

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №3
«Контроль герметичності зварних з'єднань методом гідравлічних
випробувань і газової проби»

з дисципліни «Контроль якості зварювання»

для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка
освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №3 «Контроль герметичності зварних з'єднань методом гідравлічних випробувань і газової проби» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 14 с.

Укладачі:

Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Рецензент:

Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент

Редактор: Аверченко І.П., ст. лаб

Відповідальний за випуск:

Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №06 від 16.01.2024 р.

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ.....	10
5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	11
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ	11
7 ЗМІСТ ЗВІТУ	12
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	12
Додаток А Технологічна карта контролю герметичності.....	13

1 МЕТА РОБОТИ

Опанувати техніку виявлення наскрізних дефектів в зварних виробках з використанням рідких проникаючих речовин.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

У техніці тічопошук використовують ряд термінів, основним з яких є поняття герметичності. Під герметичністю системи розуміють непроникність стінок, що обмежують обсяг, для газів і рідин. Прийнято характеризувати герметичність системи потоком газу (рідини), що проникає в систему або впливає з неї в одиницю часу.

Абсолютна герметичність недосяжна і неконтрольована, тому герметичність слід розглядати як поняття відносне і говорити лише про її ступеня. При цьому необхідний ступінь герметичності об'єкта характеризується найменшими величинами натікання (або витоку), наявності або відсутності яких встановлюють в результаті контролю.

Кількісно величину локальної течії характеризують кількістю повітря, яке вона пропускає в одиницю часу з атмосфери в обсяг, відкачаний до тиску, нехтує малого в порівнянні з атмосферним.

Розрізняють дві технологічні операції - контроль герметичності і пошук течії (течощукання).

Контроль герметичності - вид неруйнівного контролю виробів, що полягає у вимірюванні або оцінці сумарного потоку робочого, контрольного або пробного речовини, що проникає через нещільності, для порівняння з допустимою за технічними умовами на виготовлення виробу величиною.

Робоча речовина (середка) - рідина (або газ), якою заповнюють виріб в процесі експлуатації. Для вакуумних виробів під робочою слід розуміти середовище, що оточує виріб в процесі експлуатації.

Пробна (індикаторна) речовина - рідина (або газ), призначена для проникнення через нещільності в виріб під час випробувань з подальшою реєстрацією візуальними, хімічними або інструментальними методами. Якщо індикаторним речовиною є суміш декількох речовин, то при контролі герметичності повинна бути

відома концентрація пробного речовини в суміші. Суміш пробного речовини з будь-яким технологічним або економічно доцільним наповнювачем називають контрольним речовиною.

Течошукування - операція, яка полягає у виявленні та встановленні місць розташування одиничних течі шляхом реєстрації потоку індикаторного речовини через нещільності.

Контроль герметичності і пошук течі часто виконують за допомогою течошукачів - спеціальних пристроїв переносного або стаціонарного типу, призначених для визначення місця розташування нещільностей в об'єкті контролю.

Основним поняттям, що характеризує можливості методу контролю при визначенні течі, є його чутливість. Розрізняють чутливості течопошуку і течошукача (порогову).

Чутливість течопошук - найменший потік пробного речовини через нещільність, який може бути виявлений і виміряний при течопошуці. Вона залежить від порогової чутливості детектора шукаємо, швидкості переміщення робочого органу течошукача і відстані від його поверхні до контрольованого виробу, фізичних властивостей і концентрації робочого і індикаторного речовин, робочих і випробувальних тисків у виробі.

Порогова чутливість течошукача - найменший потік (концентрація) індикаторного речовини, який може бути їм виявлено або виміряний. Для перевірки чутливості і тарування засобів контролю герметичності застосовують контрольну тіч - пристрій, за допомогою якого отримують постійний в часі і відомий за величиною потік індикаторного речовини.

Порушення герметичності пов'язане з наскрізними дефектами (тріщинами, щілинами) у структурі матеріалу або з'єднанні, називаються течами. Через них безперервно, в тій чи іншій мірі відбувається витікання робочої рідини, якщо виріб знаходиться під надлишковим тиском, або протікання будь якої рідини або газу, якщо виріб підтримує знижений тиск. У цьому випадку уява про повну (абсолютну) герметичність стає помилковою і слід казати про ступінь герметичності виробів.

