

DOŚWIADCZENIA Z IZOTOPOWEJ KONTROLI SZCZELNOŚCI OBIEKTÓW TECHNOLOGICZNYCH – ASPEKTY TECHNICZNE I EKONOMICZNE

Janusz Kraś, Lech Waliś, Stanisław Myczkowski
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

Abstract

EXPERIENCE IN ISOTOPE LEAK-PROOF CONTROL OF ENGINEERING OBJECTS – TECHNICAL AND ECONOMICAL ASPECTS

One of the basic uses of the tracer methods for commercial purposes is the leak-proof control and determination of location of possible leakages in engineering objects. The works in this area – development of methods and equipment, and its practical use – are being conducted at the Institute of Nuclear Chemistry and Technology in Warsaw. The paper presents the division of the engineering objects according to their suitability for leakproof testing with tracer methods, alternative traditional methods, sensitivity levels and the technical effects achieved with both method groups, plus the attempts to determine the economical effects of the tracer method. The introduction to the paper describes the method of field preparation of gaseous radioactive tracer, i.e. methyl bromide CH_3Br labeled with bromine ^{82}Br isotope.



PL0201702

1. WSTĘP

Prowadzone od wielu lat w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej (IChTJ) prace dotyczące wykorzystania metod znaczników radioizotopowych w przemyśle i technice zaowocowały opracowaniami wielu metod i technik pomiarowych.

Jedną z dziedzin, gdzie zastosowanie technik radioizotopowych w stosunku do technik tradycyjnych przynosi wyraźne efekty ekonomiczne i poznawcze, jest kontrola szczelności i lokalizacja miejsc nieszczelnych w obiektach technologicznych.

Opracowane metody i urządzenia są rutynowo stosowane do kontroli szczelności takich obiektów, jak reaktory i kolumny przemysłu chemicznego i petrochemicznego [1], wymienniki, zbiorniki podziemne i naziemne [2], rurociągi przesyłowe [3, 4] i technologiczne, zasuwy, zawory itp.

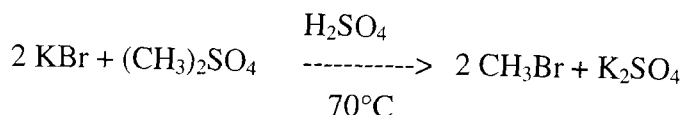
Dzięki zastosowaniu techniki znaczników radioizotopowych możliwe jest wykonanie ekspertyzy przy ciśnieniu roboczym lub przy ciśnieniu dowolnie niskim, które nie powoduje dodatkowego i zbytecznego wyężenia materiałów konstrukcyjnych.

Metoda radioznacznikowa, mimo że nie jest próbą wytrzymałościową, jest komplementarna dla prób wytrzymałościowych, a uzyskane za jej pomocą wyniki są akceptowane przez Urząd Dozoru Technicznego.

