

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 8664-3:2011

ISO 14644-3:2005

Xuất bản lần 1

**PHÒNG SẠCH VÀ MÔI TRƯỜNG KIỂM SOÁT LIÊN QUAN –
PHẦN 3: PHƯƠNG PHÁP THỬ**

*Cleanrooms and associated controlled environments –
Part 3: Test methods*

HÀ NỘI – 2011

Mục lục

| | Trang |
|--|-------|
| Lời giới thiệu | 5 |
| 1 Phạm vi áp dụng | 7 |
| 2 Tài liệu viện dẫn | 7 |
| 3 Thuật ngữ và định nghĩa | 8 |
| 4 Quy trình thử | 16 |
| 5 Báo cáo thử nghiệm | 19 |
| Phụ lục A (quy định) - Chọn các phép thử đã giới thiệu của một lớp đặt và tần số thực hiện các phép thử này | 20 |
| Phụ lục B (quy định) - Các phương pháp thử | 24 |
| Phụ lục C (quy định) - Thiết bị thử | 62 |
| Thư mục tài liệu tham khảo | 76 |

Lời nói đầu

TCVN 8664- 3:2011 hoàn toàn tương đương với ISO 14644-3:2005;

TCVN 8664- 3:2011 do Viện Trang thiết bị và Công trình y tế biên soạn, Bộ Y tế đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 8664:2011 (ISO 14644) *Phòng sạch và môi trường kiểm soát liên quan* gồm các tiêu chuẩn sau:

- Phần 1: Phân loại độ sạch không khí.
- Phần 2: Yêu cầu kỹ thuật để thử nghiệm và theo dõi nhằm chứng minh sự phù hợp liên tục với TCVN 8664-1 (ISO 14644-1).
- Phần 3: Phương pháp thử.
- Phần 4: Thiết kế, xây dựng và khởi động.
- Phần 5: Vận hành.
- Phần 6: Từ vựng.
- Phần 7: Thiết bị phân tách (tủ hút, hộp đựng găng tay, môi trường cách ly đối với không khí sạch).
- Phần 8: Phân loại ô nhiễm phân tử trong không khí.

Lời giới thiệu

Phòng sạch và môi trường kiểm soát liên quan cung cấp cho việc kiểm soát sự nhiễm hạt trong không khí đến mức thích hợp để hoàn thành các hoạt động nhạy cảm với sự lây nhiễm. Các sản phẩm và các quá trình được hưởng lợi từ việc kiểm soát lây nhiễm trong không khí gồm các sản phẩm và quy trình trong công nghiệp như ngành hàng không vũ trụ, vi điện tử, dược phẩm, trang thiết bị y tế, thực phẩm và chăm sóc sức khỏe.

Tiêu chuẩn này trình bày các phương pháp thử có thể sử dụng cho mục đích đặc trưng phòng sạch như đã mô tả và quy định trong các phần khác của bộ TCVN 8664 (ISO 14644).

CHÚ THÍCH Tiêu chuẩn này không chỉ ra tất cả các quy trình thử các thông số của phòng sạch. Quy trình và thiết bị để đặc trưng các thông số khác, nhưng liên quan trong phòng sạch và vùng sạch đã sử dụng cho các sản phẩm quá trình riêng được mô tả ở trong tài liệu khác do ISO/TC 129 chuẩn bị [ví dụ, các quy trình để kiểm soát và đo vật liệu có thể nhìn thấy được (ISO 14698), thử nghiệm các chức năng phòng sạch TCVN 8664-4 (ISO 14644-4) và thử nghiệm của trang thiết bị riêng rẽ TCVN 8664-7 (ISO 14644-7)]. Ngoài ra, các tiêu chuẩn khác cũng có thể xem xét để có thể áp dụng.

Phòng sạch và môi trường kiểm soát liên quan –

Phần 3: Phương pháp thử

*Cleanrooms and associated controlled environments –
Part 3: Test methods*

CẢNH BÁO – Sử dụng tiêu chuẩn này có thể bao hàm các vật liệu, các thao tác và thiết bị nguy hiểm. Tiêu chuẩn này không có mục đích nhằm vào mọi vấn đề an toàn liên quan đến việc sử dụng chúng. Trách nhiệm của người sử dụng tiêu chuẩn này là xác lập độ an toàn thích hợp và thực hành sức khỏe để xác định khả năng áp dụng của các giới hạn điều chỉnh trước khi sử dụng.

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các phương pháp thử để phân loại ấn định sự phân loại độ sạch hạt trong không khí và để đặc trưng các tính năng của phòng sạch và vùng sạch. Phép thử tính năng được quy định về hai kiểu phòng sạch và vùng sạch: kiểu có dòng theo hướng duy nhất và kiểu không có dòng theo hướng duy nhất, trong ba khả năng xuất hiện các trạng thái: trạng thái thiết lập, trạng thái nghỉ và trạng thái vận hành. Các phương pháp thử kiến nghị thiết bị thử và quy trình thử để xác định các thông số tính năng. Khi phương pháp thử bị tác động bởi kiểu loại phòng sạch và vùng sạch, quy trình thay thế được đề xuất. Đối với một số phép thử, có thể sử dụng một vài phương pháp khác nhau không có trong tiêu chuẩn này nếu có sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Các phương pháp thay thế không nhất thiết phải cung cấp các phép đo tương đương.

Tiêu chuẩn này không áp dụng để đo lường các sản phẩm hoặc các quá trình trong phòng sạch hoặc thiết bị phân tách.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là cần thiết để áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 8664-1:2011 (ISO 14644-1:1999) *Phòng sạch và môi trường kiểm soát liên quan – Phần 1: Phân loại độ sạch không khí.*

TCVN 8664-2:2011 (ISO 14644-2:2000) *Phòng sạch và môi trường kiểm soát liên quan – Phần 2: Yêu cầu kỹ thuật để thử nghiệm và theo dõi nhằm chứng minh sự phù hợp liên tục với TCVN 8664-1*

(ISO 14644-1).

TCVN 8664- 4:2011 (ISO 14644-4:2001) *Phòng sạch và môi trường kiểm soát liên quan – Phần 4: Thiết kế, xây dựng và khởi động.*

ISO 7726:1998 *Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities (Khoa nghiên cứu về lao động trong môi trường nhiệt – Dụng cụ để đo chất lượng vật lý)*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các định nghĩa sau

3.1 Quy định chung

3.1.1

Phòng sạch (cleanroom)

Phòng có nồng độ hạt trong không khí được kiểm soát, và được xây dựng và sử dụng để giảm thiểu đưa vào, tạo ra và lưu giữ các hạt bên trong phòng, trong đó các thông số liên quan khác, như nhiệt độ, độ ẩm và áp suất được kiểm soát khi cần

[TCVN 8664 -1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.1.1]

3.1.2

Vùng sạch (clean zone)

Không gian dành riêng trong đó nồng độ hạt trong không khí được kiểm soát, và được xây dựng và sử dụng để giảm thiểu đưa vào, tạo ra và lưu giữ các hạt bên trong phòng, trong đó các thông số liên quan khác, như nhiệt độ, độ ẩm và áp suất được kiểm soát khi cần

CHÚ THÍCH Vùng này có thể được mở hoặc đóng và có thể không được đặt trong phạm vi phòng sạch.

[TCVN 8664-1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.1.2]

3.1.3

Lắp đặt (installation)

Phòng sạch hoặc một hoặc nhiều vùng sạch, cùng với mọi kết cấu liên quan, các hệ thống xử lý không khí, các dịch vụ và tiện ích

[TCVN 8664 -1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.1.3]

3.1.4

Thiết bị phân tách (separative device)

Trang bị sử dụng làm phương tiện cấu trúc và động lực để tạo nên các mức đảm bảo cho sự phân tách giữa bên trong và bên ngoài của một thể tích xác định

CHÚ THÍCH Một số ví dụ ngành công nghiệp cụ thể của thiết bị phân tách như là tủ hút, thùng chứa, bộ cách ly và môi trường nhỏ.

3.2 Đo hạt trong không khí

3.2.1

Máy tạo sol khí (aerosol generator)

Dụng cụ có khả năng tạo ra vật chất dạng hạt có dải kích thước thích hợp (tức là 0,05 μm đến 2 μm) tại một nồng độ cố định có thể được tạo ra bởi các phương tiện nhiệt, thủy lực, khí nén, âm học hoặc tĩnh điện

3.2.2

Hạt trong không khí (airbone particle)

Vật thể rắn hoặc thể lỏng lơ lửng trong không khí có thể nhìn thấy hoặc không nhìn thấy, có kích thước (cho mục đích của tiêu chuẩn này) từ 1 nm đến 100 μm .

CHÚ THÍCH Đối với mục đích phân loại, tham khảo TCVN 8664-1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.2.1.

3.2.3

Đường kính trung bình của hạt đếm được (count median particle diameter)

CDM

Đường kính trung bình của hạt trên cơ sở số lượng hạt

CHÚ THÍCH Đối với trung bình đếm được, một nửa số hạt được phân bố bởi các hạt có kích thước nhỏ hơn kích thước trung bình đếm được, và một nửa là các hạt lớn hơn kích thước trung bình đếm được.

3.2.4

Hạt thô (macroparticle)

Hạt có đường kính tương đương lớn hơn 5 μm

[TCVN 8664-1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.2.6]

3.2.5

Ký hiệu M (M descriptor)

Nồng độ các hạt thô đo được hoặc quy định trong mét khối không khí, được biểu thị trong phạm vi đường kính tương đương là đặc trưng của phương pháp đo đã sử dụng

CHÚ THÍCH Ký hiệu M có thể được xem như là một giới hạn trên đối với mức trung bình tại những vị trí lấy mẫu (hoặc như là một giới hạn riêng trên phụ thuộc vào số lượng vị trí lấy mẫu đã sử dụng để đặc trưng cho phòng sạch hoặc vùng sạch). Ký hiệu M không được sử dụng để xác định cấp độ sạch hạt trong không khí, nhưng chúng có thể được nêu ra một cách độc lập hoặc kết hợp với cấp độ sạch hạt trong không khí.

[TCVN 8664-1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.3.2]

3.2.6

Đường kính hạt trung bình khối lượng (mass median particle diameter).

MMD

Đường kính trung bình của hạt trên cơ sở khối lượng hạt

CHÚ THÍCH Đối với trung bình khối lượng, một nửa khối lượng được phân bố bởi các hạt có kích thước nhỏ hơn kích thước trung bình khối lượng, và một nửa là các hạt lớn hơn kích thước trung bình khối lượng.

3.2.7

Nồng độ hạt (particle concentration)

Số lượng hạt riêng rẽ có trong một đơn vị thể tích không khí

[TCVN 8664 -1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.2.3]

3.2.8

Kích thước hạt (particle size)

Đường kính của một khối cầu có thể tạo ra phản ứng đối với một thiết bị đo kích thước cho trước, phản ứng này tương đương với phản ứng tạo bởi hạt đang được đo

CHÚ THÍCH Đối với thiết bị tán xạ ánh sáng, sử dụng đường kính quang học tương đương để đếm các hạt rời rạc.

[TCVN 8664-1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.2.2]

3.2.9

Phân bố kích thước hạt (particle size distribution)

Phân bố lũy tích của nồng độ hạt là hàm của kích thước hạt

[TCVN 8664-1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.2.4]

3.2.10

Sol khí thử (test aerosol)

Sol khí của các hạt thể rắn và/hoặc thể lỏng có sự phân bố kích thước và nồng độ đã biết hoặc kiểm soát được

3.2.11

Ký hiệu U (U descriptor)

Nồng độ các hạt siêu mịn đo được hoặc quy định trong mét khối không khí

CHÚ THÍCH Ký hiệu U có thể được xem như là một giới hạn trên đối với mức trung bình tại những vị trí lấy mẫu (hoặc như là một giới hạn riêng trên phụ thuộc vào số lượng vị trí lấy mẫu được sử dụng để đặc trưng cho phòng sạch hoặc vùng sạch). Ký hiệu U không được sử dụng để xác định cấp độ sạch hạt trong không khí, nhưng chúng có thể được nêu ra một cách độc lập hoặc kết hợp với cấp độ sạch hạt trong không khí.

[TCVN 8664-1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.3.1]

3.2.12

Hạt siêu mịn (ultrafine particle)

Hạt có đường kính tương đương nhỏ hơn 0,1 μm

[TCVN 8664-1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.2.5]

3.3 Bộ lọc không khí và hệ thống

3.3.1

Kiểm chứng bằng sol khí (aerosol challenge)

Sự kiểm chứng bằng sol khí của bộ lọc hoặc hệ thống bộ lọc đã lắp đặt bằng hơi lỏng thử

3.3.2**Rò rỉ ấn định (designated leak)**

Thẩm thấu cho phép lớn nhất được xác định theo thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp thông qua rò rỉ có thể phát hiện trong quá trình quét lắp đặt với máy đếm hạt rời rạc hoặc quang kế sol khí

3.3.3**Hệ thống pha loãng (dilution system)**

Hệ thống nơi mà sol khí dạng khí được pha trộn với không khí pha loãng các hạt tự do trong một tỷ lệ thể tích đã biết để giảm bớt nồng độ

3.3.4**Hệ thống lọc (filter system)**

Hệ thống gồm máy lọc, khung và dàn đỡ hoặc khung bảo vệ khác

3.3.5**Bộ lọc cuối (final filter)**

Bộ lọc ở vị trí cuối cùng trước khi không khí vào phòng sạch

3.3.6**Hệ thống lọc đã lắp đặt (installed filter system)**

Hệ thống lọc đã đóng vào trần nhà, tường, bộ máy hoặc đường ống

3.3.7**Thử rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt (installed filter system leakage test)**

Phép thử được thực hiện để khẳng định rằng các bộ lọc đã được lắp đúng bằng cách thẩm tra không có rò rỉ trong lắp đặt, và các bộ lọc và hệ thống mạng lưới là không có khiếm khuyết và rò rỉ

3.3.8**Rò rỉ (leak)**

(của hệ thống lọc không khí) sự thâm nhập của chất nhiễm bẩn vượt quá giá trị dự kiến của nồng độ ở phía dòng ra do thiếu nguyên vẹn hoặc có các khiếm khuyết

3.3.9**Quét (scanning)**

Phương pháp để phát hiện rò rỉ trong các bộ lọc và các bộ phận của hệ thống, qua đó đầu vào cực dò của quang kế sol khí hoặc máy đếm hạt rời rạc chuyển động xuyên qua vùng thử xác định

3.3.10**Thâm nhập rò rỉ chuẩn (standard leak penetration)**

Thâm nhập rò rỉ được phát hiện bằng máy đếm hạt rời rạc hoặc quang kế sol khí có lưu lượng dòng mẫu mẫu chuẩn khi dụng cụ cảm biến lấy mẫu đặt tĩnh tại trước chỗ rò rỉ

CHÚ THÍCH Sự thâm nhập là tỷ số của nồng độ hạt ở phía dòng ra của máy lọc với nồng độ ở phía dòng vào.

