

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 7443 : 2004

ISO 9978 : 1992

Xuất bản lần 1

**AN TOÀN BỨC XẠ –
NGUỒN PHÓNG XẠ KÍN –
PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM RÒ RỈ**

*Radiation protection –
Sealed radioactive sources – Leakage test methods*

HÀ NỘI – 2008

Lời nói đầu

TCVN 7443 : 2004 hoàn toàn tương đương với ISO 9978 : 1992;

TCVN 7443 : 2004 do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn TCVN/TC 85 *Năng lượng hạt nhân* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành.

Tiêu chuẩn này được chuyển đổi năm 2008 từ Tiêu chuẩn Việt Nam cùng số hiệu thành Tiêu chuẩn Quốc gia theo quy định tại khoản 1 Điều 69 của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm a khoản 1 Điều 6 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 1/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

An toàn bức xạ – Nguồn phóng xạ kín – Phương pháp thử nghiệm rò rỉ

Radiation protection – Sealed radioactive sources – Leakage test methods

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các phương pháp thử nghiệm rò rỉ khác nhau đối với nguồn phóng xạ kín. Tiêu chuẩn này quy định chi tiết quy trình sử dụng các phương pháp thử nghiệm phóng xạ và không phóng xạ.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các kiểm soát sau:

- kiểm soát chất lượng cho phép xác nhận tính đúng đắn của các thử nghiệm được yêu cầu để xác định sự phân loại một nguồn phóng xạ kín làm mẫu theo TCVN 6853 (ISO 2919).
- kiểm soát quá trình sản xuất các nguồn phóng xạ kín;
- thanh tra định kỳ các nguồn phóng xạ kín được thực hiện trong các khoảng thời gian đều đặn của quá trình làm việc.

Phụ lục A của tiêu chuẩn này đưa ra khuyến cáo để chỉ dẫn cho người sử dụng lựa chọn phương pháp thích hợp nhất theo dạng nguồn và dạng kiểm soát.

Cần lưu ý rằng có thể có những trường hợp đặc biệt trong đó các thử nghiệm đặc biệt được yêu cầu và những thử nghiệm đó không được mô tả trong tiêu chuẩn này.

Tuy nhiên, cần nhấn mạnh rằng trong các trường hợp liên quan đến sản xuất, sử dụng, bảo quản và vận chuyển các nguồn phóng xạ kín, việc tuân thủ tiêu chuẩn này không thể thay thế cho việc tuân thủ các yêu cầu của các văn bản quy phạm pháp luật có liên quan của IAEA và các văn bản quy phạm pháp luật quốc gia có liên quan khác.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm ban hành thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm ban hành thì áp dụng bản mới nhất.

TCVN 6853 : 2001 (ISO 2919 :1980), Nguồn phóng xạ kín – Yêu cầu chung và phân loại.

3 Định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Nguồn phóng xạ kín (Sealed radioactive source)

Vật liệu phóng xạ được bọc kín trong một hoặc vài lớp vỏ bọc và/hoặc kết hợp với một vật liệu mà nó gắn chặt vào vỏ bọc hay vật liệu gắn chặt đó phải đủ bền để giữ không rò rỉ nguồn kín trong các điều kiện sử dụng hay quá trình hao mòn mà nó được thiết kế.

CHÚ THÍCH 1: Trong tiêu chuẩn này, thuật ngữ "Nguồn kín" được sử dụng thay cho " Nguồn phóng xạ kín".

3.2

Độ kín (Leaktight)

Thuật ngữ này dùng cho các nguồn kín mà sau khi thử nghiệm rò rỉ thì đáp ứng các trị số giới hạn cho trong Bảng 1.

3.3

Vỏ bọc (Capsule)

Vỏ bảo vệ thường được làm bằng kim loại dùng để phòng ngừa sự rò rỉ vật liệu phóng xạ.

3.4

Nguồn kín giả (Dummy sealed source)

Bản sao của một nguồn kín, vỏ bọc của nó có cùng một kết cấu và được làm bằng vật liệu đúng như vật liệu của nguồn kín thật mà nó mô phỏng nhưng đáng lẽ chứa vật liệu phóng xạ thì lại chứa một vật liệu khác càng giống nó càng tốt về tính chất vật lý và hoá học.

3.5

Nguồn kín mô phỏng (Simulated sealed source)

Bản sao của một nguồn kín mà vỏ bọc của nó có cùng cấu trúc và được làm bởi cùng một vật liệu như nguồn kín thật nhưng đáng lẽ mang vật liệu phóng xạ thì lại mang một chất có tính chất hoá học và vật lý càng giống càng tốt với vật liệu phóng xạ và chỉ mang chất phóng xạ với một lượng vết chất đánh dấu.

CHÚ THÍCH 2: Chất đánh dấu phải tan trong một dung môi không tác động đến vỏ bọc và có hoạt độ phóng xạ tối đa thích hợp để sử dụng trong một vỏ bọc kín.

3.6

Sự ấn định kiểu loại (Model designation)

Thuật ngữ để mô tả hoặc số tham chiếu nhằm xác định một thiết kế nguồn phóng xạ kín cụ thể.

