

- elektrochemiczną kontrolę przebiegu korozji, polegającą na pomiarze oporu polaryzacji; metoda ta może być zastosowana w czasie postoju lub eksploatacji skraplaczy. Stałe pomiary wymienionych wielkości umożliwiają obserwowanie rozwoju korozji w różnych warunkach.

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J.: Awaryjność skraplaczy turbin parowych. *Energetyka* 1994, nr 2
- [2] Zbroińska-Szczuchura E.: Materiały stosowane na rurki skraplaczy turbin parowych. *Energetyka* 1994, nr 2

- [3] Zbroińska-Szczuchura E., Dobosiewicz J.: Korozje rurek skraplaczy ze stopów miedzi. *Energetyka* 1995, nr 2
- [4] Dobosiewicz J.: Odcynkowanie mosiężnych rurek skraplaczy turbin parowych. *Energetyka* 1994, nr 2
- [5] VGB Richtlinien Abnahmemessung und Betriebsoberflächenkondensatoren. 1. Ausgabe. 1994
- [6] Chmielniak T. i inni: Diagnostyka i dobór optymalnych parametrów pracy skraplaczy turbin parowych. Wyd. Politechniki Opolskiej, Opole 1998, seria *Energetyka* nr 242



Jędrzej Hlebowicz

UKD 621.6:620.1:62-7

Metody kontroli szczelności urządzeń ciśnieniowych

Badanie szczelności urządzeń i instalacji ciśnieniowych podczas ich eksploatacji ma na celu wyeliminowanie zagrożeń ludzi, urządzeń i środowiska wywołanych przez przecieki mediów roboczych lub spowodowanych ewentualnym pęknięciem, którego wczesnym sygnałem może być pojawienie się przecieku.

Nierozzerwalnie z tym problemem wiążą się również względy ekonomiczne, każde tego rodzaju zdarzenie wiąże się bowiem ze znacznymi kosztami wynikającymi z utraty produktu, zapłatą kar, wypłatą odszkodowań itp.

Kontrola urządzeń dotyczy niemal każdego zakładu przemysłowego, natomiast znajomość zagadnień związanych z badaniem szczelności ogranicza się zwykle do tradycyjnych metod warsztatowych i tradycyjnych środków, takich jak „nafta i kreda” czy „woda mydlana”.

Tymczasem nawet te tradycyjne metody stają się bardziej efektywne i wiarygodne, jeśli zostaną w nich wykorzystane nowoczesne, specjalnie dla nich opracowane środki, np.: wywoływacze koloryzujące, dodatki luminescencyjne czy detektory cieczowe. Celowe zatem wydaje się chociaż skrótowe przedstawienie ważniejszych metod badania szczelności, ze szczególnym uwzględnieniem badań eksploatacyjnych. I taki jest cel niniejszego artykułu.

Badanie szczelności jest trudną dziedziną badań nieniszczących, w której stosuje się odrębną terminologię i specyficzne jednostki.

Za normą europejską EC 1330-8 [1] w artykule przyjęto najważniejsze terminy i określenia:

- **nieszczelność** — otwór, porowatość lub struktura ścianki obiektu pozwalające na przepływ płynu przez tę ściankę w wyniku różnicy ciśnień lub stężeń po obu jej stronach;
- **przeciek** — przepływ płynu przez nieszczelności;
- **natężenie przecieku** — natężenie przepływu płynu; w określonych warunkach wyrażone najczęściej w jednostkach pV, tj. w Pa × m³/s lub bar × cm³/s;

- **obiekt szczelny** — wolny od nieszczelności zgodnie z podanymi wymaganiami;

- **badanie szczelności** — zespół czynności mających na celu stwierdzenie czy obiekt jest szczelny; może obejmować wykrywanie, lokalizację przecieków lub pomiar łącznego natężenia przecieku w całym obiekcie lub jego wydzielonej części.

Istnieje ponad 40 metod i technik badania szczelności, kilkanaście z nich znalazło szersze zastosowanie w praktyce, w tym metoda hydrostatyczna, która będąc próbą wytrzymałościową może również być metodą kontroli szczelności.

Podczas eksploatacji urządzeń stosuje się tylko kilka metod badania szczelności. Najważniejsze z nich omówiono w dalszej części artykułu.

Metody badania szczelności

Do badań szczelności wykorzystuje się media robocze jako płyny próbne. Często dodaje się do nich znaczniki, np. zapachowe (nastawianie gazu przy kontroli szczelności domowej instalacji gazowej), fluorescencyjne czy izotropowe.