3.4 Dòng không khí và các trạng thái vật lý khác

3.4.1

Tốc độ trao đổi không khí (air exchange rate)

Tốc độ trao đổi không khí được biểu thị là số lần thay đổi không khí trong đơn vị thời gian và được tính bằng cách chia thể tích không khí đã cung cấp trong đơn vị thời gian cho thể tích của khoảng trống sử dụng

3.4.2

Lưu lượng khí trung bình (average airflow rate)

Thể tích trung bình của không khí trong đơn vị thời gian, để xác định tốc độ thay đổi không khí trong phòng sạch hoặc vùng sạch

CHÚ THÍCH Lưu lượng khí được biểu thị bằng mét khối trên giờ (m^3/h).

3.4.3

Mặt phẳng đo (measuring plane)

Diện tích mặt cắt ngang để thử nghiệm và đo lường các thông số tính năng như lưu lượng dòng mẫu khí

3.4.4

Dòng không khí không đẳng hướng (non-unidirectional airflow)

Phân bố không khí khi cung cấp không khí vào vùng sạch trộn lẫn với không khí bên trong bằng phương tiện quy nạp

[TCVN 8664-4:2011 (ISO 14644-4:2002), 3.6]

3.4.5

Lưu lượng không khí cung cấp (supply airflow rate)

Thể tích không khí được cấp vào trong lắp đặt từ bộ lọc cuối hoặc ống dẫn khí trong đơn vị thời gian

3.4.6

Lưu lượng không khí tổng (total airflow rate)

Thể tích không khí chuyển qua một tiết diện lắp đặt trong đơn vị thời gian

3.4.7

Dòng không khí đẳng hướng (unidirectional airflow)

Dòng không khí được kiểm soát qua toàn bộ tiết diện ngang của vùng sạch có tốc độ không đổi và luồng khí gần như song song

CHÚ THÍCH Dòng không khí kiểu này tạo ra sự vận chuyển trực tiếp của các hạt khỏi vùng sạch.

[TCVN 8664-4:2011 (ISO 14644-4:2002), 3.11]

3.4.8

Độ đồng đều của dòng không khí (uniformity of airflow)

Kiểu dòng không khí đẳng hướng trong đó các số đọc giữa các điểm về tốc độ ở trong phạm vi tỷ lệ

phần trăm xác định của tốc độ trung bình dòng không khí

3.5 Đo tĩnh điện

3.5.1

Thời gian phóng điện (discharge time)

Thời gian yêu cầu để giảm điện áp đến mức, dương hoặc âm, theo đó bản theo dõi dẫn điện cách ly bắt đầu được nạp điện

3.5.2

Điện áp bù (offset voltage)

Điện áp được tích lũy lên bản dẫn được cách ly không nạp điện khi đó bản được đặt vào môi trường không khí iôn hoá

3.5.3

Đặc tính tiêu tan tĩnh (static-dissipative property)

Khả năng về giảm tĩnh điện trên bề mặt làm việc hoặc bề mặt sản phẩm, do độ dẫn hoặc cơ học khác đến một giá trị đặc biệt hoặc đến mức nạp zero danh định

3.5.4

Mức điện áp bề mặt (surface voltage level)

Mức điện áp âm hoặc dương của nạp tĩnh điện lên bề mặt làm việc hoặc bề mặt sản phẩm được chỉ thị bằng cách sử dụng thiết bị phù hợp

3.6 Dụng cụ đo và điều kiện đo

3.6.1

Quang kế sol khí (aerosol photometer)

Dụng cụ đo nồng độ khối lượng hạt trong không khí tán xạ ánh sáng trong đó có sử dụng khoang quang học tán xạ ánh sáng ở phía trước

3.6.2

Lấy mẫu không tương đồng động học (anisokinetic sampling)

Điều kiện lấy mẫu trong đó tốc độ trung bình của không khí hướng vào đầu dò mẫu là khác đáng kể với tốc độ trung bình của dòng không khí đẳng hướng tại vị trí đó

3.6.3

Bộ va chạm theo đợt (cascade impactor)

Dụng cụ lấy mẫu gồm các hạt từ sol khí có sử dụng nguyên tắc va chạm mạnh nhờ vào một loạt bề mặt vành góp

CHÚ THÍCH Mỗi bề mặt vành góp kế tiếp đặt vào một dòng sol khí có tốc độ cao hơn dòng đặt trước, như vậy cho phép thu gom được các hạt nhỏ hơn

3.6.4

Máy đếm nhân ngưng tụ (condensation nucleus counter)

CNC

Dụng cụ có khả năng phóng to các hạt cực mịn bằng phương tiện ngưng tụ để đếm liên tục có sử dụng kỹ thuật đếm hạt bằng quang học

3.6.5

Lưu lượng mẫu (counting efficiency)

Tỷ số của nồng độ dự kiến các hạt trong khoảng kích thước đã nêu và nồng độ thực của các hạt này

3.6.6

Máy phân tích vi phân di động (differential mobility analyzer)

Dụng cụ để đo phân bố kích thước hạt trên cơ sở điện động của các hạt

3.6.7

Yếu tố pin phân xạ (diffusion battery element)

Thành phần riêng lẻ từ một dụng cụ định kích thước hạt nhiều giai đoạn, vận hành trên nguyên tắc phân xạ để lấy ra các hạt nhỏ hơn khỏi dòng sol khí

3.6.8

Máy đếm hạt rời rạc (discrete-particle counter)

DPC

Thiết bị có phương tiện hiển thị và ghi lại tổng số đếm và kích thước của các hạt rời rạc (có tách lọc kích thước) cho thể tích không khí cụ thể

3.6.9

Tổng số đếm sai (false count)

Tổng số đếm nhiễu (background noise count)

Tổng số đếm zero (zero count)

Tổng số đếm do máy đếm hạt rời rạc đưa ra do tín hiệu điện tử không mong đợi bên ngoài hoặc bên trong khi không tồn tại các hạt

3.6.10

Phễu hút có lưu lượng kế (flowhood with flowmeter)

Thiết bị có dụng cụ đo trực tiếp thể tích dòng khí tại mỗi bộ lọc cuối hoặc bộ pha loãng không khí trong lắp đặt dựng lên để che phủ hoàn toàn bộ lọc hoặc bộ khuếch tán

3.6.11

Lấy mẫu đồng trục (iso-axial sampling)

Điều kiện lấy mẫu trong đó chiều của dòng không khí hướng vào đầu vào của đầu dò mẫu cùng chiều với dòng không khí đang hướng đang được lấy mẫu

3.6.12**Lấy mẫu đồng động học (isokinetic sampling)**

Điều kiện lấy mẫu trong đó tốc độ trung bình của không khí đi vào đầu vào của đầu dò mẫu đo cùng tốc độ trung bình với dòng không khí không đẳng hướng đang được lấy mẫu

3.6.13**Dụng cụ tách cỡ hạt (partical size cutoff device)**

Dụng cụ có khả năng rút ra các hạt nhỏ hơn các hạt quan tâm đã bị nhập vào đầu vào của DPC hoặc CNC

3.6.14**Kích thước ngưỡng (threshold size)**

Kích thước hạt nhỏ nhất đã chọn để đo nồng độ các hạt lớn hơn hoặc bằng kích thước đó

3.6.15**Đo cỡ hạt bay (time-to-flight size measurement)**

Đo kích thước hạt khí động lực xác định bằng thời gian yêu cầu để di chuyển qua khoảng cách của hai mặt phẳng cố định

CHÚ THÍCH Phép đo này sử dụng tốc độ hạt thay đổi khi hạt bị đưa vào dòng chảy có tốc độ khác nhau.

3.6.16**Va chạm ảo (virtual impactor)**

Thiết bị phân tách cỡ hạt bằng lực quán tính để va chạm lên bề mặt giả định (quán tính)

CHÚ THÍCH Các hạt lớn xuyên qua bề mặt vào một thể tích ứ đọng và các hạt nhỏ được đảo thải với phần chủ yếu của dòng không khí ban đầu.

3.6.17**Bản đối chứng (witness plate)**

Bề mặt có diện tích xác định làm bằng vật liệu nhạy với nhiễm bẩn sử dụng thay cho việc đánh giá trực tiếp một bề mặt cụ thể không tới gần được hoặc quá nhạy khi được xử lý

3.7 Trạng thái**3.7.1****Trạng thái thiết lập (as-built)**

Trạng thái trong đó việc lắp ráp được hoàn thành với tất cả các dịch vụ có liên quan và thực hiện chức năng nhưng không liên quan đến sự hiện diện của thiết bị, vật liệu và nhân viên

[TCVN 8664 -1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.4.1]

3.7.2**Trạng thái nghỉ (at-rest)**

Trạng thái trong đó việc lắp ráp được hoàn thành với thiết bị đã được lắp đặt xong và đưa vào hoạt động theo phương thức đã thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, nhưng không có sự hiện diện của nhân viên

[TCVN 8664 -1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.4.2]

3.7.3

Trạng thái vận hành (operation)

Trạng thái trong đó việc lắp đặt đang thực hiện chức năng theo cách thức đã quy định với số lượng nhân viên quy định hiện diện và làm việc theo cách đã thoả thuận ở trên

[TCVN 8664 -1:2011 (ISO 14644-1:1999), 2.4.3]

4 Quy trình thử**4.1 Phép thử phòng sạch****4.1.1 Phép thử yêu cầu**

Phải tiến hành phép thử đếm hạt trong không khí để phân loại lắp đặt theo TCVN 8664-1 (ISO 14644-1) tại những khoảng thời gian đã quy định trong TCVN 8664-2 (ISO 14644-2)

Bảng 1 – Phép thử yêu cầu cho lắp đặt

| Phép thử yêu cầu | Tham khảo trong TCVN ...-3:2010 (ISO 14644-3:2005) | | | Tham khảo trong |
|---|---|----------------|----------|--|
| | Nguyên tắc | Cách tiến hành | Thiết bị | |
| Đếm hạt trong không khí để phân loại và phép thử của phòng sạch và dụng cụ làm sạch không khí | 4.2.1 | B.1 | C.1 | TCVN 8664-1 (ISO 14644-1) và TCVN 8664-2 (ISO 14644-2) |

4.1.2 Phép thử tùy chọn

Bảng 2 liệt kê các phép thử thích hợp để thử nghiệm cho việc lắp đặt. Những phép thử này có thể được áp dụng cho một trong ba trạng thái xuất hiện ấn định. Những phép thử này có thể không gồm tất cả, hoặc có thể gồm tất cả các phép thử đã yêu cầu cho mọi dự án chứng nhận đã nêu ra. Phép thử và phương pháp thử phải được lựa chọn theo cách thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Những phép thử đã chọn cũng có thể được lặp lại trên cơ sở định kỳ như là một phần của chương trình theo dõi thường xuyên [xem TCVN 8664-2 (ISO 14644-2)]. Hướng dẫn để lựa chọn các phép thử và bản liệt kê những mục cần kiểm tra của các phép thử được nêu trong Phụ lục A. Các phương pháp thử được phác thảo trong Phụ lục B.

Các phương pháp thử mô tả trong Phụ lục B chỉ được phác thảo ở dạng mẫu. Phương pháp cụ thể được triển khai để đáp ứng các yêu cầu của ứng dụng riêng.

Bảng 2 – Phép thử tùy chọn cho lắp đặt

| Phép thử yêu cầu | Tham khảo trong TCVN 8664-3:2011 (ISO 14644-3:2005) | | | Tham khảo trong |
|--|--|----------------|----------|--|
| | Nguyên tắc | Cách tiến hành | Thiết bị | |
| Tổng số đếm hạt trong không khí đối với hạt siêu mịn | 4.2.1 | B.2 | C.2 | TCVN 8664-1 (ISO 14644-1) |
| Tổng số đếm hạt trong không khí đối với hạt thô | 4.2.1 | B.3 | C.3 | TCVN 8664-1 (ISO 14644-1) |
| Phép thử dòng không khí ^a | 4.2.2 | B.4 | C.4 | TCVN 8664-1 (ISO 14644-1) và TCVN 8664-2 (ISO 14644-2) |
| Phép thử chênh áp không khí ^a | 4.2.3 | B.5 | C.5 | TCVN 8664-1 (ISO 14644-1) và TCVN 8664-2 (ISO 14644-2) |
| Phép thử rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt | 4.2.4 | B.6 | C.6 | TCVN 8664-2 (ISO 14644-2) |
| Phép thử hướng dòng khí và sự nhìn thấy được | 4.2.5 | B.7 | C.7 | TCVN 8664-2 (ISO 14644-2) |
| Phép thử nhiệt độ | 4.2.6 | B.8 | C.8 | ISO 7726 |
| Phép thử độ ẩm | 4.2.6 | B.9 | C.9 | ISO 7726 |
| Phép thử tĩnh điện và phát ion | 4.2.7 | B.10 | C.10 | |
| Phép thử lắng đọng hạt | 4.2.8 | B.11 | C.11 | |
| Phép thử độ thu hồi | 4.2.9 | B.12 | C.12 | TCVN 8664-2 (ISO 14644-2) |
| Phép thử ngăn chặn rò rỉ | 4.2.10 | B.13 | C.13 | TCVN 8664-1 (ISO 14644-1) và TCVN 8664-2 (ISO 14644-2) |

^a Đây là phép thử yêu cầu trên cơ sở TCVN 8664-2 (ISO 14644-2). Các phép thử tùy chọn không biểu thị tầm quan trọng. Trình tự trong đó các phép thử được thực hiện có thể dựa trên yêu cầu của một văn bản cụ thể hoặc sau khi thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

4.2 Nguyên tắc

4.2.1 Tổng số đếm hạt trong không khí

Thực hiện phép thử này để xác định độ sạch không khí và có thể gồm ba phần như sau

- a) phép thử để phân loại (xem B.1);
- b) phép thử đối với hạt siêu mịn (tùy chọn) (xem B.2);
- c) phép thử đối với hạt thô (tùy chọn) (xem B.3).