3.7

Nguồn kín làm mẫu (Prototype sealed source)

Nguyên mẫu của một nguồn kín dùng làm mẫu để chế tạo tất cả các nguồn kín được xác định bằng cùng một ấn định kiểu loại.

3.8

Kiểm soát chất lượng (Quality control)

Các kiểm soát trên một nguồn kín nguyên mẫu cần thiết để xác lập sự tuân thủ của các nguồn kín đó với TCVN 6853, bao gồm cả việc xác định phân loại.

3.9

Kiểm soát quá trình sản xuất (Production control)

Thử nghiệm đặc tính của một nguồn kín mới trước khi các nguồn kín có cùng sự ấn định kiểu loại được đưa vào chế tạo và sử dụng.

3.10

Thanh tra định kỳ (Recurrent inspections)

Các kiểm soát cụ thể được thực hiện tại các khoảng thời gian định kỳ để xác lập (cả trong bảo quản và sử dụng) độ kín rò của nguồn kín.

3.11

Sự rò rỉ (Leakage)

Sự dịch chuyển vật liệu phóng xạ từ nguồn kín ra ngoài môi trường.

3.12

Không thể tan và không phân tán được (Non-leachable)

Thuật ngữ dùng để chỉ chất phóng xạ được chứa trong nguồn kín ở dạng không có khả năng hoà tan trong nước và không thể chuyển đổi thành sản phẩm phân tán được (xem TCVN 6853) (ISO 2919).

3.13

Tốc độ rò rỉ heli tiêu chuẩn (Standard helium leakage rate)

Tốc độ rò rỉ heli ở áp suất trên là $10^5 \text{ Pa} \pm 5 \times 10^3 \text{ Pa}$ và áp suất dưới là 10^3 Pa hoặc nhỏ hơn ở nhiệt độ $296 \text{ K} \pm 7 \text{ K}$ ($23^\circ \text{ C} \pm 7^\circ \text{ C}$); trong tiêu chuẩn này đơn vị micro pascal mét khối trên giây được sử dụng có tính đến dải các giá trị giới hạn $1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \approx 10^{-5} \text{ atm} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \approx 7,5 \times 10^{-3} \text{ lusec}$.

4 Yêu cầu

Các thử nghiệm trong tiêu chuẩn này phải được thực hiện bởi những người có thẩm quyền và trình độ chuyên môn và đã được đào tạo thích hợp về an toàn bức xạ.

Tuỳ theo dạng kiểm soát và loại nguồn kín, ít nhất một trong các thử nghiệm được mô tả trong điều 5 và điều 6 cần được thực hiện (xem phụ lục A để chọn thử nghiệm)

Tuy nhiên, trong trường hợp một thử nghiệm đặc biệt không được mô tả trong tiêu chuẩn này được thực hiện (xem điều 1), người sử dụng cần chứng minh phương pháp được dùng ít nhất có hiệu quả như phương pháp tương ứng cho trong tiêu chuẩn này.

Cần lưu ý rằng trong thực tế thường tiến hành nhiều hơn một kiểu thử nghiệm rò rỉ và cũng thực hiện việc thử nghiệm lau cuối cùng cho việc kiểm tra sự nhiễm xạ.

Trong kết luận của phép thử nghiệm, nguồn kín phải được coi là không rò rỉ nếu nó tuân thủ các giá trị giới hạn nêu trong Bảng 1.

Nếu không có sự phù hợp trực tiếp giữa các mức đo của các phương pháp đo khác nhau thì kết quả sẽ phụ thuộc vào qui trình và thiết bị đo.

**Bảng 1 - Giá trị ngưỡng phát hiện và giá trị giới hạn
cho các thử nghiệm khác nhau**

Phương pháp thử nghiệm	Điều	Giá trị ngưỡng phát hiện	Giá trị giới hạn	
			Các thành phần không thể tan và không phân tán được	Các thành phần thể khí có thể tan hoặc phân tán được
		Hoạt độ, Bq	kBq	
Thử nghiệm nhúng bằng chất lỏng nóng	5.1.1	10 đến 1	0,2	0,2
Thử nghiệm nhúng bằng chất lỏng sôi	5.1.2	10 đến 1	0,2	0,2
Thử nghiệm nhúng bằng chất nhấp nháy lỏng	5.1.3	10 đến 1	0,2	0,2
Thử nghiệm xạ khí hấp thụ	5.2.1	4 đến 0,4	- ¹⁾	0,2 (²²² Rn/12 h)
Thử nghiệm xạ khí bằng chất nhấp nháy lỏng	5.2.2	0,4 đến 0,004	- ¹⁾	0,2 (²²² Rn/12 h)
Thử nghiệm lau ướt	5.3.1	10 đến 1	0,2	0,2
Thử nghiệm lau khô	5.3.2	10 đến 1	0,2	0,2
			Tốc độ rò rỉ heli tiêu chuẩn, $\mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	
Thử nghiệm heli	6.1.1	10^{-2} đến 10^{-4}	1	10^{-2}
Thử nghiệm gia áp heli	6.1.2	1 đến 10^{-2}	1	10^{-2}
Thử nghiệm bọt chân không	6.2.1	1 ²⁾	1	- ³⁾
Thử nghiệm bọt chất lỏng nóng	6.2.2	1 ²⁾	1	- ³⁾
Thử nghiệm bọt gia áp khí	6.2.3	1 ²⁾	1	- ³⁾
Thử nghiệm bọt nitơ lỏng	6.2.4	10^{-2} ²⁾	1	10^{-2}
			Khối lượng nước nhận, μg	
Thử nghiệm gia áp nước	6.3	10	50	- ³⁾
1) Không phù hợp 2) Các giới hạn phát hiện này chỉ áp dụng với sự rò rỉ đơn dưới các điều kiện dễ quan sát bằng mắt 3) Không đủ nhạy				