Ступінь герметичності повинна розраховуватися на стадії підготовки виробництва як допустима кількість витікання (або натікання) речовини Q , при якому забезпечується безвідмовна робота виробу на протязі визначеного часу:

$$Q = \frac{\Delta p V_p}{\Delta t},$$

де Δp – допустиме падіння (внаслідок витікання) або підвищення (внаслідок затікання) тиску у робочому об'ємі, Па;

V_p – робочий об'єм, л;

Δt – час роботи або зберігання, с.

Дійсне значення величини підтікання (натікання) у виробі не повинно перевищувати допустимого значення Q . Для того щоб перевірити виконання цієї вимоги, виконують контроль герметичності.

Якщо для контролю використовується робочий газ (рідина), то отримана ступінь герметичності записується у технічні вимоги на виготовлення виробу і служить початковою для вибору методів контролю.

У більшості випадків контроль ведеться не робочими речовинами, а контрольними газами (повітрям, гелієм, азотом, аргонном, газовими сумішами), які відрізняються по своїм фізичним властивостям – в'язкості, молярній масі. У зв'язку з цим виникає необхідність перерахування величини Q по робочому газу на ступінь герметичності Q_k по контрольному газу.

У виробництві використовуються або стають перспективними наступні методи контролю:

- радіоактивний;
- мас-спектрометричний;
- галоїдний;
- хімічний;
- пневматичний;
- люмінесцентний;
- газово-крейдовий.

Перевірка герметичності виробів за допомогою гідравлічних випробувань і газової проби базується на застосуванні рідких проникаючих речовин. При гідравлічних випробуваннях пенетрантом може бути вода або різні технологічні розчини. Ці речовини проникають через дефекти завдяки прикладеному зовнішньому тиску, або власному гідравлічному тиску стовпа рідини пенетранта. При використанні гасу у якості пенетранту він проникає через найдрібніші

дефекти навіть без прикладання зовнішнього тиску, а лише за рахунок капілярних сил, що робить цей метод значно чутливішим у порівнянні з гідравлічними випробуваннями.

Гідравлічні способи контролю використовують для виявлення теч у різних виробках як відкритого, так і закритого типів.

Випробування гідравлічним тиском – виріб заповнюють робочою рідиною, герметизують, створюють тиск у середині виробу при якому витримують протягом часу встановленого технічними умовами.

Якщо тиск не змінюється, то можна зробити висновок, що витікання води відсутнє, а якщо тиск падає, то для того, щоб виміряти витікання води то всі зварні шви простукують молотком з круглим бойком і оглядають усі зварні шви.

Ті місця, де є мокрі ділянки або витікання, помічають і переварюють заново.

Випробування наливанням води проводять для контролю щільності відкритих споруд, вертикальних циліндричних резервуарів, цистерн і баків.

Зварні шви просушують повітрям, заповнюють водою до рівня передбаченого технічними нормами і після певного часу ці з'єднання оглядають, такі випробування проводять вище нуля градусів Цельсія.

Випробування поливанням водою проводять у випадках, коли є можливість доступу з обох сторін. З одного боку поливають водою з бронсбойта, одночасно з іншого боку оглядають з метою виявлення течі, шви поливають знизу вгору.

Вироби відкритого типу, які працюють під атмосферним тиском, перевіряють переважно гідравлічним методом, заповнюючи посудини водою й оглядаючи зовнішню поверхню зварних з'єднань з метою виявлення можливих теч. Процес випробування тривалий, витримка може досягати 24 годин і більше. Течі знаходять за вологими плямами на поверхні виробу, які легше виявити, коли на зварні з'єднання покласти смужки фільтрувального паперу. Методом наливання можна виявляти дефекти розміром 0,2 мм – 0,5 мм, тобто він має низьку чутливість.

Підвищують чутливість методу гідравлічних випробувань, створюючи наднормальний тиск рідини в посудині. Чим вищий тиск, тим більша чутливість методу, тим менші дефекти можна виявити. Цим методом випробовують вироби закритого типу, а також

трубопроводи і відкриті посудини з використанням технологічних заглушок.

Герметичність посудин гідравлічним методом перевіряють одночасно з випробуванням їх на міцність. Згідно з вимогами Держгіртехнагляду більшість посудин, які працюють під підвищеним тиском, піддають гідравлічним випробуванням на міцність під півтораразовим робочим тиском з витримкою протягом 10 хв. Внутрішній тиск зменшують до робочого й оглядають поверхню виробу з метою виявлення течій. Наявність останніх визначають за вологими плямами на поверхні виробу чи на фільтрувальному папері. Граничний розмір дефектів, що їх можна виявити, – до 0,05 мм, порогова чутливість 10^{-5} Вт.