Przecieki cieczy są dość łatwo wykrywalne, choć w dużych przeciekach może wystąpić problem ich dokładnej lokalizacji. Główna uwaga badaczy jest więc zwrócona na wykrywanie i lokalizację przecieków gazów roboczych, w tym również powietrza. Straty powodowane przez nieszczelności w instalacjach sprężonego powietrza oprócz aspektu technicznego (obniżone ciśnienie) mają poważny aspekt ekonomiczny.

W badaniach instalacji i urządzeń wypełnionych gazem roboczym dominują dwie uniwersalne metody: akustyczna i pęcherzykowo-ciśnieniowa; do wykrywania przecieków amoniaku, chloru i siarkowodoru stosuje się metody chemiczne, a do wykrywania przecieków wodoru, propanu, freonów, dwutlenku węgla, sześćfluorku siarki, metanu czy acetyleny metodę ciepłoprzewodnościową.

Oczywiście w określonych przypadkach są stosowane i inne metody badania szczelności, jak np. metoda spektrometryczna, chlorowcowa, wychwytu elektronów czy emitera akustycznego. Są one jednak mniej rozpowszechnione, a opisy ich zasad, zalet i ograniczeń można znaleźć w literaturze [2].

Metoda akustyczna

Zjawiska akustyczne towarzyszące burzliwemu przepływowi płynu są od dawna wykorzystywane do wykrywania dużych przecieków gazów. Szerzej rozpowszechniano tę metodę po skonstruowaniu akustycznych wykrywaczy nieszczelności, czyli małych bateryjnych przyrządów, wyposażonych w mikrofon umożliwiający wykrywanie fal akustycznych o częstotliwości 35–45 kHz (w tym zakresie fale akustyczne generowane przez gaz burzliwie przepływający przez nieszczelność charakteryzują się największą intensywnością).

Badanie polega na przemieszczaniu końcówki sondy wzdłuż kontrolowanych połączeń czy uszczelnień, przy czym najlepsze rezultaty osiąga się prowadząc ją w odległości kilkudziesięciu milimetrów od badanej powierzchni; duże przecieki można wykrywać nawet z odległości kilku metrów.

Metoda akustyczna ma dwie wady:

- stosunkowo niską czułość, pozwalającą na wykrywanie przecieków gazu o natężeniu powyżej $10^{-2} \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$ (a więc np.: przecieków powietrza o natężeniu ok. 4 kg/rok),
- dużą wrażliwość na wpływ szumów obrabiarek, agregatów, turbin czy nawet przedmuchów instalacji.

Większość norm amerykańskich dotyczących badania szczelności, np. ASTM-E1066 [3] czy ASTM-E432 [4], zaleca metodę akustyczną jako **wstępną metodę kontroli szczelności**. Ciśnienie próbne nie może być wówczas mniejsze niż 25 psig, czyli 0,172 MPa.

W przypadku badań w warunkach zagrożenia wybuchem konieczne jest stosowanie akustycznych wykrywaczy nieszczelności w wykonaniu EX.

Metoda pęcherzykowo-ciśnieniowa

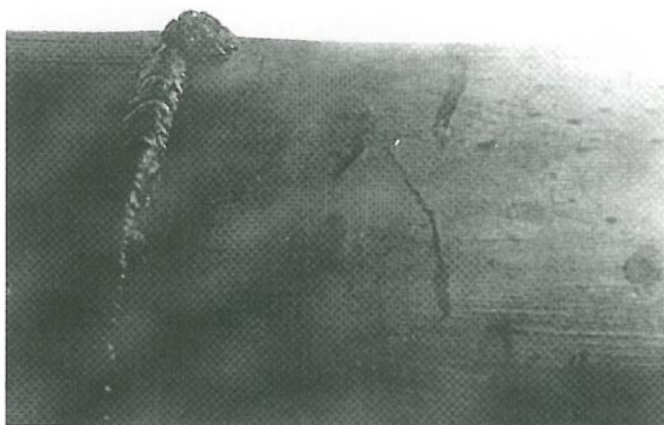
Jest to odmiana metody pęcherzykowej, polegająca na pokrywaniu badanych połączeń detektorem cieczowym (substancją pianotwórczą) i wykrywaniu przecieków gazów, które w warstwie detektora cieczowego tworzą pęcherzyki lub kokony piany.

Przy użyciu specjalnych detektorów jest możliwe wykrycie przecieku o natężeniu nawet $10^{-5} \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$, choć czułość techniczna metody jest oceniana na $10^{-4} \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$ (tzn. można wykryć przecieki powietrza o natężeniu ok. 40 g/rok).

Stosowanie takich środków, jak „woda mydlana” czy roztwór płynu do mycia naczyń wielokrotnie obniża czułość i efektywność badania. Inspektorzy dozoru technicznego czy towarzystw kwalifikacyjnych zwykle wymagają atestowania używanych detektorów.