TCVN 7443 : 2004

Tốc độ rò rỉ $10 \mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ đối với các hàm lượng phóng xạ thể rắn không có khả năng rò rỉ và $0,1 \mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ đối với các thể rắn có khả năng rò rỉ, các chất phóng xạ thể lỏng và thể khí trong hầu hết các trường hợp, được coi là tương đương với giới hạn thất thoát hoạt độ phóng xạ là 2 kBq ($\approx 50 \text{ nCi}$) theo [12].

Một khẳng định nữa về ngưỡng chấp nhận theo thể tích nêu trong [2]. Tốc độ rò rỉ $10^{-7} \text{ atm}\cdot\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}$ hay nhỏ hơn đối với không khí khô ở nhiệt độ 298 K (25° C) và với sự chênh lệch áp suất 1 atm so với chân không 10^{-2} atm hoặc nhỏ hơn, được coi là biểu hiện của sự rò rỉ, bất kể bản chất vật lý của thành phần bên trong.

Trước khi tiến hành bất kỳ thử nghiệm nào, trừ các trường hợp thanh tra định kỳ, nguồn kín phải được làm sạch cẩn thận và phải được kiểm tra kỹ bằng mắt thường.

Tất cả các thiết bị dùng thử nghiệm phải được bảo dưỡng thích hợp và hiệu chuẩn định kỳ.

Khi có thể, phải quy định các thông số sau:

- Áp suất;
- Nhiệt độ;
- Hệ số tỷ lệ giữa thể tích nguồn kín và thể tích trong vùng thử nghiệm cũng như thể tích chất lỏng dùng để bao nguồn kín thử nghiệm.

Thử nghiệm lau không được coi là thử nghiệm rò rỉ, trừ trường hợp đối với một vài nguồn đặc biệt (ví dụ các nguồn với cửa sổ mỏng), đối với các đợt thanh tra định kỳ và trong trường hợp không có thử nghiệm nào khác thích hợp hơn.

Các mẫu thử nghiệm lau hay thử nghiệm nhúng chất lỏng, khi có thể, phải kiểm tra ngay bằng thiết bị đo độ nhiễm xạ cơ bản, ví dụ dùng một ống đếm Geiger-Muller để xác định xem có nhiễm xạ hay không trước khi đo lần cuối bằng thiết bị đo được kiểm chuẩn và chính xác hơn.

5 Các thử nghiệm bằng phương pháp phóng xạ

5.1 Các thử nghiệm nhúng

5.1.1 Thử nghiệm nhúng bằng chất lỏng nóng

Nhúng nguồn kín vào một chất lỏng mà nó không tác động đến vật liệu lớp vỏ ngoài của nguồn kín này và trong điều kiện của thử nghiệm này, nó được coi là hiệu quả nhất để tẩy hết các vết của chất phóng xạ. Ví dụ về các chất lỏng như vậy là: nước cất và các dung dịch chất tẩy yếu hoặc các phức chất và các dung dịch axit hay kiềm yếu có nồng độ khoảng 5% . Đun nóng chất lỏng đến $323 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($50^\circ \text{ C} \pm$

5 °C) và duy trì ở nhiệt độ đó ít nhất 4 h. Bỏ nguồn phóng xạ kín ra và đo hoạt độ phóng xạ của chất lỏng.

CHÚ THÍCH 3: Phương pháp làm sạch bằng siêu âm cũng có thể được sử dụng. Trong trường hợp này, thời gian nhúng trong chất lỏng có nhiệt độ $343 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($70 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$) có thể giảm đi được 30 min.

5.1.2 Thử nghiệm nhúng bằng chất lỏng sôi

Nhúng nguồn kín vào một chất lỏng mà nó không tác động đến vật liệu lớp vỏ ngoài của nguồn kín này và trong điều kiện của thử nghiệm này, nó được coi là hiệu quả nhất để tẩy hết các vết của chất phóng xạ có mặt. Đun sôi trong khoảng 10 min, để nguội, sau đó rửa nguồn kín trong một chậu chất lỏng sạch. Lặp lại các thao tác này hai lần với việc nhúng lại nguồn kín vào chất lỏng ban đầu. Bỏ nguồn phóng xạ kín ra và đo hoạt độ phóng xạ của chất lỏng.

5.1.3 Thử nghiệm nhúng bằng chất nhấp nháy lỏng

Nhúng nguồn kín ít nhất 3 h ở nhiệt độ phòng, vào một dung dịch chất nhấp nháy lỏng mà nó không tác động đến vật liệu lớp vỏ ngoài của nguồn kín này. Bảo quản trong tối để tránh hiện tượng phát sáng quang hoá. Bỏ nguồn phóng xạ kín ra và đo hoạt độ phóng xạ của chất lỏng bằng kỹ thuật đo nhấp nháy lỏng.

