

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №4
«Контроль герметичності зварних з'єднань пневматичним і
галогенним способами»

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 №4 «Контроль герметичності зварних з'єднань пневматичним і галогенним способами» 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/ Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 10 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.

1 МЕТА РОБОТИ

Опанувати техніку і технологію перевірки герметичності виробів пневматичним і галогенним методами.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

При пневматичному і галогенному методах перевірки герметичності виробів в якості пенетранта використовують газоподібні речовини.

При цьому в контрольованих деталях можна створювати меншу величину тиску у порівнянні з випадками використання рідких пенетрантів. Чутливість пневматичного і гідравлічного методів контролю приблизно однакова. При галогенному методі контролю використовують хлорвміщуючі гази, які легко виявляються за допомогою спеціальних приладів, що підвищує чутливість контролю.

Однак, через небезпечність цього методу з точки зору санітарно-гігієнічних умов, його доцільно використовувати переважно при контролі герметичності виробів, які відповідно до технологічного процесу виготовлення повинні бути заповнені хлорвміщуючими продуктами (системи холодильних агрегатів та іншої кріогенної техніки). Використовують галогенний метод тільки після попередньої перевірки герметичності виробів пневматичним методом.

Пневматичний і галогенний методи контролю використовують для перевірки виробів закритого типу. У контрольований виріб подають пробний газ під невеликим наднормальним тиском. Щоб у процесі випробування конструкція не зруйнувалася, тиск газу під час контролю не повинен перевищувати гранично допустимий робочий тиск. Високий тиск, що перевищує у 1,5–2 рази робочий, використовується в основному при гідравлічних випробуваннях на міцність, які стають попередніми перед контролем на герметичність. Всі отвори, через які порожнина що випробується може сполучатися з навколишнім середовищем або іншими порожнинами, ретельно закриваються технологічними заглушками або заварюються технологічними швами.

У пневматичних методах контролю за пробний газ найчастіше використовують повітря, а також азот і аргон. Витікання можна виявляти за допомогою піноутворюючого розчину чи водяної ванни.

Реєстрація підтікання ведеться:

- за допомогою акваріума або бароакваріума;
- за допомогою мильної піни;
- по падінню тиску.

При першому способі виріб занурюється у резервуар з водою – акваріум, і підтікання визначаються по появі повітряних кульок. Діаметр кульок, який залежить від властивостей рідини та розміру підтікання, будуть тим менше, чим менше підтікання. І у перспективі він може стати таким малим, що його важко буде візуально визначити. Чутливість методу у межах 100 мкПа·л/с (10мкм – 3 мкм рт.ст.·л/с), а у випадку використання бароакваріума (з вакуумуванням об'єму натікання) воно підвищується на порядок. У зв'язку з необхідністю просушування виробу збільшується трудомісткість операції контролю. Незважаючи на це, метод знаходить широке використання, дякуючи доступності та простоті.

У випадку контролю великогабаритних виробів підтікання реєструють за допомогою мильної піни, створивши тиск повітря в середині посудини. Зовнішню поверхню зварних швів покривають піноутворюючим розчином (водний розчин мила або мильного кореня – 50 г/л, з додаванням 5 г гліцерину для підвищення в'язкості на 1 л розчину).

Коли на контрольованій поверхні є дефекти, то в місцях витікання повітря утворюються бульбашки. Механізм їх утворення та кількісні характеристики в основному аналогічні попередньому методу. Чутливість способу 1мПа·л/с (10 мкм – 2 мкм рт.ст.·л/с). Він не потребує резервуарів, що дає можливість контролювати вироби великого зовнішнього розміру.

Мінімальний діаметр течії, яку можна виявити цим методом контролю:

$$d = \frac{8\sigma}{\Delta P}, \quad (2.1)$$

де σ – поверхневий натяг піноутворюючого розчину,

$\sigma \approx 0,05 \text{ Н/м}$;

ΔP – перепад тисків усередині і зовні посудини.

Таким чином, створивши всередині посудини наднормальний тиск 10 Па, можна виявити дефект діаметром 0,04 мм.

Із збільшенням тиску чутливість методу підвищується. У випадку контролю малогабаритних виробів течії виявляють, занурюючи деталь у ванну з водою. У місцях витікань з'являються повітряні бульбашки. Такий спосіб називають пневмогідравлічним.

Чутливість цього методу можна визначити, створивши в посудині такий тиск, коли повітря крізь місця дефектів виходить окремими бульбашками. Порахувавши кількість останніх за певний проміжок часу t (с) і визначивши приблизно діаметр d (мм) бульбашки в момент відривання, визначають чутливість даного методу контролю, Вт.

$$Q = \frac{\pi \cdot n \cdot d^3}{6t} \cdot 10^{-4}, \quad (2.2)$$

Чутливість характеризує величину виявленого витікання ($\text{м}^3/\text{с}$) повітря, яке перебуває під тиском 1 Па. Порогова величина чутливості пневмогідравлічних випробувань становить 10^{-6} Вт, а це на порядок більше, ніж чутливість гідравлічного методу контролю.

