;
- амортизацію устаткування;
- поточний ремонт та технічне обслуговування устаткування;
- утримання та амортизацію площі будівлі для робочих місць.

Витрати на основні матеріали C_M однакові для базового та спроектованого варіантів визначаємо за формулою:

$$C_M = \sum_{J=1}^n H_J \Pi_J K_{mp} - H_{\epsilon J} \Pi_{\epsilon J}, \quad (8.1)$$

де n – кількість видів матеріалів ($n=2$); H_J – норма витрат J -го виду матеріалу на одиницю продукції, кг ($H_1 = 1842$ кг; $H_2 = 735$ кг); Π_J – ціна 1 кг J -го виду матеріалу, грн. ($\Pi_1 = 6,34$ грн.; $\Pi_2 = 8,57$ грн.); K_{mp} – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати ($K_{mp} = 1,02 \dots 1,05$); $H_{\epsilon J}$ – кількість реалізованих відходів J -го виду матеріалу ($H_{\epsilon 1} = 400$ кг; $H_{\epsilon 2} = 150$ кг); $\Pi_{\epsilon J}$ – ціна 1 кг відходів, грн. ($\Pi_{\epsilon 1} = 2,1$ грн.; $\Pi_{\epsilon 2} = 2,7$ грн.).

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$C_M = (1842 \cdot 6.34 \cdot 1.02 - 400 \cdot 2.1) + (735 \cdot 8.57 \cdot 1.02 - 150 \cdot 2.7) = 17100 \text{ (грн.)}. \quad (8.2)$$

Витрати на порошок $C_{ел}$ визначаємо за формулою:

$$C_{ел} = M_n K_{ел} \Pi_{ел} K_{тр},$$

де M_n – маса напиленого металу, кг; $K_{ел}$ – коефіцієнт витрат порошку, який враховує втрати на угар, розбризкування, $K_{ел} = 1,16$, для зварювання в захисних

газах дротом суцільного перерізу $K_{ел} = 1,15$); $C_{ел}$ – ціна поршку, грн./кг; $K_{тр}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати

($K_{тр} = 1,04 - 1,06$).

Витрати на поршок для виготовлення горизонтального резервуару становлять:

а) базовий варіант

$$C_{ел} = 17.38 \cdot 1.16 \cdot 48 \cdot 1.05 = 1016 \text{ (грн.)};$$

б) спроектований варіант

$$C_{ел} = 17.38 \cdot 1.15 \cdot 42 \cdot 1.05 = 881.43 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на газ C_z визначаємо за формулою:

$$C_z = P_z T_o C_z K_{тр},$$

де: P_z – норма витрат газу, л/с; T_o – норма основного часу, с; C_z – ціна одиниці об'єму газу, грн./л ($C_z = 0,007$ грн/л); $K_{тр}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати ($K_{тр} = 1,06$).

Для спроектованого

$$C_z = (0.258 \cdot 9658 + 0.265 \cdot 8369 + 0.261 \cdot 1066) \cdot 0.007 \cdot 1.06 = 37 \text{ (грн.)}.$$

Розрахунок витрат на технологічну електроенергію робимо на основі середніх витрат на 1кг наплавленого металу .

Середні витрати електроенергії при ручному напленні під час роботи від однопостового плазмового агрегату постійного струму на 1кг напиленого металу: $P_{ен.ср.} = 7$ кВт·год/кг; автоматами та напівавтоматами на постійному струмі на 1кг наплавленого металу: $P_{ен.ср.} = 5,5$ кВт·год/кг. Звідси, витрати електроенергії для базового варіанту становлять 121.66 кВт·год, а для

спроектованого 95.6 кВт·год. $C_{ен} = 1.30$ грн./кВт·год. Таким чином, витрати на електроенергію становлять:

а) для базового варіанту

$$C_{ен} = 126.11 \cdot 1.30 = 163.94 \text{ (грн.)};$$

б) для спроектованого варіанту

$$C_{ен} = 95.6 \cdot 1.30 = 124.28 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на заробітну плату зварників з відрахуванням на соціальні потреби визначаємо за формулою:

$$C_z = \sum_{i=1}^n C_{mi} T_{ki} K_D K_c,$$

де: i – номер операції технологічного процесу; n – кількість операцій; C_{mi} – почасова тарифна оплата розряду зварника, грн. (4-ї розряд $C_{mi} = 26.5$ грн.); T_{ki} – норма часу на виконання i -ї операцій, год.; K_D – коефіцієнт, який враховує доплати на відпрацьований час та додаткову зарплату ($K_D = 1.42$); K_c – коефіцієнт, який враховує відрахування на соціальні потреби ($K_c = 1.39$).