5.1.4 Thử nghiệm nhúng ở nhiệt độ phòng²

Nhúng nguồn kín vào một chất lỏng mà nó không tác động đến vật liệu lớp vỏ ngoài của nguồn kín này và trong điều kiện của thử nghiệm này, nó được coi là hiệu quả nhất để tẩy hết các vết của chất phóng xạ.

Nhúng nguồn kín vào trong chất lỏng ở nhiệt độ phòng $293 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($20 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$) và duy trì ở nhiệt độ đó trong 24 h. Bỏ nguồn phóng xạ kín ra và đo hoạt độ phóng xạ của chất lỏng.

5.1.5 Tiêu chí chấp nhận

Nguồn kín được coi là không rò rỉ nếu hoạt độ phát hiện được không vượt quá $0,2 \text{ kBq}$ ($\approx 5 \text{ nCi}$).

5.2 Thử nghiệm xạ khí

5.2.1 Thử nghiệm xạ khí hấp thụ (với các nguồn phóng xạ kín radi-226)

²⁾ Thử nghiệm này là rất hữu ích khi các thử nghiệm chất lỏng nóng không thể thực hiện được, tuy nhiên phương pháp sau được khuyến khích áp dụng bất kỳ khi nào có thể được vì việc sử dụng chúng đã được biết đến trong nhiều năm và bởi vì chúng hiệu quả hơn.

TCVN 7443 : 2004

Đặt nguồn phóng xạ kín trong một bình nhỏ kín khí cùng với chất hấp thụ thích hợp, ví dụ than hoạt tính, bông hoặc polyetylen, và để như vậy ít nhất trong 3 h. Sau đó lấy nguồn ra và đóng bình lại. Đo ngay hoạt độ của chất hấp thụ.

5.2.2 Thử nghiệm xạ khí bằng chất nhấp nháy lỏng (đối với các nguồn phóng xạ kín radi - 226)

Thực hiện theo các bước như trình bày trong 5.1.3.

5.2.3 Thử nghiệm xạ khí (đối với các nguồn phóng xạ kín krypton-85)

Giữ cho nguồn phóng xạ kín dưới áp suất thấp trong 24 h. Phân tích thành phần của buồng chứa krypton-85 bằng kỹ thuật đếm dùng chất nhấp nháy dẻo. Lặp lại thử nghiệm sau ít nhất 7 ngày.

5.2.4 Các thử nghiệm xạ khí khác

Bất kỳ phương pháp thử nghiệm nào khác tương đương với các phương pháp đã được trình bày từ 5.2.1 đến 5.2.3 đều có thể sử dụng được.

5.2.5 Tiêu chí chấp nhận

Khi các thử nghiệm được nêu trong 5.2.1 và 5.2.2 đã hoàn tất thì nguồn phóng xạ kín được coi là không rò rỉ nếu hoạt độ đo được của radon tích lũy trong thời gian tổng cộng là 12 h không vượt quá 0,2 kBq (≈ 5 nCi). Nếu thời gian thử nghiệm nhỏ hơn 12 h thì phải tiến hành các hiệu chỉnh thích hợp.

Khi các thử nghiệm được nêu trong 5.2.3 và 5.2.4 đã hoàn tất thì nguồn phóng xạ kín được coi là không rò rỉ nếu hoạt độ đo được không vượt quá 4 kBq/ 24 h (≈ 100 nCi/ 24 h).

5.3 Thử nghiệm lau

Nếu thử nghiệm lau được dùng để xác định độ rò rỉ thì sau khi thực hiện việc thử nghiệm nguyên mẫu về mặt cơ học hay nhiệt, nguồn kín thử nghiệm phải được làm sạch (tẩy xạ) trước khi thử nghiệm.

Khi sử dụng phương pháp lau để kiểm tra sự rò rỉ được tiến hành ngay trong giai đoạn sản xuất thì nguồn phóng xạ kín phải được làm sạch trước khi thử nghiệm và phải chờ 7 ngày sau mới được tiến hành thử nghiệm.

Với các phương pháp thử nghiệm lau, cần thiết phải tính đến kỹ thuật, trang thiết bị được sử dụng và áp suất khi thực hiện vì phương pháp được sử dụng có thể không đảm bảo khả năng đạt được đầy đủ độ tái lập.

5.3.1 Thử nghiệm lau ướt

Lau sạch bề mặt của nguồn kín cẩn thận bằng một miếng gạc/giấy lọc hay một vật liệu thích hợp khác có độ hút ẩm cao. Miếng gạc được làm ẩm bằng một loại chất lỏng không tác động đến vật liệu làm vỏ bọc nguồn kín và trong các điều kiện của thử nghiệm này, chất lỏng được chứng minh là có hiệu quả trong việc loại bỏ tất cả các chất phóng xạ. Đo hoạt độ phóng xạ của miếng gạc.

5.3.2 Thử nghiệm lau khô

Phương pháp thử nghiệm này được sử dụng trong những trường hợp không thích hợp để dùng gạc ẩm, ví dụ: với những nguồn cobalt - 60 hoạt độ lớn hay trong các đợt thanh tra định kỳ.