W kraju są dostępne następujące detektory cieczowe:

- ⇨ DC-W do badania konstrukcji ze stali niskostopowych,
- ⇨ DC-N do badania konstrukcji ze stali austenitycznej,
- ⇨ DC-WZ oraz DC-NZ do badania w temperaturach do -10°C .



Rys. 2. Przeciek w rurociągu wykryty detektorem cieczowym DC-W

Zagraniczne detektory cieczowe są zwykle dostarczane w opakowaniach aerozolowych i mają zakres zastosowań (materiały, temperatura badania) określony w atestach, które powinny stanowić załącznik dowodu dostawy danej partii detektora.

Wymagania dotyczące dostępu do badanych powierzchni oraz natężenia ich oświetlenia są zawarte w normie europejskiej EN 1953 [5]. Ustalono w niej, że natężenie oświetlenia powierzchni powinno wynosić 350–500 lx, a bezpośredni dostęp powinien umożliwić obserwację z odległości nie większej niż 0,6 m przy kącie nie mniejszym niż 30° .

W normie dopuszczono wykorzystywanie do badań endoskopów, teleskopów czy zestawów lusterkowych.

Metody chemiczne

Są to metody wykorzystujące do lokalizacji przecieków zjawiska chemiczne zachodzące po przepłynięciu przez nieszczelność gazu roboczego, który może dymić lub barwić odpowiednie czynniki.



Rys. 1. Akustyczny wykrywacz nieszczelności

Czułość techniczna metody przy wykrywaniu przecieków chloru czy dwutlenku węgla wynosi ok. $10^{-3} \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$, w przypadku amoniaku $10^{-6} \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$, a czułość graniczna wg ASTM-E1066 [3] dochodzi do $10^{-8} \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$ (dla NH_3) przy minimalnym wymaganym ciśnieniu 34,5 kPa. Jest to więc czułość bardzo wysoka, jednak możliwa do osiągnięcia tylko przy braku tła amoniaku w pobliżu badanych obiektów, co np. w przemyśle chemicznym jest trudne do uzyskania.

Metoda ciepłno-przewodnościowa

Metoda ta wykorzystuje zjawisko zróżnicowanej przewodności cieplnej gazów, która powoduje, że różne gazy przy takiej samej temperaturze, ciśnieniu i szybkości przepływu w różnym stopniu chłodzą nagrany obiekt. Metoda umożliwia wykrywanie przecieków gazów innych niż powietrze; jej czułość zależy od rodzaju gazu.

Uwagi końcowe

W artykule nie podano ani wymagań dotyczących aparatury, ani wytycznych wyboru metody, ani szczegółowych wskazań metodologicznych badań szczelności urządzeń głównie z tego powodu, że zastosowanie danej metody badania wiąże się z szeregiem uwarunkowań technicznych i organizacyjnych, trudnych do uniwersalnego przedstawienia bez znajomości określonych wymagań dotyczących np. rozizolowania, oczyszczania spoin, dopuszczalnego tła gazu itp.

Liczymy, że niniejszy artykuł przyczyni się do rozszerzenia wiedzy z zakresu badania szczelności, natomiast z faktu, że nie istnieją uniwersalne reguły wyboru metodyki badania wynika potrzeba korzystania z pomocy laboratoriów i specjalistów posiadających odpowiednie kwalifikacje i doświadczenie.



Rys. 3. Ciepłno-przewodnościowy wykrywacz nieszczelności

Ciepłno-przewodnościowe wykrywacze nieszczelności są przyrządami prostymi w obsłudze, lekkimi, przenośnymi, pozwalającymi na szybką i bezpieczną kontrolę szczelności połączeń, uszczelnień (również kołnierżowych) oraz zamknięć.

Czułość techniczna metody wynosi ok. $10^{-5} \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$ dla wodoru i helu, a ok. $10^{-4} \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$ dla CO_2 i CH_4 . Badanie może być prowadzone jedynie przy bezpośrednim dostępie do połączeń i uszczelnień, gdyż odsunięcie wlotu sondy wykrywacza od badanej powierzchni powoduje wielokrotne zmniejszenie czułości badania.

LITERATURA

- [1] EN 1330-8:1998 Non-destructive testing — Terminology Part 8: terms used in leak tightness testing
- [2] Hlebowicz J.: Badanie szczelności — Poradnik. Wyd. Gamma, Warszawa 1996
- [3] ASTM-E 1066-94 Standard Test Method for Ammonias Colorimetric Leak Testing
- [4] ASTM-E 432-94 Standard Guide for Selection of a Leak Testin Method
- [5] EN 1953:1999 Non-destructive testing — Leak testing — Bubble emission techniques