Các phép thử b) và c) có thể sử dụng cho mục đích mô tả hoặc là cơ sở đối với một yêu cầu cụ thể nhưng không sử dụng cho mục đích phân loại.

4.2.2 Phép thử dòng không khí

Phép thử này được thực hiện để xác định nguồn cung cấp lưu lượng dòng mẫu không khí trong một phòng sạch đối hướng và phân bố tốc độ không khí trong một phòng sạch không đối hướng. Diễn hình, thử nghiệm lưu lượng dòng mẫu không khí hoặc lưu lượng dòng không khí sẽ được thực hiện trong chỉ một khuôn khổ: tốc độ trung bình, lưu lượng trung bình của dòng không khí hoặc tổng lưu lượng của dòng không khí. Tổng lưu lượng dòng không khí, lần lượt có thể được sử dụng để xác định tốc độ thay đổi không khí (thay đổi không khí trong một giờ) cho một lớp đặt đối hướng. Tốc độ không khí được xác định trong các phòng sạch không đối hướng. Quy trình thử về phép thử dòng không khí nêu trong B.4.

4.2.3 Phép thử chênh áp không khí

Mục đích của phép thử chênh áp không khí là kiểm tra khả năng của hệ thống phòng sạch để duy trì chênh áp giữa hệ thống lắp đặt với vùng bao quanh nó. Thực hiện phép thử chênh áp không khí sau khi lắp đặt đã đáp ứng tiêu chí chấp nhận về tốc độ hoặc thể tích dòng không khí, độ đồng đều của dòng không khí và các phép thử có thể áp dụng khác. Chi tiết của phép thử chênh áp không khí nêu trong B.5.

4.2.4 Phép thử rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt

Thực hiện các phép thử này để khẳng định rằng hệ thống lọc không khí hiệu suất cao đã được lắp đặt đúng bằng cách kiểm tra sự không có lỗ phun rò rỉ trong lắp đặt, và các bộ lọc không có hư hỏng (lỗ thủng nhỏ và các hư hỏng khác trong môi trường lọc và vòng đệm khung đỡ) và những rò rỉ (rò rỉ lỗ phun trong khung đỡ và vòng đệm bộ lọc, rò rỉ trong khung dây bộ lọc). Các phép thử này không kiểm tra hiệu suất của hệ thống. Thực hiện các phép thử này bằng cách tiến hành kích thích sol khí phía dòng vào bộ lọc và phía dòng ra bộ lọc, khung đỡ hoặc lấy mẫu ở một đường ống phía dòng ra. Hai kỹ thuật phát hiện rò rỉ khác nhau nêu trong B.6.

4.2.5 Phép thử hướng dòng khí và sự nhìn thấy được

Mục đích các phép thử này để khẳng định rằng chiều của dòng không khí hoặc mô hình dòng không khí hoặc cả hai liên quan đến các đặc tính thiết kế và tính năng. Nếu yêu cầu, các đặc tính không gian của dòng không khí trong lắp đặt cũng có thể được khẳng định. Quy trình cho phép thử này nêu trong B.7.

4.2.6 Phép thử độ đồng đều nhiệt độ và độ ẩm

Mục đích của các phép thử này là chứng minh khả năng của hệ thống phòng sạch đã xử lý không khí để duy trì các mức nhiệt độ và độ ẩm (biểu thị bằng độ ẩm tương đối hoặc điểm sương) trong phạm vi các giới hạn kiểm soát trong khoảng thời gian được quy định bởi khách hàng đối với vùng đưa thử. Quy trình cho những phép thử này được nêu trong B.8 và B.9.

4.2.7 Phép thử tĩnh điện và phát ion

Mục đích của các phép thử này là đánh giá mức điện áp tĩnh điện lên các đối tượng, các tính chất tiêu tán tĩnh của vật liệu và tính năng của máy phát ion (máy ion hoá) sử dụng để kiểm tra tĩnh điện trong lắp đặt. Thử nghiệm tĩnh điện được thực hiện để đánh giá mức điện áp trên bề mặt làm việc và sản

phẩm, tính chất tiêu tán tĩnh của các sàn, mặt trên của bàn thợ, v.v. Phép thử máy phát ion được thực hiện để đánh giá tính năng phát ion trong việc khử tích tĩnh trên các bề mặt. Các quy trình cho phép thử này nêu trong B.10.

4.2.8 Phép thử lắng đọng hạt

Mục đích của phép thử này là để đo định lượng (số lượng hoặc khối lượng) hoặc hiệu quả (phân tán ánh sáng hoặc diện tích bao phủ) của các hạt lắng đọng trên bề mặt tại một định hướng bất kỳ. Một số quy trình về phép thử này nêu trong B.11.

4.2.9 Phép thử độ thu hồi

Phép thử độ thu hồi được thực hiện để xác định liệu việc lắp đặt có khả năng điều hướng lại đến mức độ sạch đã quy định trong phạm vi thời gian hạn chế, sau khi nhanh chóng đặt vào một nguồn kích thích hạt trong không khí. Phép thử này không khuyến cáo cho các lắp đặt dòng không khí không đổi hướng. Quy trình cho phép thử này nêu trong B.12.

Khi sử dụng sol khí nhân tạo, phải ngăn ngừa tạp chất ô nhiễm của việc lắp đặt.

4.2.10 Phép thử rò rỉ ô nhiễm

Phép thử này được thực hiện để xác định nếu có sự thâm nhập của không khí chưa được làm sạch vào trong phòng sạch hoặc vùng sạch từ bên ngoài của vỏ bọc phòng sạch hoặc vùng sạch qua các khớp nối, đường nối, các ô cửa và trần điều áp. Quy trình về phép thử này nêu trong B.13.

5 Báo cáo thử nghiệm

Kết quả mỗi phép thử phải được ghi lại trong một biên bản thử và biên bản thử gồm các thông tin sau:

- a) tên và địa chỉ của tổ chức thử nghiệm, ngày tiến hành phép thử;
- b) viện dẫn tiêu chuẩn này;
- c) nhận biết rõ ràng vị trí của phòng sạch hoặc vùng sạch (bao gồm vùng liền kề nếu cần) và các chỉ định cụ thể về tọa độ của điểm lấy mẫu;
- d) tiêu chí chỉ định cụ thể đối với phòng sạch hoặc vùng sạch, gồm sự cấp phân loại, trạng thái và kích thước hạt xem xét.
- e) chi tiết về phương pháp thử đã sử dụng, với mọi điều kiện riêng liên quan đến phép thử hoặc sự khởi đầu của phương pháp thử, nhận dạng thiết bị thử và chứng chỉ hiệu chuẩn hiện hành;
- f) kết quả thử gồm số liệu được báo cáo như đã yêu cầu trong các điều có liên quan của Phụ lục B, và lời công bố về sự phù hợp với sự ấn định đã yêu cầu;
- g) các yêu cầu riêng bất kỳ khác đã xác định có liên quan với các điều của Phụ lục B đối với các phép thử cụ thể.

Phụ lục A
(tham khảo)

**Chọn các phép thử đã giới thiệu của một lắp đặt
và tần số thực hiện các phép thử này**

A.1 Quy định chung

Các quy trình thử mô tả trong phụ lục này có thể sử dụng để chứng minh sự phù hợp với các tiêu chí tính năng của lắp đặt do người sử dụng quy định và để thực hiện thử nghiệm định kỳ.

Lựa chọn phép thử có thể dựa trên một phần các yếu tố như bản thiết kế lắp đặt, các trạng thái vận hành và mức độ yêu cầu của chứng chỉ.

Tần số của các phép thử phải được xác định trước giữa khách hàng và nhà cung cấp để giảm thiểu tổn phí trong trường hợp không phù hợp.

A.2 Danh sách kiểm tra

Bảng A.1 cung cấp một danh mục các phép thử và thiết bị. Chi tiết của tần số thử phải được quyết định trên cơ sở thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Bảng A.1 – Danh sách các phép thử đề nghị và tần số của chúng cho một lắp đặt sạch

| Chọn quy trình thử và tần số ^a thử | Cách tiến hành | Quy trình thử tham khảo | Chọn thiết bị thử ^b | Thiết bị thử | Thiết bị tham khảo | Bình luận |
|---|---|-------------------------|--------------------------------|--|--------------------|-----------|
| | Đếm hạt trong không khí để phân loại và phép thử đo lường | B.1 | | Máy đếm hạt rời rạc (DPC) | C.1 | |
| | Đếm hạt trong không khí đối với các hạt thô | B.2 | | Máy đếm nhân ngưng tụ (CNC) | C.2.1 | |
| | | | | Máy đếm hạt rời rạc (DPC) | C.2.2 | |
| | | | | Dụng cụ tách kích thước hạt | C.2.3 | |
| | Đếm hạt trong không khí đối với các hạt thô | B.3 | | | C.3 | |
| | Đếm hạt trong không khí đối với hạt thô có thu gom hạt | B.3.3.1 | | Đo dưới kính hiển vi trên giấy lọc thu gom | C.3.1 | |
| | | | | Bộ va chạm theo đợt | C.3.2 | |
| | Đếm hạt trong không khí đối với hạt thô không thu gom hạt | B.3.3.3 | | Máy đếm hạt rời rạc (DPC) | C.3.3 | |
| | | | | Dụng cụ thời gian bay của hạt | C.3.4 | |

Bảng A.1 (tiếp theo)

| Chọn quy trình thử và tần số ^a | Quy trình thử | Quy trình thử tham khảo | Chọn thiết bị thử ^b | Thiết bị thử | Thiết bị tham khảo | Bình luận |
|---|---|-------------------------|---|------------------------------|--------------------|-----------|
| | Dòng không khí | B.4 | | | C.4 | |
| | Đo lưu lượng dòng mẫu không khí trong lắp đặt dòng không khí đẳng hướng | B.4.2.2 và B.4.2.3 | | Thiết bị đo gió nhiệt | C.4.1.1 | |
| | | | Thiết bị đo gió siêu âm, ba kích thước hoặc tương đương | C.4.1.2 | | |
| | | | Thiết bị đo gió kiểu van | C.4.1.3 | | |
| | | | Bộ dụng cụ đo tốc độ không khí và áp kế | C.4.1.4 | | |
| | Đo tốc độ cấp không khí trong lắp đặt dòng không khí đẳng hướng | B.4.3.3 | | Thiết bị đo gió nhiệt | C.4.1.1 | |
| | | | Thiết bị đo gió siêu âm, ba kích thước hoặc tương đương | C.4.1.2 | | |
| | | | Thiết bị đo gió kiểu van | C.4.1.3 | | |
| | | | Bộ dụng cụ đo tốc độ không khí và áp kế | C.4.1.4 | | |
| | Đo lưu lượng tổng dòng không khí phía dòng ra của bộ lọc đã lắp đặt | B.4.3.2 | | Hood meter thể tích hợp nhất | C.4.2.1 | |
| | | | Đồng hồ đo vòi phun | C.4.2.2 | | |
| | | | Đồng hồ Venturi | C.4.2.3 | | |
| | Đo lưu lượng dòng không khí trong ống cấp không khí | B.4.2.5 | | Hood meter thể tích hợp nhất | C.4.2.1 | |
| | | | Đồng hồ đo vòi phun | C.4.2.2 | | |
| | | | Đồng hồ Venturi | C.4.2.3 | | |
| | | | Bộ dụng cụ đo tốc độ không khí và áp kế | C.4.1.4 | | |
| | Đo độ chênh áp của không khí | B.5 | | Vi áp kế điện tử | C.5.1 | |
| | | | Áp kế nghiêng | C.5.2 | | |
| | | | Đồng hồ cơ đo áp suất vi sai | C.5.3 | | |
| | Rò rỉ bộ lọc đã lắp đặt | B.6 | | | C.6 | |
| | Quét rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt | B.6.2 và B.6.3 | | Quang kế sol khí tuyến tính | C.6.1.1 | |
| | | | Quang kế sol khí logarit | C.6.1.2 | | |
| | | | Máy đếm hạt rời rạc (DPC) | C.6.2 | | |
| | | | Máy tạo sol khí | C.6.3 | | |
| | | | Chất nguồn sol khí | C.6.4 | | |
| | | | Hệ thống pha loãng | C.6.5 | | |
| | | | Máy đếm nhân ngưng tụ | C.2.1 | | |