Тиск рідини в посудині під час гідравлічних випробувань створюють за допомогою гідравлічних насосів або за рахунок подавання стисненого газу (повітря, азот, аргон) під потрібним тиском до заповненого водою виробу.

Гасову пробу широко використовують для контролю герметичності зварних виробів різного типу, в яких забезпечено двобічний доступ до контрольованих з'єднань. Гас має проникну здатність більшу, ніж вода та інші рідини. Він не є полярно-активний, має малу в'язкість, добре розчинює жирові пробки в нещільностях і тому під дією капілярних сил легко проникає всередину найдрібніших дефектів. Завдяки цьому гасовий метод контролю герметичності має чутливість, яка на порядок більша, ніж чутливість гідравлічних випробувань наливанням, а це дає змогу виявити дефекти до 0,05 мм.

Розрізняють чотири способи випробувань: гасо-крейдовий; гасовопневматический; гасововакуумний; гасововібраційний.

Гасо-крейдовий метод (ОСТ 141352–72), у якому використовуються високі капілярні властивості гасу, відноситься до найбільш простих та доступних методів. Він використовується переважно для контролю нероз'ємних, насамперед зварних з'єднань, причому у виробках порівняно простої конструкції або на перших стадіях їх виготовлення, коли мається «підхід» до обох сторін з'єднання. Спочатку зі сторони, яка доступна для візуального огляду, з'єднання (шов) покривається крейдовим розчином (інколи з додатком клею). Після сушки зворотна сторона з'єднання дуже добре змочується гасом. Поява темних гасових плям на білому (крейдовому) фоні зазначає на наявність підтікання. Метод використовується також

для контролю роз'ємних та рухомих з'єднань типу клапанних та кранових. У цьому випадку не ставиться вимога високої ступені герметичності. По чутливості метод порівнюється з люмінесцентним.

Таблиця 2.1 - Чутливість і порядок огляду виробів при випробуванні газовим способом

Тиск гасу, Па	Чутливість, $\text{мм}^3 \cdot \text{МПа} / \text{с}$	Порядок огляду по висоті матеріалу виробу, мм	
		до 6	понад 6 до 25
-	$6,6 \cdot 10^{-2}$	1. Відразу після подачі гасу 2. Через 15 ... 30 хв після подачі гасу	1. Через 3 ... 5 хв після подачі гасу 2. Через 30 ... 50 хв після подачі гасу
$2,9 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^{-3}$	1. Через 1 ... 2 хв після подачі тиску 2. Через 15 ... 30 хв після подачі тиску	1. Через 1 ... 2 хв після подачі тиску 2. Через 30 ... 40 хв після подачі тиску

Іноді для підвищення чутливості контролю гас фарбують, розчиняючи в ньому фарби яскравих кольорів. Газовим способом можуть бути виявлені течії діаметром до 0,1 мм у виробах товщиною до 25 мм.

При газопневматичному способі контролю виріб після змочування гасом обдувають струменем стисненого повітря під тиском 0,3 ... 0,4 МПа, що підвищує чутливість контролю і прискорює виявлення дефектів.

Газовакуумний спосіб заснований на застосуванні переносних вакуумних камер, які встановлюються на контрольований виріб з боку крейдиної обмазки. При цьому так само, як і при газопневматичному способі, підвищуються чутливість і продуктивність контролю.

При газовібраційному способі на виріб, змочений гасом, впливають ультразвуковими коливаннями, що істотно прискорює процес проникнення гасу в нещільності і також підвищує чутливість і продуктивність контролю.

Чутливість способів випробувань гасом істотно залежить від чистоти останнього. Домішки, розчиняються гасом, підвищують його в'язкість, що призводить до зменшення потоку через тексти, яка при

малих розмірах може закупоритися. Особливий вплив на чутливість випробувань надають компоненти мастил, що застосовуються при складанні гідро- і газових систем та вимиваються гасом з об'єктів в процесі контролю. Використання забрудненої проникаючої рідини може привести до невиявлених прихованих дефектів, які в подальшому, при експлуатації виробу, можуть проявитися у вигляді значних течі.

У діапазоні ступенів герметичності від 100 нПа·л/с до 10 мПа·л/с ні один метод не в змозі забезпечити надійного контролю. Прилади високої чутливості швидко виходять з ладу при наявності значних підтікань. Оптимальним є контроль у декілька етапів з використанням спочатку більш грубих, але продуктивних методів, а далі методів середньої та високої чутливості.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Суть та різновиди гідравлічних методів течешукання.
2. Техніка виконання гідравлічних випробувань.
3. Суть і раціональні сфери контролю виробів гасовою пробою.
4. Техніка виконання контролю якості гасом.
5. Які переваги і вади гідравлічних випробувань та гасової проби?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Контрольовані посудини.
2. Ванночка з водою.
3. Компресор
4. Гас.
5. Фільтрувальний папір.