Виконавши підстановку значень отримаємо:

а) для базового варіанту

$$C_z = (26.5 \cdot 0.919 \cdot 1.42 \cdot 1.39) + (26.5 \cdot 5.5 \cdot 1.42 \cdot 1.39) + (26.5 \cdot 0.69 \cdot 1.42 \cdot 1.39) + (26.5 \cdot 2.71 \cdot 1.42 \cdot 1.39) = 386.01 \text{ (грн.)}.$$

б) для спроектованого варіанту

$$C_z = (26.5 \cdot 0.68 \cdot 1.42 \cdot 1.39) + (26.5 \cdot 2.45 \cdot 1.42 \cdot 1.39) + (26.5 \cdot 0.296 \cdot 1.42 \cdot 1.39) + (26.5 \cdot 2 \cdot 1.42 \cdot 1.39) = 283.81 \text{ (грн.)}.$$

Амортизаційні відрахування по устаткуванню C_a визначаємо за формулою:

$$C_a = \sum_{i=1}^n \frac{B_{\bar{o}i} H_a T_{\kappa i}}{\Phi_D K_B 100},$$

де: i – номер операції технологічного процесу; n – кількість операцій; $B_{\bar{o}i}$ – балансова вартість устаткування, грн.; H_a – норма річних амортизаційних відрахувань, % ($H_a = 15\%$); Φ_D – дійсний річний фонд часу роботи устаткування, год.; K_B – коефіцієнт використання устаткування (для серійного виробництва $K_B = 0,85$); $T_{\kappa i}$ – норма часу на виконання операції, год.

Балансову вартість устаткування $B_{\bar{o}}$ визначаємо за формулою:

$$B_{\bar{o}} = C \cdot K_{TM},$$

де: C – ціна устаткування, грн.; K_{TM} – коефіцієнт, який враховує транспортно-монтажні витрати ($K_{TM} = 1,15$).

Підставивши в формулу значення маємо:

а) для базового варіанту

$$B_{\bar{o}} = 20000 \cdot 1.15 = 23000 \text{ (грн.)};$$

б) для базового варіанту

$$B_{\bar{o}} = 350100 \cdot 1.15 = 402615 \text{ (грн.)}.$$

Значення Φ_D визначаємо за формулою:

$$\Phi_D = D_p \cdot p_{zm} \cdot T_{zm} \cdot K_p,$$

де: D_p – кількість робочих днів за рік; p_{zm} – кількість робочих змін за день; T_{zm} – тривалість зміни, год.; K_p – коефіцієнт, який враховує планові простої устаткування ($K_p = 0.93-0.97$).

В нашому випадку

а) для базового варіанту

$$\Phi_d = 260 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0.94 = 1955.2 \text{ (год.)};$$

б) для спроектованого варіанту

$$\Phi_d = 260 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0.97 = 2017.6 \text{ (год.)}.$$

Амортизаційні відрахування по устаткуванню C_a дорівнюють:

а) для базового варіанту

$$C_a = \frac{23000 \cdot 15 \cdot 0.919}{1955.2 \cdot 0.85 \cdot 100} + \frac{23000 \cdot 15 \cdot 5.5}{1955.2 \cdot 0.85 \cdot 100} + \frac{23000 \cdot 15 \cdot 0.69}{1955.2 \cdot 0.85 \cdot 100} + \frac{23000 \cdot 15 \cdot 2.71}{1955.2 \cdot 0.85 \cdot 100} = 20.86 \text{ (грн.)};$$

б) для спроектованого варіанту

$$C_a = \frac{402615 \cdot 15 \cdot 0.68}{2017.6 \cdot 0.85 \cdot 100} + \frac{402615 \cdot 15 \cdot 2.45}{2017.6 \cdot 0.85 \cdot 100} + \frac{402615 \cdot 15 \cdot 0.296}{2017.6 \cdot 0.85 \cdot 100} + \frac{402615 \cdot 15 \cdot 2}{2017.6 \cdot 0.85 \cdot 100} = 191.08 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування устаткування визначаємо за формулою:

$$C_p = \sum_{i=1}^n \frac{B_{\sigma i} K_p T_{\kappa i}}{\Phi_d K_B},$$

де: K_p – коефіцієнт, який враховує витрати на ремонт та технічне обслуговування устаткування ($K_p = 0,05$).

В нашому випадку

а) для базового варіанту

$$C_p = \frac{2300 \cdot 0.93 \cdot 0.919}{1955.2 \cdot 0.85} + \frac{2300 \cdot 0.93 \cdot 5.5}{1955.2 \cdot 0.85} + \frac{2300 \cdot 0.93 \cdot 0.69}{1955.2 \cdot 0.85} + \frac{2300 \cdot 0.93 \cdot 2.71}{1955.2 \cdot 0.85} = 126.38 \text{ (грн.)}.$$

б) для спроектованого варіанту

$$C_p = \frac{402615 \cdot 0.93 \cdot 0.68}{2017.6 \cdot 0.85} + \frac{402615 \cdot 0.93 \cdot 2.45}{2017.6 \cdot 0.85} + \frac{402615 \cdot 0.93 \cdot 0.296}{2017.6 \cdot 0.85} + \frac{402615 \cdot 0.93 \cdot 2}{2017.6 \cdot 0.85} = 1236 \text{ (грн.)}.$$

Витрати, пов'язані з утриманням та амортизацією площі будівлі, яку займає устаткування C_n визначаємо за формулою:

$$C_n = \sum_{i=1}^n \frac{F_i K_f Y_f T_{ki}}{K_B \Phi_D},$$

де: i – номер операції технологічного процесу; n – кількість операцій; F_i – площа будівлі, яку займає устаткування, m^2 ; K_f – коефіцієнт, який враховує додаткову площу ($K_f = 1,5$); Y_f – річні витрати на утримання 1 m^2 площі будівлі, грн. ($Y_f = 300$ грн.).