Bảng A.1 (tiếp theo)

| Chọn quy trình thử và tần số ^a | Quy trình thử | Quy trình thử tham khảo | Chọn thiết bị thử ^b | Thiết bị thử | Thiết bị tham khảo | Bình luận |
|---|---|-------------------------|--------------------------------|--|--------------------|-----------|
| | Thử về bộ lọc lắp trong ống hoặc bộ xử lý không khí | B.6.4 | | Quang kế sol khí tuyến tính | C.6.1.1 | |
| | | | | Quang kế soi kính logarit | C.6.1.2 | |
| | | | | Máy đếm hạt rời rạc (DPC) | C.6.2 | |
| | | | | Máy tạo sol khí | C.6.3 | |
| | | | | Chất nguồn sol khí | C.6.4 | |
| | | | | Hệ thống pha loãng | C.6.5 | |
| | | | | Máy đếm nhân ngưng tụ | C.2.1 | |
| | Hướng dòng không khí và hình dung | B.7 | | Bộ tạo vết | C.7.1 | |
| | | | | Thiết bị đo gió nhiệt | C.7.2 | |
| | | | | Thiết bị đo gió siêu âm, ba kích thước | C.7.3 | |
| | | | | Máy tạo sol khí | C.7.4 | |
| | | | | Máy tạo sương mù | C.7.4 | |
| | Nhiệt độ | B.8 | | | C.8 | |
| | Nhiệt độ chung | B.8.2.1 | | Nhiệt kế thủy tinh | C.8.1 | |
| | | | | Nhiệt kế | C.8.2 | |
| | | | | Dụng cụ chịu nhiệt độ | C.8.3 | |
| | | | | Điện trở nhiệt | C.8.4 | |
| | Nhiệt độ hỗn hợp | B.8.2.2 | | Nhiệt kế thủy tinh | C.8.1 | |
| | | | | Nhiệt kế | C.8.2 | |
| | | | | Dụng cụ chịu nhiệt | C.8.3 | |
| | | | | Điện trở nhiệt | C.8.4 | |
| | Độ ẩm | B.9 | | Máy theo dõi ẩm, điện dung | C.9.1 | |
| | | | | Máy theo dõi ẩm, tóc | C.9.2 | |
| | | | | Cảm biến điểm sương | C.9.3 | |
| | | | | Máy đo ẩm | C.9.4 | |
| | Tính điện và máy tạo ion | B.10 | | | C.10 | |
| | Tính điện | B.10.2.1 | | Von kế tính điện | C.10.1 | |
| | | | | Ôm kế điện trở cao | C.10.2 | |
| | | | | Bộ theo dõi tấm tích điện | C.10.3 | |
| | Máy tạo ion | B.10.2.2 | | Von kế tính điện | C.10.1 | |
| | | | | Ôm kế điện trở cao | C.10.2 | |
| | | | | Bộ theo dõi tấm tích điện | C.10.3 | |

Bảng A.1 (kết thúc)

| Chọn quy trình thử và tần số ^a | Quy trình thử | Quy trình thử tham khảo | Chọn thiết bị thử ^b | Thiết bị thử | Thiết bị tham khảo | Bình luận |
|---|----------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------|-----------|
| | Lắng đọng hạt | B.11 | | Tám kiểm chứng | | |
| | | | | Kính hiển vi kép hai mắt | | |
| | | | | Quang kế hạt bụi phóng xạ | C.11.1 | |
| | | | | Đếm hạt bề mặt | C.11.2 | |
| | | | | Bộ tạo hạt | C.11.3 | |
| | Thu hồi | B.12 | | Máy đếm hạt rời rạc (DPC) | C.12.1 | |
| | | | | Máy tạo sol khí | C.12.2 | |
| | | | | Hệ thống pha loãng | C.12.3 | |
| | Rò rỉ ô nhiễm | B.13 | | | C.13 | |
| | Phương pháp DPC | B.13.2.1 | | Máy đếm hạt rời rạc (DPC) | C.13.1 | |
| | | | | Máy tạo sol khí | C.13.2 | |
| | | | | Hệ thống pha loãng | C.13.3 | |
| | Phương pháp quang kế | B.13.2.2 | | Quang kế | C.13.4 | |
| | | | | Máy tạo sol khí | C.13.2 | |
| ^a trong các ô của cột 1, người lập kế hoạch thử có thể ghi phương pháp thử theo tần số thử. | | | | | | |
| ^b trong cột thứ 4, người lập kế hoạch thử có thể chọn thiết bị thử theo phương pháp thử đã chọn. | | | | | | |

Phụ lục B

(tham khảo)

Phương pháp thử

B.1 Đếm hạt trong không khí để phân loại và đo thử

B.1.1 Nguyên tắc

Phương pháp thử này quy định đo nồng độ hạt trong không khí với sự phân bố độ hạt có kích thước ngưỡng từ 0,1 μm và 5 μm . Phép đo có thể thực hiện trong bất kỳ trạng thái nào trong số ba trạng thái thiết lập, nghỉ và vận hành. Thực hiện các phép đo để chứng nhận hoặc kiểm tra sự phân cấp độ sạch của lắp đặt phù hợp với TCVN 8664-1 (ISO 14644-1) hoặc để thực hiện đo lường định kỳ phù hợp với TCVN 8664-2 (ISO 14644-2). Quy trình nêu trong B.1 được phỏng theo IEST-G-CC 1001:1999^[11].

B.1.2 Quy trình thử

B.1.2.1 Quy định chung

Số điểm mẫu, lựa chọn vị trí, xác định phân loại vùng sạch và chất lượng của các dữ liệu yêu cầu phải phù hợp với TCVN 8664-1 (ISO 14644-1). B.1 cung cấp các phương pháp đối chứng để lấy mẫu không khí tại mỗi vị trí điểm mẫu. Các phương pháp thích hợp khác có độ chính xác tương đương và cung cấp các dữ liệu tương đương có thể sử dụng để thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Nếu không thoả thuận được phương pháp khác hoặc trong trường hợp có bất đồng, có thể sử dụng phương pháp đối chứng trong phụ lục này.

CHÚ THÍCH Khi thông tin chi tiết về thử nghiệm phòng sạch có yêu cầu sử dụng máy đếm hạt rời rạc hoặc thông tin tiếp theo về tiêu chuẩn DPC, có thể sử dụng các phương pháp chuẩn ^{[2],[3],[4],[11],[23],[24]}.

B.1.2.2 Quy trình đếm hạt trong không khí

Lắp đặt DPC tại điểm lấy mẫu đã quy định và tạo ra lưu lượng dòng DPC rồi chọn các ngưỡng kích thước hạt phù hợp với TCVN 8664-1 (ISO 14644-1). Phải lựa chọn cực dò lấy mẫu cho phép hạn chế lấy mẫu tương đồng trong diện tích có dòng đẳng hướng^[1]. Tốc độ cực dò mẫu không được khác với tốc độ không khí được lấy mẫu lớn hơn 20 %. Nếu điều đó không thể xảy ra, đặt đầu vào cực dò lấy mẫu ốp mặt vào trong hướng ưu thế của dòng không khí, trong những vị trí khi dòng không khí được lấy mẫu không được kiểm soát hoặc có thể dự báo (ví dụ dòng không khí không đẳng hướng), đầu vào của cực dò lấy mẫu phải trực tiếp hướng thẳng đứng lên. Ống xuyên từ đầu vào cực dò lấy mẫu tới dụng cụ cảm biến DPC phải càng ngắn càng tốt. Để lấy mẫu các hạt lớn hơn và bằng 1 μm , chiều dài ống xuyên phải không vượt quá chiều dài và đường kính do nhà chế tạo khuyến nghị.

Sai số lấy mẫu do mất các hạt nhỏ bởi sự khuếch tán và mất các hạt lớn do sa lắng và va chạm mạnh không được lớn hơn 5 %.

B.1.3 Thiết bị để đếm hạt trong không khí

Một máy DPC như mô tả trong C.1 có khả năng đếm và định cỡ hạt trong không khí có thể phân biệt cỡ hạt tương xứng với cấp lắp đặt đưa xem xét. DPC phải có khả năng hiển thị và ghi lại tổng số đếm hạt trong dải kích thước đó, và phải có chứng chỉ hiệu chuẩn còn giá trị, như mô tả trong C.1.

B.1.4 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin, dữ liệu và báo cáo thử sau đây trong Điều 5 phải được ghi lại để phân loại hoặc thử nghiệm lắp đặt:

- a) độ ồn nền của DPC;
- b) loại phép đo: phân loại hoặc thử theo dõi;
- c) phân loại độ sạch của lắp đặt;
- d) khoảng cỡ hạt và đếm;
- e) lưu lượng dòng mẫu đã lấy mẫu đầu vào DPC và lưu lượng dòng mẫu qua thể tích khoang;
- f) các vị trí lấy mẫu;
- g) cách thức lấy mẫu để phân loại hoặc kế hoạch lấy mẫu để theo dõi;
- h) trạng thái chiếm giữ;
- i) dữ liệu khác liên quan đến phép đo.

B.2 Đếm hạt trong không khí đối với các hạt siêu mịn

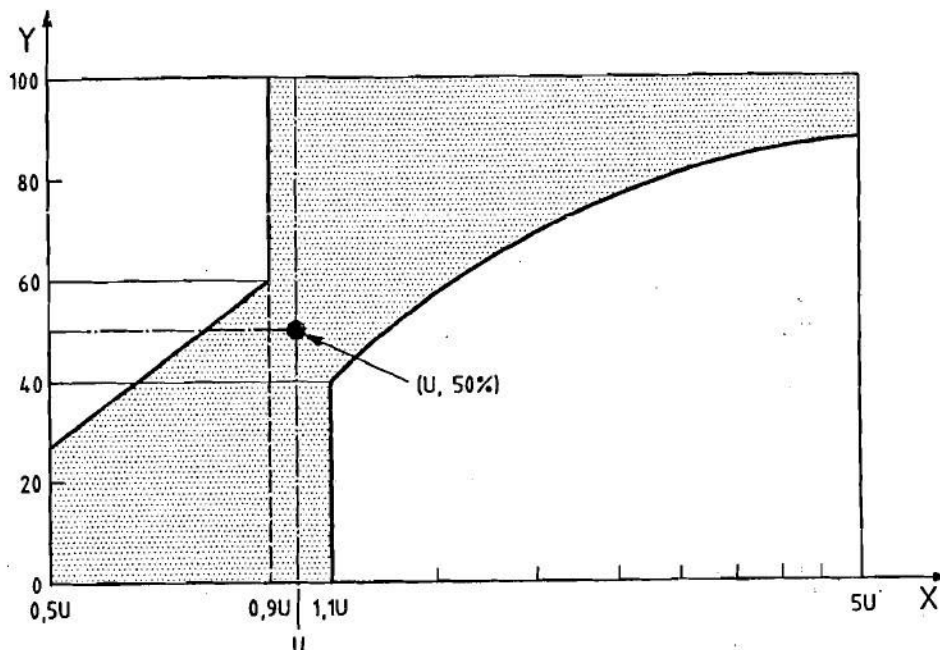
B.2.1 Nguyên tắc

B.2.1.1 Quy định chung

Phương pháp thử này quy định đo lường nồng độ hạt trong không khí với sự phân bố độ hạt có kích thước ngưỡng từ nhỏ hơn 0,1 μm ; nồng độ này chủ yếu là ký hiệu U. Quy trình nêu trong B.2 được phỏng theo IEST-G-CC 1001:1999^[11]. Phép đo có thể được thực hiện trong lắp đặt vùng sạch hoặc phòng sạch ở bất kỳ của ba trạng thái chiếm giữ chỉ định. Thực hiện các phép đo để xác định nồng độ các hạt cực mịn trong lắp đặt phù hợp với TCVN 8664-1 (ISO 14644-1), Phụ lục E, hoặc thực hiện các phép đo định kỳ phù hợp với TCVN 8664-2 (ISO 14644-2:2000).

B.2.1.2 Lưu lượng mẫu

Lưu lượng mẫu của hệ thống sử dụng để đo ký hiệu U phải rơi vào phạm vi vùng bao màu tối chỉ ra trong Hình B.1^[12]. Vùng này có thể chấp nhận tâm tính năng trên một lưu lượng mẫu là 50 % tại kích thước hạt cực mịn xác định, như chỉ ra kích thước "U". Nó gồm một dải dung sai là $\pm 10\%$ của kích thước hạt cực mịn, như chỉ ra kích thước "1,1U" và "0,9U" trên Hình B.1. Lưu lượng mẫu có thể chấp nhận tối thiểu và tối đa đối với các hạt trên và dưới $\pm 10\%$ của dải dung sai kích thước là cơ sở thâm nhập đã tính toán của một yếu tố khuếch tán có hiệu suất thâm nhập ít nhất là 40 % đối với hạt lớn hơn 10 % cỡ hạt cực mịn đã xác định và hiệu suất thâm nhập ít nhất là 60 % đối với hạt nhỏ hơn 10 % kích thước hạt cực mịn đã xác định.



CHÚ DẪN

X là kích thước hạt, μm

Y là lưu lượng mẫu, %

| | 0,5U | 0,9U | U | 1,1U | 5U |
|----------------|-------|-------|------|-------|------|
| Ví dụ U = 0,02 | 0,010 | 0,018 | 0,02 | 0,022 | 0,10 |
| Ví dụ U = 0,03 | 0,015 | 0,027 | 0,03 | 0,033 | 0,15 |
| Ví dụ U = 0,05 | 0,025 | 0,045 | 0,05 | 0,055 | 0,25 |

Hình B.1 – Vùng bọc có thể chấp nhận đối với lưu lượng mẫu của thiết bị đã chọn

Nếu DPC hoặc máy đếm nhân ngưng tụ (CNC) có đường cong lưu lượng mẫu hạ thấp về phía phải của vùng bọc trong Hình B.1, DPC hoặc CNC không được sử dụng để đo hoặc kiểm tra ký hiệu U. Nếu đường cong hạ thấp về phía trái của vùng bọc, lưu lượng mẫu có thể bị giảm do sự thay đổi với một dụng cụ tách kích thước hạt như mô tả trong B.2.1.3. Trong trường hợp này, lưu lượng mẫu của DPC hoặc CNC đã thay đổi khiến cho sản phẩm lưu lượng mẫu của DPC hoặc CNC không bị thay đổi và sự thâm nhập từng phần của dụng cụ tách kích thước hạt.