Để tiến hành thử nghiệm, dùng một miếng gạc khô hoặc giấy lọc chà xát lên toàn bộ bề mặt của nguồn kín, sau đó đo hoạt độ phóng xạ của vật liệu lau.

5.3.3 Tiêu chí chấp nhận

Nếu hoạt độ phóng xạ đo được không vượt quá 0,2 kBq (≈ 5 nCi) thì nguồn kín được coi là không rò rỉ.

CHÚ THÍCH 4 : Những điểm quan trọng liên quan đến việc sử dụng các phương pháp thử nghiệm bằng cách lau trên những bề mặt có thể tiếp cận được sát với các nguồn phóng xạ kín và sự cần thiết phải xem xét đến việc bảo vệ bức xạ cần được chú ý [xem điều 3, mục b].

6 Các thử nghiệm sử dụng phương pháp không phóng xạ

Khi các quy trình không phóng xạ được sử dụng thì mối tương quan giữa Tốc độ rò rỉ thể tích và độ thất thoát vật liệu phóng xạ phải được thiết lập. Trong thực tế có nhiều khó khăn để làm được điều này vì có rất nhiều dạng vật liệu phóng xạ được dùng trong các nguồn phóng xạ kín và cũng có rất nhiều kiểu rò rỉ khác nhau. Số liệu đưa ra trong tiêu chuẩn này cho thấy mối tương quan giữa Tốc độ rò rỉ thể tích và độ thất thoát vật liệu phóng xạ dựa trên cơ sở những giá trị đã có trong các xuất bản phẩm của IAEA và mặc dù chúng chưa được kiểm nghiệm thực tế để khẳng định một cách tuyệt đối nhưng các phương pháp thử nghiệm rò rỉ thể tích đã được thực hiện trong nhiều năm và kinh nghiệm cho thấy chúng có thể được chấp nhận là các phương pháp thử nghiệm có giá trị.

Trước khi tiến hành bất kỳ thử nghiệm nào được mô tả từ 6.1 đến 6.3, nguồn phóng xạ kín phải được làm sạch và sấy khô cẩn thận.

Với những nguồn phóng xạ kín có thể rò rỉ hay có thành phần khí thì có thể sử dụng phương pháp thử nghiệm heli được trình bày trong 6.1.

Cần đảm bảo không có bất kỳ sai sót nào có thể làm sai lệch kết quả của phương pháp thử nghiệm được mô tả, ví dụ bằng kiểm tra mắt thường hoặc bằng một phương pháp kém nhạy hơn phương pháp

TCVN 7443 : 2004

thử nghiệm đã được mô tả. Để các thử nghiệm này được cho là đúng, ngoại trừ trường hợp được nêu trong 6.3, thể tích tự do bên trong nguồn kín phải lớn hơn $0,1 \text{ cm}^3$. Nếu thử nghiệm này được dùng cho những nguồn phóng xạ kín có thể tích tự do nhỏ hơn $0,1 \text{ cm}^3$ thì người sử dụng phải chứng tỏ được tính hợp thức của thử nghiệm này [9].

Vì các phương pháp thử nghiệm này có giới hạn phát hiện thấp hơn, nên chỉ những thử nghiệm sử dụng heli (6.1) là thích hợp với những nguồn phóng xạ kín có thể rò rỉ hay có thành phần khí.

6.1 Các thử nghiệm rò rỉ sử dụng khối phổ kế heli

6.1.1 Thử nghiệm heli

Đặt nguồn kín có chứa heli vào trong một buồng chân không thích hợp, sau đó buồng được hút chân không qua một khối phổ kế heli. Đánh giá Tốc độ rò rỉ heli thực tế theo các khuyến cáo của nhà sản xuất thiết bị thử nghiệm rò rỉ.

Cần đảm bảo thể tích tự do trong nguồn kín có hàm lượng heli thương mại lớn hơn 5%. Tốc độ rò rỉ heli đo được theo đánh giá trước đó chia cho hàm lượng heli trong thể tích tự do cho biết Tốc độ rò rỉ tiêu chuẩn của heli.

6.1.2 Thử nghiệm gia áp heli

Đặt nguồn kín vào trong một buồng áp suất. Sử dụng heli để làm sạch không khí trong buồng. Nâng áp suất buồng lên một mức áp suất heli đã cho và duy trì trong một khoảng thời gian. Hạ áp suất của buồng, làm sạch nguồn kín bằng cách phun nitơ khô hoặc rửa trong chất lỏng fluocacbon dễ bay hơi và chuyển nó đến một buồng chân không thích hợp. Tiến hành đo Tốc độ rò rỉ heli như miêu tả trong 6.1.1.

Với Tốc độ rò rỉ heli nhận được, Q , Tốc độ rò rỉ tiêu chuẩn heli, L , có thể được tính bằng công thức sau:

$$Q = \frac{L^2 pt}{p_0^2 V} \quad (1)$$

Trong đó: $p_0 = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$.