Контроль герметичності по падінню тиску полягає у реєстрації зниження тиску повітря у порожнині, яка випробується за визначений проміжок часу. Якщо об'єм порожнини v , а зміна тиску в ній за час Δt складає Δp_b , то кількість повітря визначається по відомій формулі:

$$Q = \frac{\Delta p_b}{\Delta t} v. \quad (2.3)$$

Спосіб призначений для перевірки герметичності важкодоступних роз'ємних та нероз'ємних з'єднань, наприклад різноманітного виду ущільнень, у яких ступінь герметичності не повинна перевищувати 10 мПа·л/с (10 мкм – 1 мкм рт.ст.·л/с). при використанні цього способу досить важко визначити місце течі.

Галоїдний метод контролю широко використовується у середньому діапазоні чутливості 100 мПа·л/с – 1 мПа·л/с.

При галогенному методі в контрольовану посудину замість повітря закачують хлорвміщуючі гази (хладон, чотирьохлористий вуглець) або суміші їх з повітрям. Витікання хладону крізь місця дефектів шукають галогенними течешукачами ГТИ-6 і БГТИ-7, обладнаними атмосферними та вакуумними перетворювачами. Галоїдні течешукачі виконуються у двох модифікаціях – для контролю при надлишковому тиску контрольного газу у виробі та при вакуумуванні виробу.

Дія галогенних перетворювачів ґрунтується на явищі різкого збільшення емісії позитивних іонів з платинового анода, підігрітого до 800°C – 900°C , коли на його поверхню попадають галогени. Ефект виникає як під атмосферним тиском, так і у вакуумі. Тому чутливі елементи атмосферного та вакуумного перетворювача однакові. Вони являють собою змонтований на керамічній основі діод, який складається з платинового анода і катода. Керамічний шпень, на який намотано підігрівний анод, містить домішки лужних металів (K , Na), які підчас нагрівання випаровуються й забезпечують початковий потік емісії позитивних іонів з анода. Коли хладон крізь зонд шукача потрапляє в міжелектродний простір перетворювача, анодний струм різко збільшується, і це реєструє прилад, а також звуковий та світловий індикатори.

Для визначення розмірів виявлених течій у процесі випробувань працездатності течешукача його градуують за вмонтованою калібрувальною течєю. Градування течешукача за галогенною течєю, якщо його зробити безпосередньо перед випробуванням, дає змогу орієнтовно визначити інтенсивність Q витікання хладону крізь виявлену течу, $\text{м}^3\text{Па/с}$

$$Q = \frac{Q_T}{\alpha_T} \alpha, \quad (2.4)$$

де Q_T – потік галогенної течі;

α_T та α – відліки течешукача відповідно до галогенної та виявленої течі.

Відшукуючи течі, виносний зонд треба повільно ($\approx 0,5$ см/с) пересувати уздовж контрольованого шва, без поштовхів і прискорень.

Випробування доцільно розпочинати з невеликими тисками

хладону, щоб виявити великі течії. Коли їх усунено, випробування роблять під вищими тисками, щоб забезпечити потрібну чутливість контролю. Для запобігання значним витіканням хладону під час виявлення великих течій, перед галогенним контролем потрібно проводити пневматичні випробування. З підвищенням концентрації галогенів у приміщенні лабораторії збільшується фоновий сигнал, а за високих концентрацій може статися «отруєння» приладу. Тому на місці випробування треба забезпечувати добру витяжну вентиляцію.

До недоліків такого методу відноситься втрата чутливості при великій кількості галоїдних газів, при дії тютюнового диму та парів деяких розчинників.

Проходження газів через наскрізні несплошності.

При контролі герметичності виробів найбільш важливою характеристикою процесу є потік речовини, що проникає через нещільність. Поток Q газоподібного або рідкого речовини називають кількість речовини, що проходить через будь-який поперечний переріз провідного каналу в одиницю часу.

Одиниця потоку газів - $\text{м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$ (цю величину часто позначають Вт), а рідин - $\text{м}^3 / \text{с}$. У всіх перетинах провідного каналу $Q = \text{const}$. Потік рідини часто називають витратою.

Для спрощення розрахунків потоку наскрізні несплошності (течі) представляють зазвичай у вигляді гладких круглих циліндричних або прямокутних (щілиновидних) каналів. Канали круглого перетину відповідають порам, а прямокутні - тріщинах і щілинах.