B.2.1.3 Dụng cụ tách kích thước hạt

Để đạt được đặc tính lưu lượng mẫu mong đợi đã yêu cầu phải đo hoặc kiểm tra ký hiệu U, dụng cụ tách kích thước hạt có thể được gắn vào đầu vào mẫu của DPC hoặc CNC, đường cong lưu lượng mẫu của vùng bao màu tối của Hình B.1. Đường cong lưu lượng mẫu của DPC và CNC kết hợp, đầu vào mẫu và dụng cụ tách kích thước hạt sẽ phải thay đổi để rơi trong phạm vi vùng bao màu tối yêu cầu của Hình B.1.

Dụng cụ tách kích thước hạt di chuyển các hạt nhỏ hơn kích thước xác định, giảm sự thâm nhập trong

một nguồn xác định. Sự khác biệt rộng rãi về kích thước và cấu hình của dụng cụ tách kích thước hạt là có sẵn và có thể chấp nhận, với điều kiện là chúng tạo ra các đặc tính thâm nhập yêu cầu. Để dụng cụ tách kích thước hạt thích hợp, có thể sử dụng pin phản xạ và bộ va chạm ảo. Sự thâm nhập là hàm của tính chất vật lý của hạt, cấu hình của dụng cụ và tốc độ thể tích dòng. Yêu cầu phải cẩn thận với mọi dụng cụ tách cỡ hạt để đảm bảo chúng chỉ được sử dụng tại lưu lượng dòng mẫu mà chúng đã được thiết kế và chúng được lắp đặt sao cho ngăn ngừa được sự tích nạp tĩnh điện. Có thể giảm thiểu tích lũy nạp bằng cách đảm bảo dụng cụ tách cỡ hạt được nối đất phù hợp.

B.2.2 Quy trình để đếm hạt cực mịn

Lắp đặt cực dò đầu vào mẫu của DPC hoặc CNC (với dụng cụ tách cấp hạt, nếu yêu cầu). Thử tích mẫu không khí yêu cầu của mỗi điểm mẫu và thực hiện đo đúng như yêu cầu trong TCVN 8664-1 (ISO 14644-1), Phụ lục B hoặc TCVN 8664-2 (ISO 14644-2). Lấy mẫu các hạt cực mịn với lưu lượng dòng mẫu lấy mẫu nhỏ và ống lấy mẫu dài có thể gây ra mất mát phản xạ đáng kể. Sai số lấy mẫu do mất mát các hạt cực mịn vì phản xạ không được lớn hơn 5 %. Tính toán nồng độ ký hiệu U trong dải kích thước hạt cực mịn, như thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, và báo cáo dữ liệu. Khi yêu cầu thông tin về sự ổn định về nồng độ hạt cực mịn, tiến hành ba hoặc nhiều hơn các phép đo tại những vị trí đã lựa chọn tại khoảng thời gian như thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.2.3 Dụng cụ để đếm hạt cực mịn

Sử dụng một máy DPC như mô tả trong C.3 hoặc CNC như mô tả trong C.2. Nếu sử dụng một DPC, nó phải có lưu lượng mẫu 50 % đối với các hạt cực mịn như xác định trong TCVN 8664-1 (ISO 14644-1), Phụ lục B và có khả năng về sai số xác định kích thước hạt đến ít nhất là 1 μm . Lưu lượng mẫu kích thước hạt ngưỡng của DPC hoặc CNC phải được xác định theo Hình B.1. Nếu sử dụng một DPC hoặc CNC có khả năng phát hiện các hạt nhỏ hơn kích thước mong đợi, phải sử dụng dụng cụ tách cỡ hạt có tính năng thâm nhập cỡ hạt đã biết như mô tả trong B.2.1.3.

B.2.4 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin, dữ liệu và báo cáo thử sau đây trong Điều 5 để đo ký hiệu U của lắp đặt vùng sạch:

- a) nhận biết về DPC hoặc CNC và dụng cụ tách cỡ hạt, nếu sử dụng, cùng tình trạng hiệu chuẩn;
- b) ngưỡng kích thước hạt cực mịn đã xác định đối với dữ liệu ký hiệu U;
- c) tốc độ đếm tiếng động nền của DPC, khi sử dụng;
- d) dữ liệu tính năng của dụng cụ tách cỡ hạt, khi yêu cầu;
- e) loại phép đo: đo ký hiệu U hoặc theo dõi;
- f) phân loại độ sạch lắp đặt;
- g) đầu vào hệ thống đo hạt cực mịn và tốc độ thể tích dòng;
- h) vị trí các điểm mẫu;

- i) kế hoạch lấy mẫu để xác định hoặc kế hoạch lấy mẫu để thử nghiệm, nếu quy định;
- j) trạng thái chiếm giữ;
- k) dữ liệu khác liên quan đến phép đo.

B.3 Đếm hạt thô trong không khí

B.3.1 Nguyên tắc

Phương pháp thử này quy định phép đo nồng độ hạt trong không khí có kích thước ngưỡng lớn hơn đường kính 5 μm (hạt thô). Quy trình nêu trong B.3 được phỏng theo IEST-G-CC.1003:1999^[13]. Phép đo có thể được thực hiện trong lắp đặt vùng sạch hoặc phòng sạch ở bất kỳ của ba trạng thái chiếm giữ đã chỉ định. Thực hiện các phép đo để xác định nồng độ các hạt thô trong lắp đặt phù hợp với TCVN 8664-1 (ISO 14644-1), Phụ lục E, hoặc thực hiện các phép đo định kỳ phù hợp với TCVN 8664-2 (ISO 14644-2:2000). Sự cần thiết để nhận được mẫu đúng và xử lý để giảm thiểu mất mát các hạt thô trong các thao tác xử lý được nhấn mạnh.

B.3.2 Xem xét xử lý mẫu

Trong công việc về hạt thô yêu cầu cẩn thận thu gom và xử lý. Thảo luận hoàn thiện các yêu cầu về hệ thống có thể sử dụng để lấy mẫu đồng động lực và không đồng động lực rồi chuyển về điểm đo lường đã cung cấp trong [1] [13].

B.3.3 Phương pháp đo đối với hạt thô

B.3.3.1 Quy định chung

Có hai tiêu chí chung của phương pháp đo hạt thô. Nếu sử dụng các phương pháp đo khác nhau có thể không tiến hành so sánh các kết quả. Tương quan giữa các phương pháp khác nhau có thể là nguyên nhân không so sánh. Thông tin về cỡ hạt thực hiện bởi các phương pháp khác nhau được tóm tắt sau đây:

- b) thu gom bằng lọc hoặc tác động quán tính để đo bằng kính hiển vi số hạt và cỡ hạt hoặc đo khối lượng các hạt đã thu gom:
 - 1) thu gom bằng lọc rồi đo bằng kính hiển vi (B.3.3.2.1) sẽ báo cáo hạt thô sử dụng cỡ hạt trên cơ sở đường kính hạt đã thoả thuận;
 - 2) thu gom bằng va chạm theo đợt rồi đo bằng kính hiển vi (B.3.3.2.2 a) sẽ báo cáo hạt thô sử dụng cỡ hạt trên cơ sở lựa chọn kính hiển vi để báo cáo đường kính hạt;
 - 3) thu gom bằng va chạm theo đợt rồi đo khối lượng (B.3.3.2.2 b) sẽ báo cáo hạt thô sử dụng cỡ hạt trên cơ sở đường kính khí động lực;
- c) đo nồng độ và cỡ hạt thô bằng một máy đếm thời gian bay của hạt hoặc DPC ở đúng chỗ của nó:
 - 1) đo bằng DPC (B.3.3.3.2) sẽ báo cáo hạt thô sử dụng cỡ hạt trên cơ sở đường kính quang học tương đương;
 - 2) đo cỡ hạt bằng thời gian bay (B.3.3.3.3) sẽ báo cáo cỡ hạt trên cơ sở đường kính khí động lực.

B.3.3.2 Đo hạt thô bằng thu gom hạt

B.3.3.2.1 Thu gom bằng lọc rồi đo bằng kính hiển vi

Lựa chọn một bộ lọc màng và vòng kẹp hoặc bộ theo dõi sol khí đã lắp đặt trước; phải sử dụng màng có kích thước lỗ là 2 μm hoặc nhỏ hơn. Nhãn hiệu vòng kẹp bộ lọc để nhận biết vị trí và lắp đặt vòng kẹp bộ lọc. Nổi đầu ra tới nguồn chân không sẽ rút không khí tại lưu lượng dòng mẫu yêu cầu. Nếu vị trí mẫu trong đó nồng độ hạt thô đã được xác định là vùng có dòng đẳng hướng, phải thiết lập lưu lượng dòng mẫu để cho phép lấy mẫu dòng khí động lực vào trong vòng kẹp bộ lọc hoặc đầu vào bộ theo dõi sol khí và đầu vào phải quay vào trong dòng đẳng hướng.

Vòng kẹp bộ lọc hoặc đầu vào bộ theo dõi sol khí phải đặt phương thẳng đứng hướng lên. Đối với lắp đặt tại ISO cấp 6 [xem TCVN 8664-1 (ISO 14644-1)] và máy hút bụi, thể tích không khí mẫu phải không nhỏ hơn 0,28 m^3 . Đối với lắp đặt vận hành có độ sạch nhỏ hơn ISO cấp 6, thể tích không khí mẫu phải không nhỏ hơn 0,028 m^3 .

Di chuyển nắp khỏi vòng kẹp bộ lọc màng hoặc bộ theo dõi sol khí rồi bảo quản trong một địa điểm sạch. Mẫu không khí tại vị trí điểm mẫu như đã xác định theo thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, nếu sử dụng máy bơm chân không xách tay để hút không khí qua bộ lọc màng, khí thải từ bơm phải mở thông ra phía ngoài lắp đặt sạch hoặc qua một bộ lọc phù hợp. Sau khi hoàn thành thu gom mẫu, lắp lại nắp lên vòng kẹp bộ lọc hoặc bộ theo dõi sol khí. Vòng kẹp mẫu phải vận chuyển bằng biện pháp để màng bộ lọc được giữ ở vị trí ngang trong suốt thời gian và không chịu rung hoặc xóc giữa thời gian giữ mẫu và khi mẫu được phân tích. Đếm hạt trên bề mặt bộ lọc^[4].

B.3.3.2.2 Thu gom bằng va chạm theo đợt rồi đo

Trong trường hợp va chạm theo đợt, dòng mẫu chuyển qua một loạt vòi có kích thước giảm dần. Những hạt lớn bị lắng trực tiếp xuống dưới vòi lớn nhất và những hạt nhỏ hơn bị lắng tại mỗi tầng của bộ va chạm. Có thể sử dụng hai kiểu bộ va chạm theo đợt để thu gom các hạt lớn. Trong một kiểu, những hạt lớn bị lắng xuống bề mặt của tấm có thể di chuyển được lấy ra để cân hoặc kiểm tra bằng kính hiển vi tiếp theo. Lưu lượng dòng mẫu lấy mẫu là 0,00047 m^3/s hoặc lớn hơn để sử dụng cho bộ va chạm theo đợt kiểu này. Trong một kiểu khác, các hạt lớn bị lắng xuống bộ cảm biến áp điện thạch anh cân vi lượng khối lượng, để cân các hạt đã thu gom tại mỗi tầng. Kiểu bộ va chạm theo đợt này thường sử dụng với lưu lượng dòng mẫu nhỏ hơn đáng kể.

- a) Đối với kiểu bộ va chạm theo đợt thứ nhất, lượng cân bì ban đầu của mỗi tầng thu gom được ghi lại hoặc số bì của các hạt trên một diện tích của mỗi tầng được tính trước khi thực hiện mọi phép đo. Bộ va chạm được vận hành trong khoảng 10 min hoặc lâu hơn. Tại cuối của thời gian đó, nó được bịt kín rồi chuyển đến cân hoặc kính hiển vi để đánh giá. Các tầng thu gom được lấy ra và ghi lại lượng cân hoặc số các hạt đã tích lũy trên mỗi tầng có thể thu gom các hạt lớn. Sau đó nồng độ các hạt lớn được xác định là tổng lượng cân hoặc số lượng trên tầng bộ va chạm thích hợp chia cho tổng dòng không khí đã chuyển qua bộ va chạm.
- b) Đối với kiểu bộ va chạm theo đợt thứ hai, dữ liệu khối lượng hạt được thu thập trong thời gian lấy mẫu. Vì mỗi tầng có thể được lắp bộ cảm biến của cân vi lượng để hiển thị sự thay đổi về khối

lượng, điều đó thường không cần thiết cho việc xác định lượng cân bì ban đầu trước khi bắt đầu thu gom mẫu. Vì với bộ va chạm theo đợt khác, các tầng có thể lấy ra và tiến hành đo các hạt riêng rẽ bằng kính hiển vi hoặc sử dụng kính hiển vi điện tử đối với tập hợp hạt. Lưu lượng dòng mẫu mẫu được điều chỉnh đến $0,00039 \text{ m}^3/\text{s}$ và mẫu trong khoảng thời gian từ 10 min đến vài giờ phụ thuộc vào cấp của vùng sạch. Bộ va chạm được đặt lần lượt tại vị trí mẫu đã lựa chọn trước. Tại cuối của chu kỳ mẫu, bộ va chạm có thể chuyển đến các vị trí khác và có thể tiến hành đo mẫu bổ sung. Sau đó xác định nồng độ hạt thô là tổng lượng cân hoặc số lượng trên các tầng bộ va chạm thích hợp chia cho tổng dòng không khí đã chuyển qua bộ va chạm.

B.3.3.3 Đo hạt thô không thu gom hạt

B.3.3.3.1 Quy định chung

Có thể đo các hạt thô mà không cần thu gom hạt từ không khí. Quá trình bao gồm đo quang học của các hạt lơ lửng trong không khí. Mẫu không khí được chuyển tại lưu lượng dòng mẫu riêng qua một DPC sẽ báo đường kính quang học tương đương hoặc đường kính động lực của các hạt.