Підставивши необхідні значення отримаємо:

а) для базового варіанту

$$C_n = \frac{1200 \cdot 1.5 \cdot 300 \cdot 0.919}{0.85 \cdot 1955.2} + \frac{1200 \cdot 1.5 \cdot 300 \cdot 5.5}{0.85 \cdot 1955.2} + \frac{1200 \cdot 1.5 \cdot 300 \cdot 0.69}{0.85 \cdot 1955.2} + \frac{1200 \cdot 1.5 \cdot 300 \cdot 2.71}{0.85 \cdot 1955.2} = 3190(\text{грн.}).$$

б) для спроектованого варіанту

$$C_n = \frac{1200 \cdot 1.5 \cdot 300 \cdot 0.68}{0.85 \cdot 2017.6} + \frac{1200 \cdot 1.5 \cdot 300 \cdot 2.45}{0.85 \cdot 2017.6} + \frac{1200 \cdot 1.5 \cdot 300 \cdot 0.296}{0.85 \cdot 2017.6} + \frac{1200 \cdot 1.5 \cdot 300 \cdot 2}{0.85 \cdot 2017.6} = 1709(\text{грн.}).$$

Таблиця 6.2 – Технологічна собівартість зварювання виробу

Стаття витрат	Сума витрат, грн.	
	Базовий варіант	Спроектований варіант
Основні матеріали	17100	
Порошок	1016	881.43
Газ	46	37
Технологічна електроенергія	163.94	124.28
Заробітна плата зварників	386.01	283.81
Амортизаційні відрахування по устаткуванню	20.86	191.08
Поточний ремонт та технічне обслуговування устаткування	126.38	1236

Утримання та амортизація площі будівлі, яку займає устаткування	3190	1709
Усього	22003.49	21562.6

8.3 Визначення економічної доцільності проектного рішення

Питомі капітальні вкладення K_{num} на один виріб визначаємо за формулою:

$$K_{num} = \sum_{i=1}^n \frac{B'_{\delta i} T_{\kappa i}}{K_B \Phi_D},$$

де: $B'_{\delta i}$ – це сума балансової вартості устаткування $B_{\delta i}$ та площі будівлі, яку займає устаткування на i -й операції, грн:

$$B'_{\delta i} = B_{\delta i} + F_i \cdot K_f \cdot C_M,$$

де: C_M – ціна 1 м² виробничої площі, грн.

В нашому випадку, для будь-якої операції маємо

а) для базового варіанту

$$B'_{\delta} = 23000 + 1200 \cdot 1,5 \cdot 5500 = 9923000 \text{ (грн.)}.$$

б) для спроектованого варіанту

$$B'_{\delta} = 402615 + 1200 \cdot 1,5 \cdot 5500 = 10302615 \text{ (грн.)}.$$

Питомі капітальні вкладення:

а) для базового варіанту

$$K_{num} = \frac{9923000 \cdot 0.919}{0.85 \cdot 1955.2} + \frac{9923000 \cdot 5.5}{0.85 \cdot 1955.2} + \frac{9923000 \cdot 0.69}{0.85 \cdot 1955.2} + \frac{9923000 \cdot 2.71}{0.85 \cdot 1955.2} =$$

$$56830 \text{ (грн./шт.)}.$$

б) для спроектованого варіанту

$$K_{\text{нм}} = \frac{10302615 \cdot 0.68}{0.85 \cdot 2017.6} + \frac{10302615 \cdot 2.45}{0.85 \cdot 2017.6} + \frac{10302615 \cdot 0.296}{0.85 \cdot 2017.6} + \frac{10302615 \cdot 2}{0.85 \cdot 2017.6} = 33640 \text{ (грн./шт.)}.$$

Річну економію поточних витрат $E_{\text{п.е}}$ визначаємо за формулою:

$$E_{\text{п.е}} = (C_{\text{нм.б}} - C_{\text{нм.н}}) \cdot A_p,$$

де: $C_{\text{нм.б}}$, $C_{\text{нм.н}}$ – питомі поточні витрати (собівартість одиниці продукції), відповідно до базового та спроектованого варіанта технологічного процесу; A_p – річний обсяг випуску продукції у натуральному вираженні ($A_p = 100$).

$$E_{\text{п.е}} = (22003.49 - 21562.6) \cdot 100 = 44089 \text{ (грн.)}.$$

Таблиця 6.3 – Основні техніко-економічні показники, які характеризують базове та прийняте рішення

Показник, одиниця виміру	Значення показників за варіантами	
	базовим	спроектованим
Річний випуск продукції, од.	100	100
Собівартість одиниці продукції, грн	22003.49	21562.6
Питомі капітальні вкладення, грн/шт.	56830	33640
Річна економія поточних витрат, грн	44089	

Висновки

Проведені розрахунки по визначенню технологічної собівартості напилення виробу для базового та спроектованого варіантів надали можливість визначити економічну доцільність запропонованого технологічного процесу.

Зокрема, собівартість одиниці продукції зменшиться на 440.89 грн. та річна економія поточних витрат становитиме 44089 грн. Водночас, впровадження нового технологічного процесу напилення горизонтального резервуару підвищить якість кінцевої продукції.

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

Темою дипломного проектування є нанесення антикорозійного покриття на внутрішню поверхню резервуару, з високим рівнем механізації і автоматизації, що в свою чергу передбачає використання прогресивних способів напилення з використанням відповідного обладнання.

Технологія виготовлення горизонтального резервуару передбачає використання способів плазмового напилення, що характеризується шкідливими та небезпечними виробничими факторами, які за певних умов можуть призводити до професійних захворювань робітників зварювальних професій.