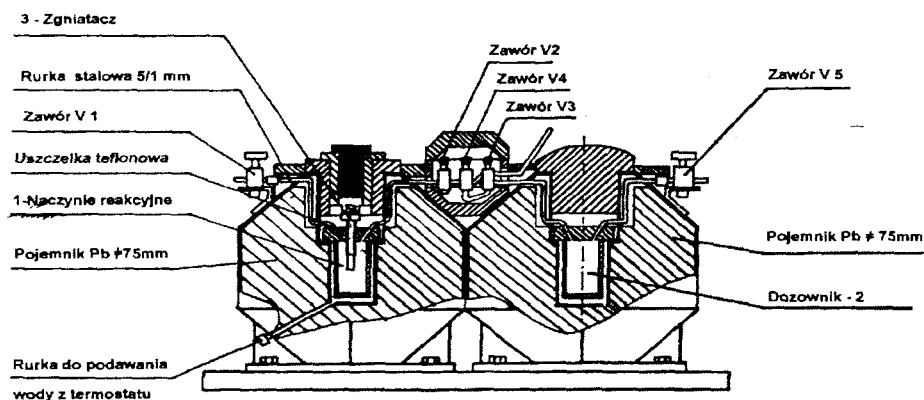
2. METODA I ZNACZNIK

Ogólna zasada radioizotopowej metody kontroli szczelności polega na wprowadzeniu do kontrolowanego obiektu znacznika radioizotopowego. Znacznik po wymieszaniu się z medium kontrolnym lub roboczym i rozprzodzeniu po obiekcie lub w postaci ruchomego „radioaktywnego korka” w kontrolowanych rurociągach podziemnych wydostaje się przez nieszczelność na zewnątrz kontrolowanego obiektu i tam jest adsorbowany na adsorbentach naturalnych (ziemia, izolacja technologiczna) lub sztucznych (specjalne materiały nakładane przed rozpoczęciem kontroli). Pomiar radiometryczny adsorbenta pozwala na precyzyjną lokalizację nieszczelności lub wykluczenie jej istnienia.

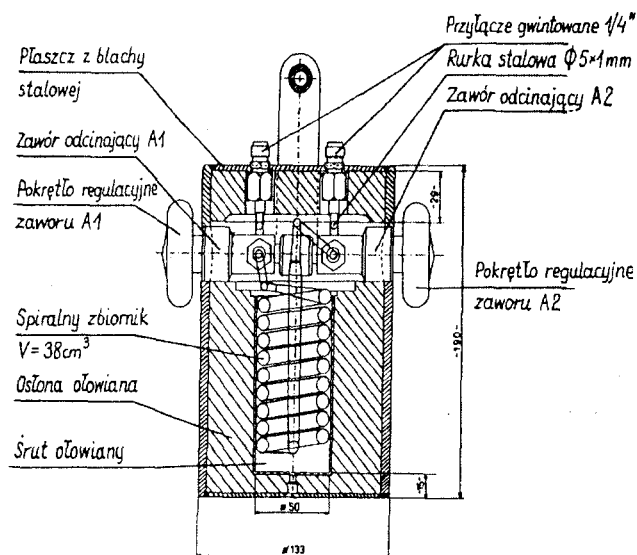
Najlepsze własności jako znacznik w omawianych badaniach ma gazowy bromek metylu – bardzo dobrze rozpuszczalny w substancjach organicznych – znakowany bromem ^{82}Br . Związek ten uzyskuje się z bromku potasu napromienianego w reaktorze w strumieniu neutronów termicznych. Przetwarzanie ciała stałego jakim jest bromek potasu w gazowy bromek metylu zachodzi zgodnie z reakcją



w specjalnie skonstruowanym mobilnym reaktorze chemicznym zwanym wytwornicą bromku metylu (rys. 1). W zależności od typu wytwornicy możemy w niej przerabiać i transportować do 10 Ci (370 GBq) radioaktywnego bromku potasu. Do rozdzwonywania i transportu małych porcji gazowego znacznika stosowane są specjalne pojemniki (rys. 2).

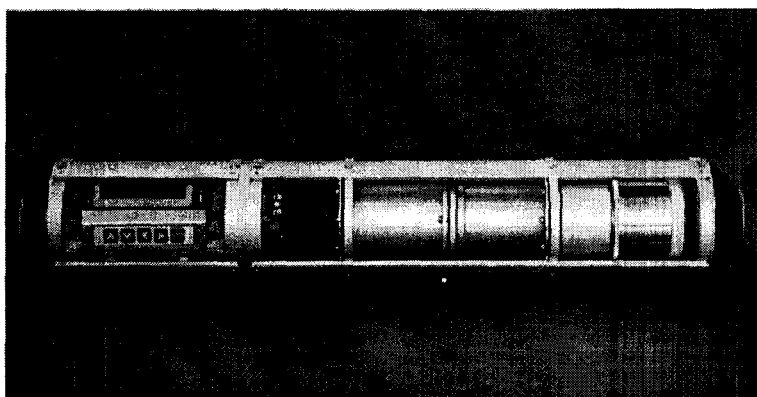


Rys. 1. Wytwornica bromku metylu, typ MWBM.