6. Крейдяна суспензія.
7. Щіточка, ганчірка.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Перед створенням тиску в контрольованому виробі перевірити надійність кріплення шлангів на штуцерах компресору і виробу.
2. При проведенні газової проби запобігати попаданню газу на лабораторний стіл та одягу.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Налити в контрольовану посудину воду й протерти зовнішню поверхню посудини ганчіркою.
2. Проконтролювати протягом 10 хв появу теч у випадку випробування наливанням без додаткового тиску.
3. Створити в посудині з рідиною тиск від компресора. Виявити течі зовнішнім оглядом і за допомогою фільтрувального паперу, коли внутрішній тиск становить 0,2 МПа та 0,5 МПа.
4. Намазати зовнішню поверхню контрольованої посудини крейдяною суспензією. Просушити виріб.
5. Полити внутрішню поверхню швів газом і виявити дефекти за виниклими на крейдяному тлі жировими плямами. Зафіксувати час їхньої появи.
6. Зазначити місця розташування дефектів й способи та умови випробування, за яких дефекти легко, важко і не можна виявити зовсім.
7. Зробивши порівняльний аналіз вивчених методів контролю (чутливість, зручність) і раціональні галузі застосування.
8. Скласти звіт про роботу.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Порядок проведення контролю.
3. Результати контролю.
4. Висновки по роботі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Контроль якості зварювання: навчальний посібник. Т. 1. Неруйнівні методи контролю / Г. І. Камель, Ю. А. Гасило, П. С. Івченко, Р. Я. Романюк. – Кам'янське : ДДТУ, 2018. – 241 с.
2. Білокур І.П. Основи дефектоскопії: Підручник. – К.: «Азимут-Україна», 2004. – 496 с.

Додаток А

Технологічна карта контролю герметичності

1. Об'єкт контролю		
1.1	Контрольований елемент	
1.2	Підприємство виготівник	
1.3	Креслення виробу	
1.4	Контрольована ділянка	
1.5	Номери зварних з'єднань	
1.6	Креслення об'єкту контролю	
1.7	Тип зварного з'єднання	
1.8	Позначення	
1.9	Спосіб зварювання	
1.10	Основний метал	
1.11	Марка зварювального матеріалу	
2. Документація, за якою проводиться контроль		
2.1	Методична	
2.2	Нормативна	
3. Вимоги до технології контролю та оцінки якості		
3.1	Об'єм контролю	
3.2	Клас чутливості	
3.3	Метод контролю	
3.4	Спосіб контролю	
3.5	Засіб визначення течі	
4. Тип і розміри контрольованого елементу		
4.1	Тип контрольованого елемента	
4.2	Розміри, мм	
4.3	Зовнішній діаметр	
4.4	Довжина	
4.5	Ширина колошовної зони	
Ескіз об'єкту контролю		
5. Засоби контролю		
Назва		Тип (модель), характеристики

5.1	Пневмопульт	
5.2	Технологічна кришка	
5.3	Контрольна теча ТДК-2Г	
5.4	Люксметр	
5.5	Кисть м'яка волосяна	
5.6	Секундомір (годинник)	
5.7	Піноплівковий індикатор	
5.8	Розанчик	
5.9	Вода	
5.10	Стисле повітря	
5.11	Переносні світильники	
5.12	Обтиральний матеріал	
5.13	Тара для рідин	
6. Місце та умови проведення контролю		
6.1	Місце проведення контролю	
6.2	Температура довкілля, °C	
6.3	Відносна вологість повітря довкілля, не більше	
6.4	Освітленість контрольованої поверхні	
7. Підготовка до контролю		
Найменування і зміст операції		Засоби контролю
7.1	Протерти поверхню зони контролю серветкою, змоченою ацетоном.	Обтиральний матеріал, ацетон, тара для ацетону
		Після протирання - сушка в природних умовах впродовж 15 хв.
8 Порядок проведення контролю		
Найменування і зміст операції		Засоби контролю
		Технічні вимоги
8.1	Оформити результати випробувань на міцність і контролю герметичності	Заповнити журнал контролю і укладення
9. Оцінка якості		