CHÚ THÍCH

5. Với áp suất heli, p , tính bằng megapascal (trong thực tế là giữa 0,5 Mpa và 10 MPa) được duy trì trong thời gian điều kiện hoá t , tính bằng giờ, thời gian trễ giữa việc nâng áp suất và phép đo dưới 10 min và có tính đến thể tích trống, V , tính bằng centimet khối, lớn hơn $0,1 \text{ cm}^3$ ở bên trong nguồn kín, các thông số thử nghiệm thuận tiện nhất có thể được chọn và các kết quả thử nghiệm được đánh giá bằng cách dùng công thức sau:

$$Q = 0,35 \frac{L^2 pt}{V} \quad (2)$$

trong đó:

Q là Tốc độ rò rỉ đo được ($\mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$).

L là Tốc độ rò rỉ heli tiêu chuẩn ($\mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) nằm trong khoảng giữa các giá trị giới hạn $1\mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ và $10^{-2}\mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ($L \leq 1,7\sqrt{QV/pt}$).

6. Công thức (2) chỉ đúng trong trường hợp dòng phân tử đi qua một hay nhiều chỗ rò rỉ. Trong trường hợp dòng chảy nhớt phân thành lớp chiếm tỷ trọng lớn thì công thức này sẽ dẫn đến sự đánh giá cao Tốc độ rò rỉ heli tiêu chuẩn, nhưng yếu tố này chỉ ảnh hưởng rất nhỏ đến kết quả thử nghiệm.

6.1.3 Tiêu chí chấp nhận

Khi các thử nghiệm này được hoàn thành thì nguồn kín được coi là thực sự kín nếu như Tốc độ rò rỉ heli tiêu chuẩn nhỏ hơn $1\mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ đối với thành phần không có khả năng rò rỉ và $10^{-2}\mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ với các thành phần có khả năng rò rỉ hoặc các thành phần dạng khí (xem Bảng 1).

6.2 Các thử nghiệm rò rỉ bằng bọt

Các thử nghiệm rò rỉ bằng bọt dựa trên sự tăng áp suất bên trong. Theo đó, khí từ những chỗ trống bên trong có thể đi qua bất kỳ chỗ rò rỉ nào và tạo nên những bong bóng trong bồn chất lỏng. Với một chỗ rò rỉ riêng biệt, số lượng bong bóng hình thành gia tăng khi sức căng bề mặt giảm.

6.2.1 Thử nghiệm bọt chân không

Bằng cách sử dụng etylen glycol, isopropyl, dầu khoáng hoặc dầu silicon, hoặc nước cùng với tác nhân làm ướt như một chất lỏng để thử nghiệm rò rỉ trong một buồng chân không thích hợp, hạ thấp thành phần khí trong chất lỏng bằng cách hút chân không buồng trong một khoảng thời gian ít nhất là 1 min. Lập lại áp suất khí quyển và nhúng toàn bộ nguồn phóng xạ kín ở độ sâu ít nhất là 5 cm dưới mức chất lỏng. Giảm áp suất tuyệt đối trong buồng xuống từ 15 kPa đến 25 kPa. Theo dõi các bọt bong bóng phát ra từ nguồn phóng xạ kín trong khoảng thời gian ít nhất là 1 min.

6.2.2 Thử nghiệm bọt chất lỏng nóng

Cần đảm bảo nguồn phóng xạ kín ở nhiệt độ môi trường. Nhúng nguồn phóng xạ kín xuống độ sâu ít nhất là 5 cm dưới mực nước trong bồn nước ở nhiệt độ trong khoảng 363 K và 368 K (90 °C và 95 °C). Có thể dùng Glycerin ở nhiệt độ từ 393 K đến 423 K (120 °C đến 150 °C) thay thế cho nước. Quan sát các bọt bong bóng phát ra từ nguồn phóng xạ kín trong khoảng thời gian ít nhất là 1 min; tuy nhiên khoảng thời gian ngắn nhất 2 min được khuyến cáo bất cứ khi nào có thể thực hiện được và đặc biệt là khi các vỏ bọc có nhiệt dung lớn và có độ dẫn nhiệt kém.

6.2.3 Thử nghiệm bọt gia áp khí

Đặt nguồn phóng xạ kín trong một buồng áp suất thích hợp có thể tích ít nhất là gấp hai lần thể tích của nguồn phóng xạ kín và ít nhất là gấp năm lần thể tích tự do bên trong nguồn phóng xạ kín. Nâng áp suất trong buồng bằng khí heli lên áp suất ít nhất là 1 MPa và duy trì áp suất này trong 15 min. Giảm áp suất, chuyển nguồn phóng xạ kín ra khỏi buồng và nhúng nó xuống độ sâu 5 cm dưới mức etylen glycol, isopropyl, axeton hoặc nước có chứa chất làm ẩm trong bốn chứa. Quan sát các bọt bong bóng phát ra từ nguồn phóng xạ kín trong khoảng thời gian ít nhất là 1 min.

6.2.4 Thử nghiệm bọt nitơ lỏng

Nhúng hoàn toàn nguồn phóng xạ kín vào trong nitơ lỏng trong khoảng thời gian 5 min, sau chuyển nó đến chất lỏng thử nghiệm (thường là metanol). Quan sát các bọt bong bóng phát ra từ nguồn phóng xạ kín trong một khoảng thời gian ít nhất là 1 min.