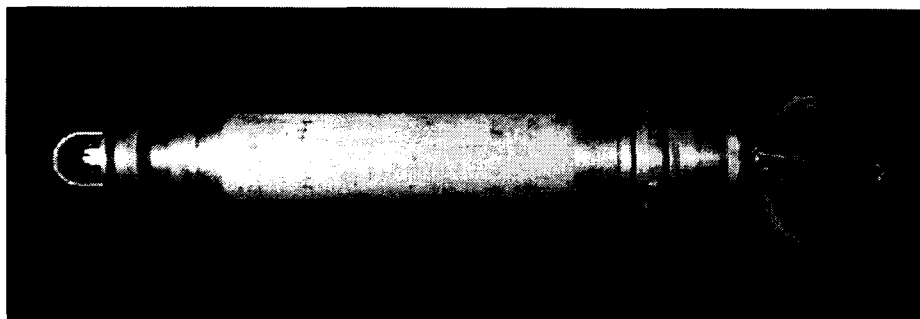


Rys. 2. Pojemnik bromku metylu PBM-1.

Do wykrywania i lokalizacji nieszczelności przez rejestrację zmian natężenia promieniowania używa się najczęściej typowych radiometrów z sondami scyntylacyjnymi. W niektórych przypadkach, gdy jest wykonywana jedynie kontrola szczelności bez lokalizacji nieszczelności stosuje się analizator wielokanałowy z możliwością rejestracji szybkości przemieszczania się znacznika jednocześnie w kilku punktach pomiarowych. Kontrolę szczelności rurociągów podziemnych wyposażonych w komory czyszczakowe wykonuje się specjalizowanymi detektorami nadążnymi skonstruowanymi w IChTJ (rys. 3 i 4). Detektory te są wyposażone w hodometry, czyli urządzenia do rejestracji długości drogi detektora w rurociągu.



Rys. 3. Detektor DN-1 do kontroli szczelności rurociągów.



Rys. 4. Obudowa detektora DN-1 do kontroli szczelności rurociągów podziemnych.

3. KONTROLA SZCZELNOŚCI

Z istniejących około czterdziestu metod i technik kontroli szczelności szersze praktyczne zastosowanie znajduje tylko kilka. W tabeli przedstawiono najbardziej efektywne i popularne metody wraz z czułościami osiąganymi przy ich użyciu przy kontroli szczelności typowych obiektów technologicznych. W tabeli podano również praktyczne możliwości wykorzystania poszczególnych technik [5-8].

Zastosowanie do kontroli konkretnego obiektu jednej z metod uwarunkowane jest przede wszystkim parametrami technicznymi obiektu oraz wymogami dotyczącymi czułości kontroli. Zgodnie z normą PN-74/M-70053 czułość metody definiowana jest jako minimalne wykrywalne natężenie przecieku, a jej jednostką jest $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ dla gazu i cm^3/s dla cieczy. W tabeli przyjęto jako miano czułości cm^3/h . Przyjęcie takiego miana pozwala na porównanie czułości różnych metod, przy założonym jednakowym ciśnieniu kontrolnym. Ciśnienie kontrolne jest w każdym przypadku określane na podstawie norm lub ustalane ze względu na parametry eksploatacyjne kontrolowanego obiektu.

Jak pokazuje tabela, jedynie metoda znaczników radioizotopowych pozwala na kontrolę szczelności wszystkich znanych obiektów technologicznych, a jej czułość jest co najmniej porównywalna z czułościami osiąganymi przy użyciu innych metod kontroli. W większości przypadków metoda znaczników radioizotopowych umożliwia lokalizację stwierdzonej nieszczelności. Dodatkowymi zaletami radioizotopowej metody kontroli szczelności są: łatwość jej stosowania, krótki czas trwania eksperymentu, stosunkowo niski koszt i krótki czas prac adaptacyjnych obiektu do kontroli. Metoda ta jest szczególnie użyteczna w kontroli obiektów przemysłu organicznego, gdzie użycie np. w próbie hydrostatycznej wody powoduje konieczność długotrwałego suszenia obiektu i w konsekwencji wydłuża czas postoju instalacji. Warunki w jakich pracują instalacje przemysłowe

Tabela. Wybrane metody kontroli szczelności – parametry.