Метою розділу є розроблення заходів безпеки праці при напиленні горизонтального резервуару

Вимоги до персоналу

До виконання напилення допускаються особи, не молодші 18 років, які пройшли попередній медичний огляди (з урахуванням медичних протипоказань), навчання, інструктаж та перевірку знань вимог безпеки згідно з ГОСТ 12.0.004-79, мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижчу II і посвідчення. Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу у три місяці з відміткою в журналі.

Працівники, які виконують зварювання чи інші роботи пов'язані зі зварюванням, повинні не рідше одного разу на рік проходити періодичні медичні огляди.

Вимоги до технологічних процесів

Вимоги безпеки праці до технологічних процесів напилення встановлюються у нормативно-технічній документації згідно з ГОСТ 3.1120-83 і повинні відповідати ГОСТ 12.3.002-75.

Вибираючи технологію процесу зварювання перевагу слід надавати тому процесу, при якому буде забезпечуватися більша безпека праці.

Необхідно використовувати ті види та марки напилювальних матеріалів (порошок захисні гази тощо), які в процесі зварювання забезпечують мінімальне виділення в повітря шкідливих речовини.

Не допускається використання напилювальних матеріалів, що не пройшли гігієнічну оцінку в установленому порядку. При створенні технологічних процесів напилення слід передбачити максимально можливу механізацію та автоматизацію процесів зварювання та його окремих елементів.

Допустимі показники важкості та напруженості праці зварників повинні бути не вищі II класу згідно з нормами «Гигиеническая классификация труда». Зварювальне обладнання, що застосовується у технологічних процесах напилення, повинно відповідати загальним вимогам таких нормативних документів: «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» та «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Обов'язковим етапом проектування технологічних процесів напилення є розробка відповідних засобів та заходів колективного захисту від впливу характерних для даного процесу шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Одним із таких заходів є застосовування пристроїв місцевої витяжної вентиляції з системами очищення видаленого повітря від аерозолів та газів у відповідності з вимогами СНиП 2.04.05-91 і ОНД-86.

Механізоване зварювальне обладнання повинно мати вмонтовані повітроприймальні пристрої для уловлювання цих аерозолів і газів. Треба враховувати, що зварювання з недіючою місцевою витяжною вентиляцією не допускається.

Під час напилення в місцевими повітроприймачами необхідно видаляти повітря не менше ніж $50 \text{ м}^3/\text{год}$.

Експлуатація балонів, контейнерів зі стиснутим і скрапленим газом, рамп, повинна здійснюватись відповідно до норм «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Балони зі стиснутими газами слід розташовувати на відстані не ближче 5 м від зварювального пальника і 1 м — від отоплювальних приладів. У разі наявності на опалювальних приладах екранів, що захищають балони від нагрівання, відстань від балона до екрана має бути не меншою 0,1 м.

Вимоги до виробничих приміщень

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

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

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

Підлоги для виробничих приміщень мають бути виготовлені з матеріалів, що не згорають і мають малу теплопровідність. Підлога повинна мати рівну не ковзку поверхню.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані загально-обмінною припливно-витяжною вентиляцією відповідно до СНиП 2.04.05-91. Видалене повітря з виробничих приміщень в атмосферу повинно проходити фільтрацію (очищення) від шкідливих речовин до концентрацій, що не перевищують допустимих рівнів викидів, у відповідності з СНиП 2.04.05-91 та ОНД-86.

Освітлення цехів, ділянок і робочих місць, де виконуються роботи з дугового зварювання повинно відповідати ДБН В.2.5-28-2006. Під час дугового зварювання освітлення повинно здійснюватися зовнішніми джерелами світла

спрямованої дії чи місцевим освітленням з напругою не більш 12 В, при цьому освітленість робочої зони повинна становити не менше 30 лк.

Вимоги до організації робочих місць

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

Робочі місця для виконання зварювальних робіт можуть бути стаціонарними, нестаціонарними, постійними і непостійними (тимчасовими).

Стаціонарні робочі місця, пости та стенди для тих способів зварювання, які супроводжуються виділенням у повітря робочої зони аерозолів і газів, належить обладнати пристроями місцевої витяжної вентиляції та атестувати їх на відповідність нормам ГДК.

Пульти операторів для автоматизованого зварювання крупно-габаритних виробів з підігріванням потрібно розміщати в кабінах, виготовлених з теплоізоляційного матеріалу і обладнаних кондиціонерами, використовувати дистанційне керування процесом.

За умов, що автоматизація процесу зварювання з підігрівом неможлива, необхідно використовувати теплоізоляційні килимки (азбестові та ін.), теплоізоляційні водо-охолоджувальні костюми, влаштовувати перерву в роботі, проводити їх в місцях з оптимальними метеорологічними умовами.

Не допускається проведення робіт без вживання заходів, що виключають можливість пожежі як під час зварювання, так і після закінчення.

Під час проведення робіт при температурі нижче -20°C повинні бути забезпечені умови, які відповідають вимогам ДСН 3.3.6.042-99.