B.3.3.3.2 Đo bằng máy đếm hạt rời rạc (DPC)

Quy trình để đo các hạt thô sử dụng một DPC cũng như quy trình trong B.1 đối với máy đếm hạt trong không khí có một ngoại lệ. Ngoại lệ là trong trường hợp DPC không yêu cầu độ nhạy để phát hiện các hạt nhỏ hơn $1 \mu\text{m}$ vì dữ liệu chỉ yêu cầu đối với việc đếm các hạt thô. Yêu cầu phải cẩn thận để đảm bảo các mẫu DPC trực tiếp từ không khí tại vị trí mẫu. Không được sử dụng các ống chuyển mẫu đến PDC dài hơn 1 m. DPC phải có khả năng lấy dòng mẫu có lưu lượng $0,00047 \text{ m}^3/\text{s}$ và phải khớp với kích thước đầu vào để lấy mẫu đồng động lực trong vùng dòng đẳng hướng. Trong các vùng khi tồn tại dòng đẳng hướng, PDC phải đặt với đầu vào mẫu trực tiếp phương thẳng đứng hướng lên. Đường kính đầu vào mẫu phải không nhỏ hơn 30 mm.

Các cài đặt dải kích thước của PDC được thiết lập sao cho chỉ phát hiện các hạt thô. Dữ liệu từ một kích thước dưới $5 \mu\text{m}$ [xem TCVN 8664-1 (ISO 14644-1), Bảng 1] phải được ghi lại để đảm bảo nồng độ hạt đã phát hiện dưới kích thước hạt thô không đủ cao để gây ra sai số ngẫu nhiên trong phép đo bằng PDC. Nồng độ hạt trong dải kích thước thấp hơn, khi cộng vào nồng độ hạt lớn, phải không vượt quá 50 % nồng độ hạt khuyến cáo tối đa đã quy định đối với DPC đang sử dụng.

B.3.3.3.3 Đo kích thước hạt bằng thời gian bay

Các kích thước hạt thô có thể đo được bằng máy đo thời gian bay. Mẫu không khí được hút vào trong máy và được tăng tốc bằng cách mở rộng qua một vòi vào trong phần chân không có đặt vùng đo. Mọi hạt trong mẫu không khí này tăng tốc để phù hợp với vận tốc không khí trong vùng đo. Gia tốc của các hạt biến đổi nghịch đảo với khối lượng của hạt. Tương quan giữa tốc độ không khí và tốc độ của hạt tại điểm đo có thể được sử dụng để xác định đường kính khí động lực của hạt. Với sự hiểu biết chênh áp giữa môi trường không khí và áp suất tại vùng đo, có thể tính toán trực tiếp tốc độ không khí. Tốc độ hạt được đo bằng thời gian bay giữa hai chùm laze. Máy đo thời gian bay sẽ đo đường kính khí động lực của các hạt đến $20 \mu\text{m}$, với độ phân giải kích thước kém hơn 10 %. Các quy trình thu nhận mẫu cũng giống như quy trình yêu cầu khi sử dụng PDC để đo hạt thô. Ngoài ra, giống như quy trình đã sử dụng cho PDC với thiết bị này để thiết lập dải kích thước hạt phải được báo cáo.

B.3.4 Quy trình để đếm hạt thô

Lắp đặt cực dò đầu vào mẫu của thiết bị đã lựa chọn. Mẫu thể tích không khí yêu cầu được thu gom ít nhất là 20 hạt thô tại mỗi điểm lấy mẫu và tiến hành đo như quy định trong TCVN 8664-1 (ISO 14644-1) hoặc TCVN 8664-2 (ISO 14644-2). Tính toán nồng độ ký hiệu M trong dải kích thước hạt đã lựa chọn, như thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, và báo cáo dữ liệu. Khi yêu cầu thông tin về sự ổn định của nồng độ hạt thô, tiến hành ba hoặc nhiều hơn các phép đo tại những vị trí đã lựa chọn tại khoảng thời gian lấy mẫu như thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.3.5 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu sau đây như mô tả trong Điều 5, để phân loại hoặc thử nghiệm lắp đặt:

- a) xác định các thông số hạt mà thiết bị đáp ứng;
- b) loại phép đo: phân loại hoặc phép thử xác định hoặc theo dõi ký hiệu M;
- c) ấn định mỗi loại dụng cụ đo và dụng cụ đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- d) phân loại độ sạch lắp đặt;
- e) dải kích thước hạt thô và tổng số đếm đối với mỗi dải kích thước đã báo cáo;
- f) lưu lượng dòng mẫu đầu vào thiết bị và lưu lượng dòng mẫu qua thể tích cảm biến;
- g) vị trí các điểm mẫu;
- h) kế hoạch lấy mẫu để phân loại hoặc kế hoạch lấy mẫu để thử nghiệm;
- i) trạng thái chiếm giữ;
- j) độ ổn định của nồng độ hạt thô, nếu yêu cầu;
- k) các dữ liệu khác liên quan của phép đo.

B.4 Phép thử dòng không khí

B.4.1 Nguyên tắc

Mục đích của các phép thử này là để đo tốc độ và độ đồng đều của dòng không khí, và tốc độ cấp dòng không khí trong phòng sạch và vùng sạch. Đo sự phân bố tốc độ là cần thiết trong phòng sạch và vùng sạch có dòng không khí đẳng hướng, và tốc độ cung cấp dòng không khí không đẳng hướng trong phòng sạch. Tiến hành đo tốc độ cung cấp dòng không khí để tìm hiểu chắc chắn thể tích không khí đã cung cấp cho lắp đặt sạch trong một đơn vị thời gian, và trị số này cũng có thể được sử dụng để xác định thay đổi không khí trong một đơn vị thời gian. Tốc độ cung cấp dòng không khí được đo ở phía dòng ra của bộ lọc cuối hoặc trong đường ống cung cấp không khí. Cả hai phương pháp dựa vào phép đo tốc độ không khí chuyển qua một diện tích đã biết, lưu lượng dòng mẫu không khí là tích số của tốc độ và diện tích. Chọn quy trình phải được thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Các phép thử này có thể áp dụng trong tất cả ba trạng thái chiếm giữ đã ấn định.

B.4.2 Quy trình về phép thử lắp đặt dòng không khí đẳng hướng

B.4.2.1 Quy định chung

Tốc độ của dòng không khí đẳng hướng xác định tính năng của phòng sạch. Tốc độ có thể được đo gần đúng với bề mặt của đầu cuối các bộ lọc cung cấp hoặc trong phạm vi phòng sạch. Điều này có thể thực hiện bằng cách xác định bề mặt đo vuông góc với dòng không khí cung cấp và phân chia chúng vào các ô mạng lưới có diện tích như nhau^[15].

B.4.2.2 Tốc độ cung cấp dòng không khí

Lưu lượng dòng mẫu không khí được đo tại bề mặt cách bộ lọc khoảng 150 mm đến 300 mm. Số các điểm đo phải đủ để xác định tốc độ cung cấp dòng không khí trong phòng và vùng sạch, và phải là căn bậc hai của 10 lần diện tích tính bằng mét vuông nhưng không nhỏ hơn 4. Ít nhất phải đo một điểm cho mỗi đầu ra của bộ lọc hoặc bộ quạt lọc. Có thể sử dụng bức màn để ngăn ngừa các xáo trộn tới dòng không khí đẳng hướng.

Thời gian đo tại mỗi vị trí cũng phải đủ để đảm bảo có thể lặp lại số đo. Giá trị trung bình thời gian của tốc độ đo phải được ghi lại đối với các vị trí phức tạp.

B.4.2.3 Độ đồng đều của tốc độ trong phạm vi phòng

Độ đồng đều của tốc độ phải được đo tại bề mặt cách bộ lọc khoảng 150 mm đến 300 mm và phân chia các ô mạng lưới phải được xác định như thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Khi thiết bị sản xuất và bàn gia công được lắp đặt, điều quan trọng phải xác nhận xảy ra những thay đổi đáng kể của dòng không khí. Do đó, việc đo độ đồng đều của tốc độ không được tiến hành tại những vị trí gần sát với những trở ngại này.

Dữ liệu đo có thể không chỉ ra đặc tính của phòng sạch hoặc vùng sạch đã lắp đặt. Dữ liệu được sử dụng để xác định độ đồng đều của tốc độ, tức là phân bố tốc độ phải được thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Thời gian đo tại mỗi vị trí phải đủ để đảm bảo có thể lặp lại số đo.

B.4.2.4 Tốc độ cung cấp dòng không khí được đo bằng tốc độ bề mặt bộ lọc

Các kết quả của phép thử lưu lượng dòng mẫu không khí tiến hành phù hợp với B.4.2.2 có thể sử dụng để tính toán tổng tốc độ cung cấp dòng không khí như sau:

$$Q = \Sigma(U_c \times A_c)$$

trong đó

Q là tổng lưu lượng dòng mẫu không khí;

U_c là lưu lượng dòng mẫu không khí tại mỗi tâm ô mạng;

A_c là diện tích ô mạng được xác định bằng diện tích lắp đặt chia cho số các điểm đo;

Σ là tổng của tất cả các ô mạng.

B.4.2.5 Tốc độ cung cấp dòng không khí trong các ống dẫn không khí

Tốc độ cung cấp dòng không khí trong đường ống có thể được đo bằng lưu lượng kế thể tích, ví dụ: vòi phun kế, ống khuếch tán kế và thiết bị đo gió, tham khảo trong TCVN 8113 (ISO 5167) tất cả các phần.

Trong trường hợp đo bằng ống pitô tĩnh (bộ dụng cụ đo tốc độ không khí) và áp kế hoặc thiết bị đo gió (kiểu nhiệt hoặc kiểu van) đối với ống dẫn hình chữ nhật, mặt bằng đo trong ống dẫn phải được chia thành các ô mạng có diện tích bằng nhau, sau đó đo lưu lượng dòng mẫu không khí tại tâm của từng ô. Số các ô mạng phải được thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, ví dụ là 9 hoặc 16. Tốc độ thể tích dòng không khí phải được đánh giá theo cùng cách như đã xác định trong B.4.2.4. Đối với ống dẫn hình tròn, đo tốc độ thể tích dòng không khí bằng ống pitô tĩnh có thể xác định bằng quy trình như đã mô tả điển hình trong EN 12599^[10].

B.4.3 Quy trình về phép thử lắp đặt dòng không khí không đẳng hướng

B.4.3.1 Quy định chung

Tốc độ cung cấp thể tích không khí và tốc độ thay đổi không khí là các thông số quan trọng nhất. Trong một số trường hợp đo tốc độ cung cấp không khí từ các đầu ra riêng rẽ là cần thiết để xác định thể tích dòng không khí từ mỗi đầu ra^[15].

B.4.3.2 Đo tốc độ cung cấp dòng không khí tại đầu vào

Bởi vì tác động của nhiễu loạn cục bộ dòng không khí và tốc độ phun phát từ một đầu ra, sử dụng phễu hút thu được toàn bộ không khí phát ra từ mỗi bộ lọc cuối hoặc bộ khuếch tán đã giới thiệu. Tốc độ cung cấp dòng không khí được đo bằng nắp đậy dòng có lưu lượng kế, hoặc tốc độ không khí của cửa thoát không khí từ nắp đậy dòng nhiều nhánh bằng diện tích có hiệu quả. Lỗ hổng nắp đậy dòng phải đặt hoàn toàn ở bên trên của bộ lọc hoặc bộ khuếch tán, và bề mặt của nắp đậy phải đặt tựa vào một bề mặt phẳng để ngăn ngừa dòng vòng không khí và làm sai kết quả. Khi nắp đậy dòng có lưu lượng kế được chấp nhận, lưu lượng dòng mẫu không khí tại mỗi bộ lọc cuối hoặc bộ khuếch tán phải đo trực tiếp tại đầu xả của nắp đậy.

B.4.3.3 Tính tốc độ cung cấp không khí từ tốc độ bề mặt bộ lọc

Đánh giá tốc độ cung cấp dòng không khí không có nắp đậy dòng có thể thực hiện ở phía dòng ra của thiết bị đo gió của mỗi bộ lọc cuối. Tốc độ cung cấp dòng không khí được xác định từ lưu lượng dòng mẫu không khí nhiều nhánh bằng diện tích của cửa ra. Có thể sử dụng màn che để loại trừ nhiễu của dòng không khí đẳng hướng.

Về số các điểm đo và phép tính toán tốc độ cung cấp dòng không khí, tham khảo B.4.2.3 và B.4.2.4, theo thứ tự.

Nếu không thể làm được việc chia mặt bằng thành các ô mạng có diện tích bằng nhau, tốc độ trung bình của không khí được điều chỉnh bằng bề mặt thay thế.

B.4.3.4 Tính tốc độ cung cấp không khí trong ống dẫn không khí

Tốc độ cung cấp không khí trong ống dẫn không khí phải xác định theo cùng cách như đã xác định trong B.4.2.5.

B.4.4 Thiết bị cho các phép thử dòng không khí

Những mô tả và các yêu cầu kỹ thuật đo của thiết bị được cung cấp trong C.4. Để đo lưu lượng dòng mẫu không khí, có thể sử dụng thiết bị đo gió siêu âm, thiết bị đo gió nhiệt, thiết bị đo gió kiểu van, hoặc thiết bị tương đương với chúng.

Để đo tốc độ cung cấp dòng không khí, có thể sử dụng vòi phun ké, ống khuếch tán ké, thiết bị đo gió, thiết bị đo gió trung bình và áp ké, hoặc thiết bị tương đương với chúng.

Các phép đo lưu lượng dòng mẫu không khí phải được thực hiện với thiết bị không bị tác động bởi sự thay đổi tốc độ giữa các điểm trên khoảng cách nhỏ, ví dụ có thể sử dụng thiết bị đo gió nhiệt nếu lựa chọn sự phân chia ô mạng nhỏ và có đo các điểm bổ sung. Mặt khác, có thể sử dụng thiết bị đo gió kiểu van nếu nó có đủ độ nhạy và đủ lớn để đo tốc độ trung bình của không khí trên suốt dải thay đổi.