6.2.5 Tiêu chí chấp nhận

Nếu không có bọt bong bóng nào xuất hiện cho đến khi kết thúc các thử nghiệm đã được trình bày từ 6.2.1 đến 6.2.4 thì nguồn phóng xạ kín được coi là có Tốc độ rò rỉ nhỏ hơn $1 \mu\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ và là thực sự kín chỉ khi thành phần của nó là không có khả năng rò rỉ.

6.3 Thử nghiệm gia áp nước

Xác định khối lượng của nguồn phóng xạ kín bằng một cái cân. Tiến hành thử nghiệm áp suất thực nghiệm với nước, lau khô nguồn phóng xạ kín và xác định lại khối lượng của nó trên cùng cái cân đã dùng trước đó.

Nếu khối lượng cân được nhỏ hơn 50 μg thì nguồn phóng xạ kín được coi là kín nhưng chỉ khi các thành phần không có khả năng rò rỉ.

Để phương pháp thử nghiệm này đáng tin cậy thì thể tích tự do theo tính toán của nguồn phóng xạ kín phải có khả năng lưu giữ được ít nhất là năm lần lớn hơn lượng nước ứng với ngưỡng nhạy của thiết bị đo khối lượng. Thử nghiệm này có thể áp dụng được riêng cho việc đánh giá thử nghiệm áp suất ngoài cho các cấp 3, 4, 5 và 6 của TCVN 6853 : 2001 (ISO 2919).

Phụ lục A

(Quy định)

**Hướng dẫn lựa chọn thử nghiệm cần tiến hành
tùy theo dạng kiểm soát và loại nguồn phóng xạ kín**

Phụ lục này cung cấp hướng dẫn nhằm hỗ trợ việc lựa chọn các phương pháp thử nghiệm thích hợp nhất để thực hiện việc kiểm tra chất lượng, kiểm soát sản xuất và cho các thanh tra định kỳ, có tính đến loại nguồn phóng xạ kín (thiết kế, các đặc trưng, ...).

Bảng A.1 là không hoàn toàn đầy đủ, tuy nhiên nó bao hàm một dải rộng và có thể dùng như một hướng dẫn cho nhiều dạng thiết kế nguồn phóng xạ kín.

A.1 Thử nghiệm rò rỉ trong sản xuất nguồn phóng xạ kín

Phương pháp thử nghiệm rò rỉ thích hợp nhất trong khi sản xuất các nguồn kín chứa một đồng vị phóng xạ có thể được xác định trong Bảng A.1, tùy theo thiết kế nguồn cụ thể và công nghệ của chúng.

A.2 Các thử nghiệm rò rỉ đối với các nguồn phóng xạ kín nguyên mẫu

Các thử nghiệm cho phép chấp nhận các cuộc thử nghiệm được yêu cầu để xác định sự phân loại cho một nguồn phóng xạ kín nguyên mẫu theo TCVN 6853 (ISO 2919) có thể được tiến hành đối với:

- các nguồn phóng xạ kín nguyên mẫu với thành phần phóng xạ danh định,
- các nguồn phóng xạ kín mô phỏng,
- các nguồn phóng xạ kín giả.

Với trường hợp cuối cùng, rõ ràng là sẽ cần phải sử dụng phương pháp thử nghiệm rò rỉ không phóng xạ.

Phương pháp thử nghiệm rò rỉ thích hợp nhất sẽ tùy thuộc vào công nghệ và thiết kế của nguồn kín và có thể được xác định từ Bảng A.1.

A.3 Các cuộc thanh tra định kỳ

Rõ ràng là cần thiết phải thử nghiệm định kỳ các nguồn phóng xạ vào những thời điểm nhất định sau khi chúng được nhà sản xuất cung cấp nhằm chắc chắn chúng không phát sinh ra bất cứ một chỗ rò rỉ nào. Ở nhiều nước đã có những quy định luật pháp xác định tần suất của các thử nghiệm. Khoảng thời gian giữa các thử nghiệm có thể thay đổi tùy thuộc vào loại và thiết kế của nguồn phóng xạ kín cũng như môi trường làm việc.

TCVN 7443 : 2004

Những thử nghiệm này không nhất thiết phải giống với các thử nghiệm được coi là thích hợp để thực hiện trong quá trình sản xuất. Điều quan trọng là phải tính đến những điều kiện ứng dụng của nguồn phóng xạ kín và mọi rủi ro cụ thể mà nguồn có thể gặp phải trong suốt thời gian làm việc của mình.

Như vậy có một số điều kiện có thể gặp phải trong thực tế khi xem xét đến các thử nghiệm định kỳ:

- a) Nguồn phóng xạ kín chỉ có thể được thử nghiệm ngay tại hiện trường nơi nó được sử dụng và có khả năng tiến hành thử nghiệm lau trên phần gần nhất có thể tiếp cận được. Trong trường hợp này, việc thử nghiệm lau (5.3) được chọn. Việc kiểm tra bằng mắt thường đối với nguồn phóng xạ kín cũng được tiến hành nếu có thể được.
- b) Nguồn chỉ có thể được thử nghiệm ngay tại nơi nó được sử dụng nhưng việc tiếp cận trực tiếp với nguồn là không thể được hoặc không nên do nó gây nên sự chiếu xạ không được luận chứng đối với người thực hiện việc thử nghiệm, ví dụ: với những nguồn xạ trị hoạt độ cao hay những nguồn khác được bảo vệ trong hộp đựng nguồn. Trong trường hợp này, cần tiến hành thử nghiệm kiểm tra độ sạch trên phần gần nhất có thể tiếp cận được.