Вимоги до вентиляції

Згідно з ДСТУ 2456-94 місцева вентиляція повинна використовуватись. Вона також повинна застосовуватись в комбінації з місцевою вентиляцією,

розрахованою на видалення з виробничого приміщення шкідливих речовин не локалізованих місцевими витяжними пристроями (відсмоктувачами). Швидкість руху повітря, що створюється місцевими відсмоктувачами біля джерел виділення шкідливих речовин, повинна бути:

- при напиленні – не менше 0,5 м/с;

Методи контролю виконання вимог безпеки

Контроль за станом повітря робочої зони здійснюється згідно з ГОСТ 12.1.005-88. Перевірка стану повітряного середовища здійснюється шляхом визначення концентрації шкідливих речовин у зоні дихання зварника, а також в повітрі робочої зони виробничих приміщень. Для цього користуються методиками «Гигиеническая оценка сварочных материалов и способов сварки, наплавки и резки металлов» № 1924-78 та «Методические указаний на определение вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы)» № 4945-88.

Контроль за температурою робочих поверхонь, мікрокліматичними умовами і рівнем інфрачервоної радіації здійснюється відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.

Контроль системи вентиляції у зварювальних цехах проводиться методом аеродинамічних випробувань відповідно до ГОСТ 12.3.018-79.

Вимірювання освітленості виробничих приміщень виконуються відповідно до ГОСТ 24940-81. При цьому слід керуватись вимогами СНиП 11-4-79, враховуючи характер і точність зорової роботи. Контроль за станом електроустаткування та його безпечної експлуатації здійснюється відповідно до ГОСТ 12.1.019-79, ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», ДНАОП 1.1.10-1 01-97, ДНАОП 0.00-1.21-98 та ДНАОП 1 1.10-1.07-01.

Перевіряти відповідність вимірних величин напруженості магнітного та електричного поля допустимим значенням необхідно у випадку внесення змін в конструкцію зварювального обладнання, схему його підключення, засобів захисту і при облаштуванні нових робочих місць.

Контроль пожежної безпеки та пожежовибухонебезпеки речовин та матеріалів здійснюється згідно з ГОСТ 12.1.004-91. З метою пожежо- та вибухобезпеки слід контролювати концентрацію легкозаймистих і горючих речовин, яка не повинна перевищувати 50% нижньої границі вибуховості.

Засоби індивідуального захисту працюючих підлягають періодичним контрольним оглядам та перевіркам в терміни, встановлені нормативно- технічною документацією на відповідні засоби.

Загальні вимоги електробезпеки

Основними причинами ураження персоналу електричним струмом є доторкання: до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою в робочому режимі; до струмоведучих частин, що випадково опинились під напругою; до неструмоведучих частин, що опинились під напругою внаслідок пошкодження електроізоляції; ураження електричною дугою та напругою кроку.

Виробничі приміщення з точки зору ураження електричним струмом належать до категорії особливо шкідливих. Експлуатація зовнішніх електроустановок прирівнюється до умов експлуатації в особливо небезпечних приміщеннях.

Електротехнічні вироби з точки зору безпеки повинні відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98.

В їх конструкції для захисту від ураження струмом в робочому режимі можуть використовуватись:

- ізоляція струмоведучих частин (робоча, додаткова, подвійна, посилена);
- безпечна напруга в електричному колі;
- елементи для захисного заземлення металевих не струмоведучих частин

виробу, які можуть опинитись під напругою (при пошкодженні ізоляції, порушенні режиму роботи тощо).

Для захисту від ураження струмом в аварійному режимі застосовують: заземлення, занулення, вимикання, подвійну ізоляцію. Заземлення застосовують завжди при живленні від мереж з ізолюованою нейтраллю та за наявності мережі з глухо-заземленою нейтраллю при напрузі понад 1000 В.

У чотирьох провідних мережах з глухо-заземленою нейтраллю використовують систему занулення (заземлення). Зануленню підлягає електрообладнання у виробничих приміщеннях, що живиться струмом з напругою понад 42 В змінного та 110 В постійного струму.

Захисне вимикання – високонадійна швидкодіюча система захисту, яка застосовується в пересувних електроустановках, які використовують як генератор з ізолюованою нейтраллю, а також в інших випадках, коли умови експлуатації потребують високого рівня безпеки.

Електробезпека зварювальних робіт

Електричне обладнання, що застосовується для наплення, і його експлуатація повинні відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.32-01 та ДНАОП 0.00-1.21-98. Корпус будь-якої електрозварювальної установки необхідно заземлювати. Захисне заземлення і занулення виконується згідно з ГОСТ 12.1.030-81. Послідовне включення в заземлюючий провідник декількох апаратів забороняється. Забороняється з'єднувати зварювальні кола скрутками з оголеним кабелем. Струмопідвідні кабелі зварювального кола повинні бути по всій довжині ізолюовані та захищені від механічних ушкоджень.

Зварювальні установки мають бути захищені запобіжниками або автоматами зі сторони мережі живлення. Багатопостові зварювальні агрегати, крім захисту з боку мережі живлення, повинні мати у загальному проводі зварювального ланцюга автоматичний вимикач та запобіжники на кожному проводі на зварювальному посту.

Приєднання і від'єднання від мережі електрозварювальних установок, переключення зварювального струму рукоятками, розташованими в середині установки за дверцятами, що не мають пристрою блокування, а також

спостереження за справним станом установок у процесі експлуатації повинно виконуватися електротехнічним персоналом.

Весь персонал, що обслуговує електрозварювальні установки, повинен періодично проходити інструктаж про безпеку електричного струму і способи надання першої допомоги.