	Hydrostatyczna	Hydromanometryczna (bez lokalizacji)	Akustyczna	Penetracyjna	Spektrometryczna	Pęcherzykowa	Znaczników radioizotopowych
Kolumny $h > 10D$	nie wykonywane	nie wykonywane	$3 \cdot 10^7 \text{ cm}^3/\text{h}$	bez izolacji $3 \cdot 10^4 \text{ cm}^3/\text{h}$	bez izolacji $3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	bez izolacji $3 \cdot 10^4 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10 \text{ cm}^3/\text{h}$
Obiekty z izolacją	po usunięciu izolacji $3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^5 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^7 \text{ cm}^3/\text{h}$	po usunięciu izolacji $3 \cdot 10^4 \text{ cm}^3/\text{h}$	po usunięciu izolacji $3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	po usunięciu izolacji $3 \cdot 10^4 \text{ cm}^3/\text{h}$	po usunięciu izolacji $3 \cdot 10 \text{ cm}^3/\text{h}$
Obiekty bez izolacji	$3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^3 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^7 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^4 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^4 \text{ cm}^3/\text{h}$	miejscowa $3 \cdot 10 \text{ cm}^3/\text{h}$
Wymienniki	tylko płaszcz $3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^3 \text{ cm}^3/\text{h}$	bez lokalizacji $3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	tylko płaszcz $3 \cdot 10^4 \text{ cm}^3/\text{h}$	część lokalizacji $3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	tylko płaszcz $3 \cdot 10^3 \text{ cm}^3/\text{h}$	częściowa $1 \cdot 10 \text{ cm}^3/\text{h}$
Cold-boxy	nie wykonalne	$3 \cdot 10^3 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^6 \text{ cm}^3/\text{h}$	nie wykonalne	nie wykonalne	nie wykonalne	bez lokalizacji $1 \cdot 10 \text{ cm}^3/\text{h}$
Dna zbiorników	nie wykonalne	nie wykonalne	nie wykonalne	nie wykonalne	nie wykonalne	nie wykonalne	bez lokalizacji $2 \cdot 10^3 \text{ cm}^3/\text{h}$
Rurociągi z komorami	nie wykonalne	$3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^4 \text{ cm}^3/\text{h}$	nie wykonalne	nie wykonalne	nie wykonalne	$5 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$
Rurociągi bez komór	nie wykonalne	$3 \cdot 10^2 \text{ cm}^3/\text{h}$	$3 \cdot 10^4 \text{ cm}^3/\text{h}$	nie wykonalne	nie wykonalne	nie wykonalne	$1 \cdot 10^3 \text{ cm}^3/\text{h}$

najczęściej nie pozwalają na wykorzystanie metody spektrometrycznej (znacząca zawartość gazu kontrolnego w atmosferze) i akustycznej (hałasy przenoszące się z innych obiektów na obiekt kontrolowany).

Efekty ekonomiczne wynikające ze stosowania poszczególnych metod kontroli szczelności najczęściej nie są parametrem decydującym o wyborze jednej z nich. Praktycznie, minimalizowane jest stosowanie metod hydraulicznych i pneumatycznych ciśnieniowych. Najczęściej użytkownik kieruje się przy wyborze metody osiągnięciem w efekcie kontroli, założonej przez konstruktora obiektu i wymaganej przez Urząd Dozoru Technicznego lub Służb Ochrony Środowiska, pewności wykrycia i lokalizacji nieszczelności.