Các thiết bị chọn dùng phải có chứng chỉ hiệu chuẩn còn hiệu lực.

B.4.5 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu phải được ghi lại như mô tả trong Điều 5:

- a) loại phép thử và phép đo, các điều kiện đo;
- b) ấn định mỗi loại dụng cụ đo và dụng cụ đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- c) vị trí đo và khoảng cách danh nghĩa từ bề mặt lọc;
- d) trạng thái chiếm giữ;
- e) các dữ liệu khác liên quan của phép đo.

B.5 Phép thử độ chênh áp không khí

B.5.1 Nguyên tắc

Mục đích của các phép thử này là để kiểm tra khả năng lắp đặt hoàn thiện để duy trì độ chênh áp quy định giữa lắp đặt và vùng bao quanh nó, và giữa các vùng đã phân chia trong phạm vi lắp đặt^[5]. Phép thử này có thể áp dụng trong mỗi trạng thái chiếm giữ đã ấn định, và cũng có thể được lặp lại trên cơ sở định kỳ như là một phần của chương trình theo dõi thường quy đã mô tả trong TCVN 8664-2 (ISO14644-2).

B.5.2 Quy trình đối với phép thử độ chênh áp của không khí

Để khẳng định thể tích không khí cung cấp và sự lắp đặt đã cân bằng trong phạm vi các yêu cầu kỹ thuật, điều đáng làm trước khi khởi động là đo độ chênh áp giữa các phòng hoặc giữa các phòng và diện tích bên ngoài.

Với tất cả các cửa phòng đóng, phải đo và ghi lại độ chênh áp giữa phòng và môi trường bao quanh.

Nếu việc lắp đặt được phân chia thành nhiều hơn một phòng, phải đo độ chênh áp giữa phòng ở tận trong cùng và phòng liền kề. Phép đo phải liên tục cho đến khi độ chênh áp giữa vùng bao bọc cuối cùng và môi trường phụ thuộc bao quanh và môi trường bên ngoài đều được đo.

Áp suất đo được là rất nhỏ và kỹ thuật đo không đúng có thể dễ gây ra việc đọc kết quả sai. Phải xem xét các vấn đề sau đây:

- a) đề xuất việc lắp đặt các điểm đo cố định;
- b) thực hiện các phép đo gần với chỗ giữa phòng và cách xa mọi đầu vào của nguồn cung cấp không khí hoặc các trang bị đầu ra để không khí trở lại có thể ảnh hưởng đến áp suất tại điểm đo.

B.5.3 Thiết bị đối với phép thử chênh áp không khí

Những mô tả thiết bị và yêu cầu kỹ thuật đo lường được cung cấp trong C.5. Có thể sử dụng vi áp kế điện tử, áp kế mặt nghiêng hoặc đồng hồ cơ đo chênh áp.

Các thiết bị phải có chứng chỉ hiệu chuẩn còn giá trị.

B.5.4 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu phải được ghi lại như mô tả trong Điều 5:

- a) loại phép thử và phép đo, các điều kiện đo;
- b) ấn định mỗi loại dụng cụ đo và dụng cụ đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- c) cấp độ sạch của các phòng đang xem xét;
- d) vị trí các điểm đo;
- e) trạng thái chiếm giữ.

B.6 Phép thử rò rỉ của hệ thống lọc đã lắp đặt

CẢNH BÁO Kích thích sol khí có thể cung cấp các hạt hoặc ô nhiễm phân tử không chấp nhận trong phạm vi một vài lắp đặt. Một số sol khí thử có thể tạo ra một mối nguy trong những hoàn cảnh nhất định. Tiêu chuẩn này không đưa ra các vấn đề về an toàn liên quan đến các phép thử. Trách nhiệm của người sử dụng là phải tra cứu và áp dụng các thực hành an toàn thích hợp, đánh giá rủi ro và mọi giới hạn điều chỉnh trước khi sử dụng tiêu chuẩn này

B.6.1 Nguyên tắc

B.6.1.1 Quy định chung

Thực hiện phép thử này để khẳng định hệ thống lọc đã được lắp đặt đúng và không có rò rỉ triển khai trong quá trình sử dụng. Các phần của phương pháp thử nêu trong B6 đã được mô phỏng theo IEST-RP-CC034.2^[18]. Phép thử kiểm tra không có rò rỉ, liên quan tới tính năng độ sạch của lắp đặt. Phép thử được thực hiện bằng cách tiến hành kích thích sol khí ở phía dòng vào của bộ lọc rồi quét

ngay ở phía dòng ra của bộ lọc và khung đỡ hoặc lấy mẫu ở phía dòng ra ống dẫn. Phép thử là thử rò rỉ của lắp đặt bộ lọc hoàn chỉnh bao gồm môi trường lọc, khung, vòng đệm và hệ thống điện. Phép thử rò rỉ của hệ thống lọc đã lắp đặt không lẫn lộn với phép thử hiệu suất của các bộ lọc riêng rẽ tại nơi sản xuất. Phép thử được áp dụng cho phòng sạch trong các trạng thái chiếm giữ "trạng thái thiết lập" hoặc trong "trạng thái nghỉ", và được thực hiện khi khởi động phòng sạch mới, hoặc khi các phòng sạch hiện hành yêu cầu thử nghiệm lại, hoặc sau khi các bộ lọc cuối được thay thế.

Hai quy trình về hệ thống lọc có trần hoặc tường hoặc thiết bị đỡ bộ lọc được mô tả trong B.6.2 và B.6.3. Quy trình về đường ống đỡ bộ lọc được mô tả trong B.6.4. Các phép thử phác thảo dưới đây có thể thực hiện với quang kế sol khí (phương pháp B.6.2) hoặc với một máy DPC (phương pháp B.6.3). Kết quả thử của hai phương pháp này không thể so sánh trực tiếp.

B.6.1.2 Sử dụng quang kế sol khí

Phương pháp quang kế sol khí (B.6.2) có thể sử dụng để thử nghiệm:

- a) các phòng sạch trong đó các điểm phun sol khí cục bộ được cung cấp trong hệ thống phân phối ống dẫn cho phép đạt được nồng độ kích thích sol khí cao hơn đã quy định;
- b) các hệ thống bộ lọc kết hợp có thâm nhập MPPS (kích thước hạt thâm nhập lớn nhất) trọn bộ bằng đến lớn hơn 0,003 %;
- c) các lắp đặt khi khí thải của sol khí thử là dầu dễ bay hơi lắng đọng trên bộ lọc và ống dẫn không được cho là gây thiệt hại cho các sản phẩm và/hoặc quá trình và/hoặc nhân viên trong phòng sạch.

CHÚ THÍCH Phương pháp quang kế sol khí được biết cho nồng độ sol khí 100 đến 1000 lần lên bộ lọc cùng cấp khi so sánh với phương pháp DPC.

B.6.1.3 Sử dụng máy đếm hạt rời rạc (DPC)

Phương pháp DPC (B.6.3) là nhạy hơn, và hệ thống bộ lọc trở nên ít ô nhiễm hơn so với khi sử dụng phương pháp quang kế sol khí. Nó có thể được sử dụng để thử nghiệm:

- a) phòng sạch với tất cả các loại hệ thống xử lý không khí;
- b) các hệ thống bộ lọc kết hợp có thâm nhập MPPS (kích thước hạt thâm nhập lớn nhất) trọn bộ giảm đến 0,000 005 %;
- c) các lắp đặt khi khí thải của sol khí thử là dầu dễ bay hơi lắng đọng trên bộ lọc và ống dẫn không được phép hoặc khi sol khí rắn được khuyến cáo.

B.6.2 Quy trình về thử quét rò rỉ của hệ thống lọc đã lắp đặt bằng quang kế sol khí

B.6.2.1 Quy định chung

Các bước chuẩn bị nêu trong các Điều từ B.6.2.2 đến B.6.2.5, quy trình thử nêu trong B.6.2.6, tiêu chí chấp nhận và các tác động sửa chữa xem trong B.6.2.7 và B.6.6^{[14][15][16]}.

B.6.2.2 Lựa chọn kích thích sol khí ở phía dòng vào

Một đa phân tán được phát tác nhân tạo hoặc môi trường sol khí được tạo ra ở phía dòng vào không khí để nhận được sol khí ở phía dòng vào đạt tới nồng độ kích thích đồng đều yêu cầu. Đường kính hạt có khối lượng trung bình (MMD) đối với sản phẩm này chủ yếu là từ 0,5 µm đến 0,7 µm với độ lệch chuẩn hình học là 1,7.

CHÚ THÍCH Hướng dẫn về chất tạo nguồn sol khí được nêu trong C.6.4.

B.6.2.3 Nồng độ kích thích sol khí ở phía dòng vào và xác minh

Nồng độ của kích thích sol khí ở phía dòng vào của bộ lọc phải là từ 10 mg/m³ đến 100 mg/m³. Nồng độ thấp hơn 10 mg/m³ có thể giảm độ nhạy để phát hiện rò rỉ. Nồng độ lớn hơn 80 mg/m³ có thể tăng sự tắc nghẽn bộ lọc quá mức trên thời kỳ thử mở rộng^[18].

Phải thực hiện biện pháp thích hợp để xác minh hỗn hợp đồng đều của sol khí bổ sung cho dòng không khí cung cấp. Thời gian đầu hệ thống được thử phải xác định hỗn hợp sol khí là đủ ở mọi vị trí. Đối với việc đánh giá như vậy mọi việc phun và các điểm lấy mẫu phải được xác định và ghi lại.

Tiến hành các phép đo nồng độ sol khí ở phía dòng vào ngay tại phía dòng vào của bộ lọc không được thay đổi lớn hơn ± 15 % trong thời gian lấy giá trị đo trung bình. Nồng độ thấp hơn giá trị trung bình làm giảm độ nhạy của phép thử cho các rò rỉ nhỏ, trong khi các nồng độ cao hơn làm tăng độ nhạy cho các rò rỉ nhỏ. Các chi tiết tiếp theo như tiến hành như thế nào phép thử trộn sol khí – không khí phải được thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. ASME N510-1989^[1] và IEST-RP-CC034.2:1999^[19] cũng có thể là có giá trị.

B.6.2.4 Xác định kích thước cực dò

Kích thước đầu vào cực dò mẫu phải được tính toán từ việc xem xét lưu lượng dòng mẫu mẫu của dụng cụ đo và lưu lượng dòng mẫu không khí thoát ra từ bộ lọc sao cho tốc độ không khí ở đầu vào cực dò xấp xỉ với lưu lượng dòng mẫu không khí thoát ra từ bộ lọc. Cực dò lấy mẫu phải có cấu trúc hình vuông hoặc hình chữ nhật. Phân bố tốc độ đầu vào phải được xem xét cẩn thận^[18].

$$D_p = \frac{qv_a}{U \times W_p} \quad (\text{B.2})$$

trong đó

D_p là kích thước của cực dò song song với phương quét, tính bằng centimét;

qv_a là lưu lượng dòng mẫu mẫu thực tế của dụng cụ đo, tính bằng mét khối trên giây;

U là lưu lượng dòng mẫu không khí thoát ra từ bộ lọc, tính bằng centimet trên giây;

W_p là kích thước của cực dò vuông góc với phương quét, tính bằng centimét.

CHÚ THÍCH Tốc độ không khí sẽ là:

$$(U + 20\%) \geq U_s \geq (U - 20\%)$$

Cũng có thể biểu thị là

$$1,2U \geq U_s \geq 0,8U$$

trong đó

U là lưu lượng dòng mẫu không khí tại bộ lọc thoát ra;

$$U_s = \frac{qv_c}{D_p \times W_p}$$
 là tốc độ không khí tại đầu vào cực dò

B.6.2.5 Xác định tốc độ quét

Tốc độ cực dò quét ngang S_r phải xấp xỉ $15/W_p$ cm/s^[18]. Ví dụ khi sử dụng một cực dò vuông 3 cm x 3 cm, S_r là 5 cm/s.

B.6.2.6 Quy trình thử quét rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt

Phép thử được thực hiện bằng cách thực hiện kích thích riêng sol khí ở phía dòng vào của bộ lọc và tìm kiếm về những rò rỉ bằng cách quét ở phía cuối của bộ lọc và hệ thống lưới hoặc khung đỡ bằng cực dò của quang kế như sau:

- phép thử lưu lượng dòng mẫu không khí (B.4) đối với đánh giá ban đầu phải được thực hiện trước khi hoàn thành phép thử này;
- các phép đo sol khí phía dòng vào của bộ lọc theo B.6.2.3 phải thực hiện trước tiên để kiểm tra nồng độ sol khí cũng như độ đồng đều phân bố của nó;
- sau đó cực dò phải cắt ngang tại tốc độ quét không vượt quá giá trị S_r đã công bố trong B.6.2.5, bằng cách sử dụng các dải có độ chập nhỏ. Cực dò phải được giữ cách phía dòng ra mặt lọc hoặc cấu trúc khung khoảng 3 cm;
- phải thực hiện quét qua toàn bộ mặt phía dòng ra của từng bộ lọc, chu vi của từng bộ lọc, vòng đệm giữa khung bộ lọc và cấu trúc chắn song, bao gồm các khớp của nó;
- các phép đo sol khí phía dòng vào của bộ lọc phải được lặp lại tại các khoảng thời gian hợp lý giữa và sau khi quét rò rỉ, chứng thực độ ổn định nồng độ sol khí đã kích thích (xem B.6.2.3).

B.6.2.7 Tiêu chí chấp nhận

Trong khi quét, mọi chỉ thị của rò rỉ bằng hoặc lớn hơn giới hạn đặc trưng cho rò rỉ đã ấn định phải là nguyên nhân để giữ cực dò tại vị trí rò rỉ. Vị trí rò rỉ phải được nhận biết bằng vị trí của cực dò đã thể hiện số đọc lớn nhất trên quang kế.