Вимоги до експлуатації зварювального обладнання

Обладнання, що застосовується для усіх основних видів зварювання, в тому числі технологічне, механічне і допоміжне, має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-91. Джерела живлення повинні підключатися до розподільних електричних мереж з напругою не вище 600 В. Біля роз'ємів (затискачів) для підключення джерел зварювання повинен бути напис «МЕРЕЖА!». На видному місці корпуса джерела живлення повинен бути напис «Без заземлення не вмикати!».

Металеві частини всіх видів зварювального обладнання, які в процесі експлуатації можуть опинитись під напругою, повинні бути надійно заземлені. Кожна одиниця зварювального обладнання повинна мати окремий провід заземлення, який приєднується до магістралі заземлення. Корпуси машин контактного зварювання і шаф управління» педальні пускові кнопки, а також вторинні обмотки трансформаторів повинні бути заземлені.

Зварювальне обладнання повинно регулярно перед початком кожної зміни підлягати перевірці на відсутність замикання, оголених струмоведучих частин, справність ізоляції, проводів та кабелів живлення, цілісність провода та справність блокіровок.

Вимоги до застосування засобів індивідуального захисту

Працівники, які виконують роботи з зварювання, повинні забезпечуватись засобами індивідуального захисту згідно з галузевими нормами, в залежності від характеру дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів і відповідних вимог ГОСТ 12.4.011-89.

Виріб та призначення засобів індивідуального захисту органів дихання повинні провадитися згідно з вимогами ГОСТ 12.4.034-85.

Під час виконання робіт з дугового зварювання під флюсом, електрошлакового зварювання, а також огляду та зачищення зварних швів слід користуватись окулярами згідно з ГОСТ 12.4.013-85.

Для захисту рук необхідно застосовувати рукавиці згідно з ГОСТ 12.4.010-75.

Для зниження небезпеки ураження електричним струмом працюючі повинні забезпечуватися килимками згідно ГОСТ 4997-75, а також в умовах підвищеної небезпеки (обмежених просторах) – калошами згідно з ГОСТ 13385-78, рукавицями типу Ен та Ев згідно нормативно-технічної документації.

Для захисту голови під час зварювання великогабаритних виробів в умовах підвищеної небезпеки та електрошлакового зварювання повинні застосовуватися захисні каски згідно з ГОСТ 12.4.128-83.

Інженерні рішення для забезпечення безпеки

Для захисту очей, шкіряного покриву голови і шиї від випромінювання дуги та від бризок розплавленого металу зварники використовують спеціальні ручні та наголовні щитки (маски), які виготовлені у відповідності з вимогами ГОСТ 12.4.035-84, основними з яких є захисні характеристики.

Найбільш важливим та відповідальним елементом щитків є скляні світлофільтри, призначені для захисту очей від ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання. Світлове випромінювання дуги повинно бути послаблене світлофільтрами у 10 ...10 разів. Для механізованого зварювання в CO₂ обираємо світлофільтр типу С-6, який підходить по параметрам режиму зварювання (сила струму I = 300-400 А).

Захисний одяг, що використовують під час зварювання та споріднених процесів повинен відповідати вимогам ДСТУ ISO 470-1:2003. промисловий випуск тканини і матеріалів для спецодягу зварників здійснюється у відповідності з ГОСТ

12.4.105-86 «ССБТ. Ткани и материалы для спецодежды сварщиков», в якому викладені вимоги до захисних властивостей та експлуатаційних показників для них.

Для відсмоктування ЗА використовуватимуть загально-обмінну вентиляцію.

Пожежна безпека

Згідно з НАПБ Б.07.005-86 приміщення, у яких виконуються зварювальні роботи, за вимогами вибухопожежної небезпеки належить до категорії Г (негорючі речовини й матеріали у гарячому, розжареному, розплавленому станах, процеси обробки яких супроводжуються виділенням променистої теплоти, іскор та полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються чи утилізуються у вигляді палива).

Пожежна безпека (ГОСТ 12.1.004-85) забезпечується:

- запобігання спалаху ізоляції при КЗ за рахунок максимального струменевого захисту;
- запобігання утворення горючого середовища за рахунок надійної герметизації обладнання, обмеженням застосування і зберігання горючих і вибухонебезпечних речовин;
- застосування пожежної сигналізації з датчиком (ИДФ-I, ДПД і др.);
- використанням вогнегасників (клас пожежі В): ОХП-10, ОХВП-10, ОВП-7, ОХ-7, ОП-10А; для класу пожежі Е вогнегасники типу УО, ОП-10А (вибрати тип і кількість відповідно до НАПБ Б.07.005-86).

При організації технологічного процесу дотримуються усіх вимог електростатичної іскробезпеки (ГОСТ 12.1.018-79).

Передбачається також аварійне зливання пожежно-небезпечних рідин, аварійне втручання горючих газів із апаратури.

Рекомендована періодична очистка робочого місця цеху, апаратури від горючих відходів, відкладання пилу, вилучення пожежно-небезпечних відходів виробництва, заміна ЛВЖ і ГЖ на пожежно-небезпечні технічні миючі засоби.

Приміщення обладнується засобами колективного та індивідуального захисту людей від небезпечних факторів пожежі та протидимного захисту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В магістерській дисертації була розроблена технологія складання та наплення горизонтального резервуару.