CẢNH BÁO – Nếu độ phóng xạ được xác định là tồn tại, ngay cả khi thấp hơn giá trị giới hạn 0,2 kBq³⁾ (≈ 5 nCi) thì phải xác định xem điều này có gây nên từ sự rò rỉ nguồn hay không. Cần có một quy chế để lặp lại các thử nghiệm định kỳ nhằm xác định hoạt độ phóng xạ phát hiện có tăng lên hay không.

- c) Những cơ sở, ví dụ như một số bệnh viện tiến hành thử nghiệm nguồn bằng các phương pháp khác, như bằng cách trả về nhà sản xuất hay bằng cách gửi cho các phòng thí nghiệm thích hợp khác thì nên sử dụng các phương pháp được khuyến cáo cho các nguồn sản xuất nêu trong Bảng A.1. Nếu có thể, việc kiểm tra bằng mắt thường đối với nguồn phóng xạ kín cũng nên tiến hành.

CẢNH BÁO – Khi tiến hành các thử nghiệm định kỳ, điều quan trọng là phải đảm bảo mức chiếu xạ nằm trong giới hạn được chấp nhận.

³⁾ Giá trị giới hạn 0,2 kBq được đảm bảo bằng phát biểu rằng các thử nghiệm tiếp theo sẽ được tiến hành nếu bất kỳ độ phóng xạ nào đó là có thực.

**Bảng A.1 - Lựa chọn phương pháp thử nghiệm
độ rò rỉ liên quan đến công nghệ chế tạo**

Loại nguồn	Thử nghiệm đối với nguồn khi sản xuất		Thử nghiệm để phân loại nguồn	
	Nên thực hiện	Lựa chọn thứ hai	Nên thực hiện	Lựa chọn thứ hai
A Nguồn phóng xạ kín chứa vật liệu phóng xạ A1 Cửa sổ đơn tích phân, mỏng, ví dụ như detector sương A2 Các nguồn chuẩn hoạt độ thấp, ví dụ như được bao bọc bằng nhựa	Nhúng (5.1)	Lau (5.3)	Nhúng (5.1)	Lau (5.3)
A3 Các nguồn có một hay hai lớp vỏ bọc (ngoại trừ ^3H , ^{226}Ra) để đo mức, chụp ảnh phóng xạ và xạ trị áp sát	Nhúng (5.1) Heli (6.1)	Bọt (6.2)	Nhúng (5.1) Heli (6.1)	Bọt (6.2)
A4 Nguồn ^{226}Ra và các nguồn dạng khí khác có một hoặc hai lớp vỏ	Phát xạ khí (5.2)	Nhúng (5.1)	Phát xạ khí (5.2)	Nhúng (5.1)
A5 Nguồn có hai vỏ bọc dùng trong xạ trị từ xa và các nguồn chiếu xạ hoạt độ cao	Heli (6.1)	Lau (5.3.2)	Nhúng (5.1) Heli (6.1)	Bọt (6.2)
B Nguồn phóng xạ kín mô phỏng thuộc các loại A3, A4 và A5			Nhúng (5.1) Heli (6.1)	Bọt (6.2)
C Nguồn phóng xạ kín giả			Heli (6.1)	Bọt (6.2)

Phụ lục B

(tham khảo)

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] McMasters, R.C., ed., Non-destructive Testing Handbook, Vol.1, Leak Testing, Americal Society for Non-destructive Testing /Americal Society for Metals, 2nd ed., 1982.
- [2] Americal National Standard for Radioactive Materials, Leakage Tests on Packages for Shipment, ANSI No. 14.5-1987.
- [3] ASTM E 515-74 (Reapproved 1980), Standard Method of Testing for Leaks Using Bubble Emission Technique.
- [4] ASTM F 98-72 (Reapproved 1977), Standard Recommended Practices for Determining Hermeticity of Electron Devices by a Bubble Test.
- [5] ASTM F 134-78, Standard Recommended Practices for Determining Hermeticity of Electron Devices with a Helium Mass Spetrometer Leak Detector.
- [6] ASTM F 730-81, Standard test Methods for Hermeticity of Electron Devices by a Weight-gain Test.
- [7] BIRAM, J., and BURROWS., Bubbles test for gass tightness, Vacumm, 14(7), 1964, pp.221-226.
- [8] HOWL, D.A., and MANN, C.A., The back-pressurizing technique for leak-testing. Vacumm, 15(7), 1965, pp. 347-352.
- [9] ASTON, D., BODIMEADE, A.H., HALL, E.G. and TAYLOR, C.B.G., The specifications and testing of radioactive sources designated as "special form" under the IAEA transport regulations, report EUR 8053 EN, 1982.
- [10] DWIGHT, DJ., A new method for leak-testing sealeded sources of radium-226 and thorium-228, Report RCC-R 176 (1964) and Addendum RCC-R 176 (1965).
- [11] IAEA Safety Series No.6, Regulations for the safe transport of radioactive materials, Vienna, 1985.
- [11] IAEA Safety Series No.37 Advisory material for the application of the IAEA transport regulations, Vienna, 1987.
-