Porównanie kosztów stosowania poszczególnych metod jest bardzo trudne. Można przyjąć, że dla obiektu bez izolacji, o małej objętości, bez wypełnień technologicznych i pracującego w przemyśle nieorganicznym najdroższą metodą ze względu na koszt znacznika jest metoda radioizotopowa. W praktyce badawczej metoda ta okazuje się jednak 2÷4 krotnie tańsza ze względu na:

- możliwość kontroli obiektów wielkogabarytowych i ciągów technologicznych;
- nie wymagany demontaż izolacji technologicznej;
- realizację kontroli bez budowy rusztowań;
- możliwość kontroli obiektów bez ich opróżniania z wypełnień technologicznych, a w przypadku rurociągów podziemnych z czynnika roboczego;
- gotowość obiektów do pracy bezpośrednio po zakończonej kontroli lub możliwość realizacji kontroli w trakcie ich eksploatacji.

Niektóre z podanych wyżej cech posiadają również inne metody, ale żadna z nich nie wykazuje się uniwersalnością porównywalną z metodą radioznacznikową. Na przykład, koszt kontroli jednego kilometra rurociągu podziemnego z komorami czyszczakowymi metodą radioizotopową wynosi ok. 300 \$, a metodą ultradźwiękową – ok. 5000 \$. W przypadku kontroli obiektów przemysłu petrochemicznego, np. kolumn, zbiorników, koszt ten zawiera się w granicach 10-15 \$ za metr sześcienny instalacji i maleje wraz ze wzrostem objętości kontrolowanej.

Wadą metody radioizotopowej w odczuciu społecznym jest fakt stosowania otwartych źródeł promieniowania jonizującego o dużej aktywności całkowitej do 10 Ci (370 GBq). Wada ta jest minimalizowana przez stosowanie w fazie przeróbki i dozowania znacznika wyspecjalizowanych urządzeń (wytwornice i pojemniki) o osłonności zapewniającej bezpieczną pracę. Urządzenia te posiadają pozytywne opinie Departamentu Nadzoru Zastosowań Promieniowania Jonizującego Państwowej Agencji Atomistyki, a każde stosowanie omawianej metody jest opiniowane przez tę jednostkę dozującą.

W trakcie trwania kontroli ze względu na rozcieńczenie znacznika w dużych objętościach medium kontrolnego aktywności właściwe są niewielkie (nie przekraczają 1 mCi – 37 MBq/m³) i problem zagrożenia radiologicznego jest nieznaczący.

LITERATURA

- [1]. Kraś J., Waliś L.: Lokalizacja nieszczelności w obiektach technologicznych przy użyciu metody znaczników promieniotwórczych. Postępy Techniki Jądrowej, 42, 4 (1999).
- [2]. Kraś J., Waliś L.: Metody kontroli szczelności zbiorników metalowych podziemnych i posadowionych na gruncie utwardzonym przy użyciu znaczników promieniotwórczych. Postępy Techniki Jądrowej, 42, 4 (1999).
- [3]. Kraś J., Waliś L., Myczkowski S.: Zastosowanie metody znaczników promieniotwórczych do kontroli szczelności i lokalizacji nieszczelności w rurociągach podziemnych. Postępy Techniki Jądrowej, 42, 4 (1999).
- [4]. Rahimi H., Naipour A., Kraś J.: Radiotracer technique for pipeline leak detection in the National Iranian Oil Company. Nukleonika, 44, 3, 491-498 (1999).
- [5]. Hlebowicz J.: Badanie szczelności. Poradnik. Biuro Gamma, Warszawa 1996.
- [6]. Badania nieniszczące. Badanie szczelności. PN-74/M-70053, 1974.
- [7]. Standard Guide for Selection Leak Testing Method. ASTM E 432, 1991.
- [8]. Non destructive testing – Leak tightness – Guide to the method selection. EN-1779.

VII. TECHNIKI JĄDROWE W BADANIACH ZABYTKÓW