Для наплення горизонтального резервуару запропоновано автоматизоване наплення плазмою

Запропоновані заходи з охорони праці та навколишнього середовища, які направлені на покращення умов роботи зварників.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Стали и сплавы. Марочник: Справ. изд. / В. Г. Сорокин и др.; Науч. С77 ред. В. Г. Сорокин, М. А. Герасьев – М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 608 с.: ил.
2. Н. И. Каховский, В. Г. Фартушный, К. А. Ющенко Электродуговая сварка сталей: Справочник – «Наукова думка», 1975. – 480 с.
3. Металловедение сварки низко- и среднелегированных сталей. Грабин В. Ф., Денисенко А. В. К., «Наук. думка», 1978, 276 с.
4. «Технологія та устаткування зварювання плавленням»: Методичні вказівки до курсової роботи/ Укладачі: Бойко В. П., Котик В. Т., Корінець І. П. – К.:2012. 58 с.
5. ГОСТ 8050-85. Двухокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия
6. Биковський О. Г., Пінковський О. В. «Довідник зварника» - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
7. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. /Ред-С 24 кол.: Г. А. Николаев (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 – т. 2/ Под ред. А. И. Акулова, 1978, 462 с., ил.
8. http://www.met-steel.ru/catalog/metal/welding_wire/53/
9. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
10. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Оборудование и технология сварки плавлением» для студентов специальности «Оборудование и технология сварочного производства» всех форм обучения / Сост. И. Ф. Коринец. – Киев: КПИ, 1988. – 76 с.
11. <http://stroy-machines.ru/content/view/649/146/>
12. Каталог сварочного оборудования ЗАО НПФ «ИТС»
13. Каталог оборудования для сварки по системе MIG/MAG
14. Теория сварочных процессов: Учеб. Для вузов по ТЗЗ спец. «Оборудование и технология сварочного пр-ва»/ В. Н. Волченко, В. М.

- Ямпольский, В. А. Винокуров и др.; Под ред. В.В. Фролова. – М. : Высш. шк., 1988. 599с.
15. Гитлевич А.Д., Этингф Л.А. Механизация и автоматизация сварочного производства. – Москва: Машиностроение, 1979. — 280 с., ил.
 16. Рекомендації щодо змісту та структури технологічного розділу дипломних проектів бакалаврів / Уклад. В. М. Прохоренко, І. М. Чертов, А. С. Карпенко, К. О. Зворикін, В. В. Лисак, І. П. Корінець, В. П. Бойко, В. Т. Котик, О.В. Прохоренко, О. А. Сливінський, В. М. Коперсак, В. І. Прохоров. Під заг. ред. В. М. Прохоренка – К.: ВПК «Політехніка», 2010. – 110 с.
 17. http://library.weld.kpi.ua/sites/default/files/dp_bak_zv_2017.pdf
 18. <http://chertezhi.ru/modules/ukrfiles/showfile.php?lid=5986>
 19. <http://chertezhi.ru/modules/search/index.php?text=%C4%E8%EF%EB%EE%EC%ED%E8%E9%...>
 20. <http://chertezhi.ru/modules/search/index.php?text=%E7%E2%E0%F0%FE%E2%E0%ED%ED%F...>
 21. <http://chertezhi.ru/modules/search/index.php?text=%E7%E2%E0%F0%FE%E2%E0%ED%ED%F...>
 22. <http://chertezhi.ru/modules/search/index.php?text=%F0%E5%E7%E5%F0%E2%F3%E0%F0&mo...>
 23. <http://chertezhi.ru/modules/search/index.php?text=%D2%E5%F5%ED%EE%EB%EE%E3%B3%...>
 24. <http://lecture.in.ua/metodichni-rekomendaciyi-do-zmistu-ta-strukturi-tehnologichnog.html?page=2>
 25. <http://uk.x-pdf.ru/5politologiya/257807-3-metodichni-rekomendacii-zmistu-strukturi-tehnologichnogo...>
 26. <http://lecture.in.ua/metodichni-rekomendaciyi-do-zmistu-ta-strukturi-tehnologichnog.html>
 27. http://library.weld.kpi.ua/sites/default/files/dp_spec_zv.pdf
 28. http://library.weld.kpi.ua/sites/default/files/Metod_ZdZ_KR_2017.pdf

29. <http://lecture.in.ua/metodichni-rekomendaciyi-do-zmistu-ta-strukturi-tehnologichnog.html?page=6>
30. <http://uk.x-pdf.ru/5politologiya/257807-1-metodichni-rekomendacii-zmistu-strukturi-tehnologichnog...>
31. 1. Зайцев В.И., Грицай Л.М., Моисеев А.А. Судовые паровые и газовые турбины. – М.: Транспорт, 1981. – 311 с.
32. 2. Гецов А.Б. Детали газовых турбин. – Л.: Машиностроение, 1982. – 296 с.
33. 3. Бурьяненко В.Д., Донской А.В., Клубникин В.С. Промышленное применение процессов плазменного напыления. – Л.: Наука, 1972. – 24 с.
34. 4. Повышение долговечности лопаток транспортных ГТУ путем применения защитных покрытий// Проблемы специальной металлургии. 1981, №15. – С. 52-59.
35. 5. Елисеев Ю.С., Абраимов Н.В., Крымов В.В. Химико-термическая обработка и защитные покрытия в авиа- двигателестроении. – М.: Высшая школа, 1999. – 525 с.
36. 6. Лашко Н.Ф. Физико-химические методы фазового анализа сталей и сплавов. – М.: Металлургия, 1970. – 237 с.
37. 7. Конструкционные и жаропрочные материалы для новой техники./ Под ред. Жаворонкова Н.М. – М.: Наука, 1978. – 341 с.
38. 8. Скородзиевский В.С., Устинов А.И., Чуистов К.В. Кристаллическая структура α -мартенсита в сплаве Co-Al./ ФММ. – М.: Наука. т. 65. вып. 1, 1998, С. 119-127.
39. 9. Saunders S.R.J., Nicholls J.R. Coatings and surface treatments of high temperature oxidation resistance. / Mater Sc. And Technol., 1989, v. 5, p. 780-788.
40. 10. Тамарин Ю.А. Жаростойкие диффузионные покрытия лопаток ГТД. – М.: Машиностроение, 1978. – 169 с.