У зв'язку з різними фізико-хімічними властивостями газів і рідин режими їх перебігу по каналах різних розмірів неоднакові. Вони залежать від розміру і форми каналу, природи перетікає речовини, температури і середнього тиску в каналі течії. Режимом течії визначається характер потоку. Розглянемо окремі особливості проходження газів через нещільності.

Надходження газу (або рідини) з атмосфери (середовища) в відкачаний обсяг, обумовлене порушенням герметичності його оболонки, називають натікання. Закінчення газу (або рідини) з обмеженого негерметичною оболонкою обсягу являє собою витік. Ясно, що зі зміною зовнішнього тиску величина натікання буде змінюватися. Залежить вона також і від складу газового середовища, що оточує обсяг.

Для газових і вакуумних систем величина натікання газу в систему або виток з неї визначається потоком повітря через несплошність в нормалізованих умовах. Нормалізованими вважають умови перетікання повітря при температурі $(20 \pm 5)^\circ \text{C}$ і тиску $105 \pm 4 \times 10^3 \text{ Па}$.

Текти, як і натікання (витік), характеризують потоком речовини, що проникає через неї. Натікання (витік) при цьому дорівнюватиме сумарною течі, еквівалентній сумі всіх течі, наявних в об'єкті контролю. Види випробувань з використанням контрольного речовини газу - манометричні: падіння тиску, диференційний, мікроманометричні; бульбашкові: пневматичний, пневмогідравлічний і вакуумний.

Потік газу через тіч може бути турбулентним, в'язкістним, молекулярним або проміжним – молекулярно – в'язкістним.

Турбулентний потік спостерігається на початку режиму відкачування систем і характеризується хаотичним нерегульованим рухом газових мас в потоці.

Після досягнення низького вакууму газовий потік стає ламінарним, або в'язкістним. При такому режимі молекули газу значно частіше стикаються між собою, ніж зі стінками каналу течі.

Прийнято вважати, що якщо натікання з атмосфери в вакуум через круглий канал становить менше 10^{-8} Вт , а через щільовидні - менш 10^{-4} Вт , має місце молекулярний режим течії. Якщо ці значення складають відповідно більш 10^{-4} Вт і більше 1 Вт , режим в'язкістний. У проміжному випадку потоки відповідають молекулярно-в'язкістний режиму течії. Таке розмежування досить умовно, і на практиці можуть мати місце істотні відхилення від нього, різні в залежності від геометрії каналів течі.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Яка методика виявлення течій пневматичним способом?
2. Техніка виконання пневмогідравлічних випробувань.

3. Які переваги і недоліки пневматичних і пневмогідравлічних методів контролю?

4. У чому полягає суть галогенного способу контролю та які його різновиди?

5. Конструкція і принцип дії течешукача ГТИ-6.

6. В якому порядку вмикають, налаштовують та вимикають течешукач?

7. Техніка виконання галогенного контролю?

8. Які переваги і недоліки цих методів контролю?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Контрольована посудина.

2. Ванночка з водою.

3. Мильний розчин, щіточка.

4. Компресор.

5. Галогенний течешукач ГТИ-6 з технічним паспортом.

6. Хладон або чотирихлористий вуглець.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Перед створенням тиску в контрольованому виробі перевірити надійність кріплення шлангів на штуцерах компресору.

При роботі з дефектоскопом ГТИ-6 дотримуватись загальних правил електробезпеки і правил безпечної експлуатації електроустановок.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Приєднати контрольовану посудину до компресора і створити невеликий наднормальний тиск (0,05МПа– 0,1 МПа).

2. Виявити течі за допомогою піноутворюючого розчину. Розрахувати, якого мінімального діаметру дефект можна виявити під даним тиском.

3. Збільшити тиск до 0,5 МПа і за допомогою мильного розчину перевірити, чи є менші течі.

4. Занурити контрольовану посудину у ванну з водою і перевірити, чи можна виявити цим методом контролю течі під тисками 0,1 МПа та 0,5 МПа.

5. Порахувати кількість бульбашок, які утворюються за певний проміжок часу (60 с) над найменшим дефектом, визначити «на око» приблизно їх діаметр і розрахувати орієнтовну чутливість методу за формулою (2.2).

6. Вивчити за технічним паспортом конструкцію та принцип дії течешукача ГТИ-6. Увімкнути й налаштувати прилад.

7. Заповнити контрольовану посудину хладоном чи крапнути туди чотирихлористого вуглецю.

8. Створити наднормальний тиск у контрольованій посудині і зовнішнім зондом шукача виявити течі.

9. Скласти звіт про роботу.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи,
2. Методика виконання кожного способу контролю і його результати, зазначивши місця розташування дефектів та орієнтовну величину витікання,
3. 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.