41. 11. Smeggil J.G., Funkenbusch A.W., Bornstein N.S. A relationship between indigenous impurity elements and protective oxide scale adherence characteristics. / Met. Trans. V. 17A, № 1-6, p. 923-932.
42. 12. Никитин В.И. Коррозия и защита лопаток газовых турбин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 235 с.
43. 13. Абраимов Н.В. Высокотемпературные материалы и покрытия. – М.: Машиностроение, 1993. – 369 с.
44. 14. Абраимов Н.В., Коломыцев П.Т., Нусберг Р.Ю., Семенов А.П. Получение и применение защитных покрытий. – Л.: Наука, 1987. – 271 с.
45. 15. Абраимов Н.В. Научно-методические материалы по защитным покрытиям. – М.: Издательство ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1985. – 57 с.
46. 16. Мубояджан С.А., Будиновский С.А. Конденсированные и конденсационно-диффузионные покрытия для жаропрочных сплавов с направленной кристаллической структурой. – М.: Машиностроение, 1996. – 73 с.
47. 17. Будиновский С.А., мубояджан С.А., Помелов Я.А. Вакуумно-плазменный процесс нанесения защитных покрытий из многокомпонентных сплавов. – М.: Знание, 1989. – 85 с.
48. 18. Эйзнер Б.А., Никитин В.И., Митор Е.В. Коррозионостойкие покрытия. – М.: Машиностроение, 1990. – 349 с.
49. 19. Мовчан Б.А., Малащенко И.С. Жаростойкие покрытия, осаждаемые в вакууме. – К.: Наукова думка, 1983. – 269 с.
50. 20. Малащенко И.С., Мяльница Г.Ф., Жирицкий О.Г. Повышение долговечности лопаток транспортных ГТУ путем применения защитных покрытий // Проблемы специальной электрометаллургии. – 1981, № 15. – С. 52-59.
51. 21. Мищенко В.П., Осечков П.П. Анализ параметров и основные задачи автоматического регулирования процесса электронно-лучевого испарения и конденсации // Проблемы специальной электрометаллургии. – 1976, 35. – С. 75-79.

- 52.22. Хирс Д., Паунд Г. Испарение и конденсация. – М.: Металлургия, 1966. – 127 с.
 - 53.23. Васильев В.Ю., Максимович Б.Ю., Сеница Н.Н. Плазменное напыление лопаток газотурбинных двигателей // Сварочное производство. – 1987, №9. – С. 14-19.
 - 54.24. Коломыцев П.Т. Газовая коррозия и прочность никелевых сплавов. – М.: Металлургия, 1984. – 215 с.
 - 55.25. Высокотемпературные жаростойкие покрытия и жаростойкие слои для теплозащитных покрытий / [С. А. Мубояджян, С. А. Будиновский, А. М. Гаямов, П. В. Матвеев] // Авиационные материалы и технологии. – 2013. № 1. – С. 17–20.
 - 56.26. Жерздев С. В. Теплозащитные покрытия для лопаток турбин авиационных двигателей (обзор) / С. В. Жерздев, Ю. А. Тамарин. – М.: ВИАМ, 1990. – 128 с.
- 57.** 27. Балдаев Л.Х., Борисов В.Н. и др. «Газотермическое напыление».
- 58.28. Высокотемпературные жаростойкие покрытия и жаростойкие слои для теплозащитных покрытий / С. А. Мубояджян, С. А. Будиновский, А. М. Гаямов, П. В. Матвеев // Авиационные материалы и технологии. – 2013. – № 1. – С. 17–20.
 - 59.29. Татарин Ю. Л. Электронно-лучевая технология нанесения теплозащитных покрытий / Ю. Л. Татарин, Е. Б. Качанов // Новые технологические процессы и надежность ГТД. – 2008. – ЦИАМ. – Вып. 7. – С. 144–158.
- 60.** 30. Теоретические основы технологии плазменного напыления. Учебное пособие для ВУЗов (изд2)
- 61.31. Кудинов В.В., Бобров Г.В. «Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование».
- 62.** 32. <http://www.aoks-spb.com/catalogue/equipment/obitaemye-drobestruinye-kamery/obitaemaya-drobestruinaya-kamera-bml-r>.

- 63.33. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика.-М.: Гл.ред.физ.-мат. литературы, 1969. – 824 с.
- 64.34. Донской А.В., Клубникин В.С. Электроплазменные процессы и установки в машиностроении.-Л.: Машиностроение, 1979. - 178 с.
- 65.35. Топерверх Н.И., Шерман М.Я. Теплохимические измерительные и регулировочные приборы на металлургических заводах. – М.: Машиностроение, 1956. - 619 с.
- 66.36. <http://a-elterm.com.ua/catalogue/kamernye-pechi-mufelnye-pechi/>

Додатки