Những rò rỉ đã ấn định được cho rằng nơi xuất hiện số đọc lớn hơn 10^{-4} (0,01 %) của nồng độ sol khí kích thích ở phía dòng vào. Tiêu chí chấp nhận thay thế có thể được thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Về các tác động thực hiện để đánh giá rò rỉ đã phát hiện, xem B.6.6.

CHÚ THÍCH Độ thâm nhập khác nhau của các bộ lọc và/hoặc thời gian đáp ứng của quang kế có thể yêu cầu xem xét các tiêu chí chấp nhận khác nhau, tham khảo IEST-RP-CC034.2^[19].

B.6.3 Quy trình thử quét rò rỉ của hệ thống lọc đã lắp đặt bằng một DPC

B.6.3.1 Quy định chung

Phương pháp hai giai đoạn của quy trình này trong phương pháp thử rò rỉ bộ lọc cung cấp độ chính xác và tốc độ:

- 1) Phải quét phía sạch của bộ lọc về rò rỉ tiềm ẩn. Trong quá trình quét bằng DPC, phát hiện nhiều hơn số đếm có thể chấp nhận đã quan sát được C_a trong thời gian thu nhận mẫu T_s chỉ thị sự hiện diện tiềm ẩn của rò rỉ. Trong trường hợp đó, phải thực hiện giai đoạn thứ hai. Nếu không có chỉ thị rò rỉ tiềm ẩn, không cần khảo sát tiếp. Xác định C_a và T_s được mô tả trong B.6.3.6.
- 2) Phải đưa cực dò về bề mặt có số đếm hạt cực đại trong từng rò rỉ tiềm ẩn và thực hiện đo lại tại chỗ. Trong quá trình đo lại tại chỗ bằng một DPC, phát hiện nhiều hơn số đếm có thể chấp nhận quan sát được C_a trong thời gian lưu trú duy trì liên tục T_s chỉ thị sự hiện diện tiềm ẩn của rò rỉ. Xác định C_a và T_s được mô tả trong B.6.3.6.

B.6.3.2 Các điều kiện của sol khí

Một đa phân tán được phát tác nhân tạo hoặc môi trường sol khí được tạo ra ở phía dòng vào không khí để đạt tới nồng độ kích thích yêu cầu.

CHÚ THÍCH Hướng dẫn về chất tạo nguồn sol khí được nêu trong C.6.4.

Phải đáp ứng các điều kiện sau đây:

- a) đường kính trung bình của hạt đếm được phải là 0,1 μm đến 0,5 μm ;
- b) kích thước ngưỡng của DPC phải bằng hoặc nhỏ hơn kích thước hạt sol khí trung bình;
- c) nếu DPC có nhiều hơn một ống dẫn có sẵn giữa kích thước ngưỡng và 0,5 μm , phải chọn ống dẫn có số đọc các hạt phía dòng ra cao nhất;
- d) phải điều chỉnh kích thước hạt trung bình tương đương sát với kích thước điểm giữa của ống dẫn DPC đã sử dụng.

B.6.3.3 Nồng độ và kiểm tra sol khí ở phía dòng vào

Nồng độ của sol khí kích thích ở phía dòng vào của bộ lọc phải đủ cao để đạt được tốc độ quét thực tế có thể chấp nhận được theo B.6.3.5, Trong hầu hết các trường hợp, phải bổ sung sol khí phát tác cho phía dòng vào sol khí kích thích để đạt đến nồng độ kích thích cao yêu cầu. Để kiểm tra nồng độ cao như vậy có thể yêu cầu một hệ thống pha loãng phù hợp để tránh dung sai nồng độ của DPC (sai số ngẫu nhiên). Phải kiểm tra tính năng của hệ thống pha loãng tại thời điểm bắt đầu và kết thúc của mỗi chu kỳ sử dụng^[16].

Khi nồng độ sol khí ở phía dòng vào thay đổi theo thời gian, phải liên tục thực hiện phép đo ngay trong quá trình quét những rò rỉ để nhận được dữ liệu cho các phép tính có số đếm phía dòng ra tiếp sau. Nồng độ thấp hơn giá trị trung bình sẽ làm giảm độ nhạy đối với các rò rỉ nhỏ, trong khi các nồng độ cao hơn sẽ làm tăng độ nhạy cho các rò rỉ nhỏ. Do đó, tốt nhất là phải theo dõi nồng độ phía dòng vào. Các chi tiết tiếp theo như tiến hành như thế nào phép thử trộn sol khí – không khí, bao gồm tần số và số các vị trí để thực hiện lấy mẫu ở phía dòng vào^[4] phải được thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp^[13].

B.6.3.4 Xác định kích thước cực dò

Tham khảo B.6.2.4.

B.6.3.5 Quy trình thử quét rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt

Tham khảo B.6.2.6, các khoản B.6.2.3 và B.6.2.5 đã được thay thế bằng B.6.3.3 và B.6.3.6.4 tương ứng.

B.6.3.6 Các tính toán chuẩn bị và đánh giá

B.6.3.6.1 Ký hiệu và biểu đồ lưu trình các tính toán chuẩn bị và đánh giá

Những ký hiệu trong đoạn này được nêu như sau:

C_c là nồng độ khí kích thích ở phía dòng vào của bộ lọc (hạt/cm³);

P_s là thâm nhập trọn bộ cho phép lớn nhất MPPS (kích thước hạt thâm nhập lớn nhất) của bộ lọc đưa thử;

P_L là thâm nhập rò rỉ chuẩn của bộ lọc đưa thử;

K là hệ số biểu thị P_L lớn hơn P_s bao nhiêu lần;

q_{vs} là giá trị của lưu lượng dòng mẫu mẫu chuẩn, $q_{vs} = 472 \text{ cm}^3/\text{s}$ (= 28,3 l/min);

q_{va} là lưu lượng dòng mẫu mẫu thực tế của máy đếm hạt rời rạc (cm³/s);

S_r là tốc độ quét của cực dò (cm/s);

D_p là kích thước cực dò song song với hướng quét (cm);

N_p là số đếm hạt mong đợi đặc trưng cho rò rỉ đã ấn định [hạt];

N_{pa} là số đếm hạt thực tế đặc trưng cho rò rỉ đã ấn định [hạt];

C_a số đếm có thể chấp nhận đã quan sát được [hạt];

T_s là thời gian thu nhận mẫu (sec);

T_r là thời gian lưu trú liên tục (sec).

Sơ đồ dưới đây của các phép tính chuẩn bị và đánh giá được trình bày trong Hình B.2.

B.6.3.6.2 Thâm nhập rò rỉ chuẩn của bộ lọc đưa thử P_L

Thâm nhập rò rỉ chuẩn, P_L , được xác định là thâm nhập phát hiện bởi DPC với lưu lượng dòng mẫu mẫu chuẩn khi cực dò lấy mẫu đứng yên ở nơi rò rỉ. Lưu lượng dòng mẫu mẫu chuẩn q_{vs} được xác định là $472 \text{ cm}^3/\text{s}$ ($28,3 \text{ l/min}$).

P_L được chọn theo thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, hoặc trên cơ sở Bảng B.1 và phương trình B.3, là hàm của K và P_s .

$$P_L = K \times P_s$$

Bảng B.1 – K trong hàm của P_s

| Thâm nhập cực đại có thể cho phép, P_s | $\leq 5 \times 10^{-4}$ | $\leq 5 \times 10^{-5}$ | $\leq 5 \times 10^{-6}$ | $\leq 5 \times 10^{-7}$ | $\leq 5 \times 10^{-8}$ |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Hệ số, K | 10 | 10 | 30 | 100 | 300 |

Phải xác định P_s là thâm nhập MPPS (kích thước hạt thâm nhập lớn nhất) trọn bộ có thể cho phép lớn nhất của bộ lọc được thử như quy định của nhà sản xuất. Độ thâm nhập riêng danh nghĩa tại cỡ hạt riêng có thể sử dụng khi không có độ thâm nhập MPPS.

CHÚ THÍCH P_L gồm thâm nhập của môi trường lọc bình thường và rò rỉ.

Trong diện tích nhất định, thâm nhập cục bộ có thể lớn hơn thâm nhập tổng thể toàn bộ.

Đối với quy trình quét bằng tay, có thể thay thế C_a bằng N_p . Có khuyến cáo rằng N_p lớn hơn hoặc bằng 2, và không yêu cầu xem xét B.6.3.6.3.

Đối với tương quan với tiêu chí có thể chấp nhận của phương pháp quang kế (xem B.6.2), thâm nhập lớn nhất có thể cho phép được thích ứng là 0,01 % đối với bộ lọc có thâm nhập trọn bộ là 0,05 % và 0,005 %. Trong trường hợp này, kích thước hạt trung bình của sol khí xấp xỉ là $0,8 (\pm 0,2) \mu\text{m}$.

B.6.3.6.3 Số đếm hạt mong đợi N_p và tiêu chí có thể chấp nhận C_a

Một số đếm quan sát được, C_a , nêu ra ở trên giới hạn tin cậy, N_p , bằng phép tính thống kê. Một số cặp C_a và N_p được nêu trong Bảng B.2. Giá trị nhỏ hơn của N_p sẽ cho phép quét nhanh hơn hoặc cho phép nồng độ phía dòng vào thấp hơn.

a) Nếu số đếm sai là không đáng kể, phải chọn cặp $C_a = 0$, $N_p = 3,7$.

b) Nếu số đếm sai không phải là không đáng kể, phải chọn giá trị của $C_a \geq 1$.

Bảng B.2 – Giới hạn trên của 95 % khoảng tin cậy của phân bố Poisson^{[8][17]}

| Quan sát được, C_a | Giới hạn trên, N_p | Quan sát được, C_a | Giới hạn trên, N_p |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0 | 3,7 | 6 | 13,1 |
| 1 | 5,6 | 7 | 14,4 |
| 2 | 7,2 | 8 | 15,8 |
| 3 | 8,8 | 9 | 17,1 |
| 4 | 10,2 | 10 | 18,4 |
| 5 | 11,7 | 11 | 19,7 |

Khi N_p lớn hơn 19,7

$$C_a = N_p - 2\sqrt{N_p} \quad (B.4)$$

B.6.3.6.4 Tốc độ quét, S_r

Tốc độ quét ngang của cực dò, S_r , được xác định theo công thức sau:

$$S_r \leq C_c \times P_L \times qv_s \times \frac{D_p}{N_p} = C_c \times P_L \times 472 \times \frac{D_p}{N_p} \quad (B.5)^{[18]}$$

S_r không được cao hơn 8 (cm/s).

Trước tiên phải chọn S_r và C_a còn sau đó nồng độ sol khí kích thích C_c được tính từ phương trình (B.5).

B.6.3.6.5 Thời gian lưu trú liên tục, T_r , và N_{pa} và C_a đối với T_r

a) Lựa chọn thời gian lưu trú lâu dài, T_r (s)

Mọi số đếm quan sát được lớn hơn C_a , phải là nguyên nhân để đo lại tại chỗ trong thời gian lưu trú liên tục T_r . Trong trường hợp sử dụng DPC thương mại, T_r phải được đặt tại một hoặc một vài lần khoảng cố định của DPC.

b) Tính toán số thực tế của N_{pa} (hạt) đối với T_r (s) và C_a (hạt)

Số thực tế của số đếm hạt đặc trưng rò rỉ đã ấn định, N_{pa} đối với T_r có thể thu được từ phương trình (B.6). Khi số N_{pa} là lớn, có thể tính C_a từ phương trình (B.7).

$$N_{pa} = C_c \times P_L \times qv_s \times T_r \quad (B.6)$$

$$C_a = N_{pa} - 2\sqrt{N_{pa}} \quad (B.7)$$

B.6.3.6.6 Thời gian lưu trú liên tục, T_r , và N_{pa} và C_a đối với T_r

a) Trong trường hợp số đếm nhỏ hơn C_a (hạt)

Số đếm quan sát được bằng hoặc nhỏ hơn C_a bằng hoặc lâu hơn thời gian thu nhận mẫu T_s khẳng định không có rò rỉ. Thời gian thu nhận mẫu, T_s , bằng hoặc lớn hơn thời gian giành để cực

dò đi qua rò rỉ, như nêu trong phương trình (B.5)^[18]:

$$T_s \geq \frac{D_p}{S_r} \quad (\text{B.8})$$

b) Trong trường hợp số đếm lớn hơn C_a (hạt)

Mọi số đếm quan sát được, lớn hơn C_a (hạt) phải là nguyên nhân để khảo sát thời gian lưu trú liên tục bằng cực dò tại vị trí rò rỉ.

Khi quét bằng thủ công, phát hiện một rò rỉ tiềm ẩn là điều có thể bằng cách nhìn quan sát và/hoặc công suất âm thanh của DPC. Có thể để phân biệt giữa số đếm có thể chấp nhận và không chấp nhận, phải phòng theo nồng độ sol khí ở trước bộ lọc sao cho số đếm hạt có thể chịu được là không lớn hơn 10 hạt.

Khoảng lấy mẫu của DPC phải đủ lâu để tránh tác động của thời gian đặt lại giữa các khoảng.

B.6.3.6.7 Phát hiện rò rỉ bằng cách đo lại tại chỗ,

a) Số quan sát được nhỏ hơn C_a (hạt)

Số đếm quan sát được đối với T_s , bằng hoặc nhỏ hơn C_a khẳng định không có rò rỉ.

b) Số đếm quan sát được lớn hơn C_a (hạt)

Nếu số đếm quan sát được vượt quá C_a , có thể phải xem xét việc đo lại tại chỗ. Nếu số đếm quan sát được vẫn vượt quá C_a , có thể phải xem xét bộ lọc có một rò rỉ.

B.6.3.7 Soát xét đối với lưu lượng dòng mẫu không chuẩn

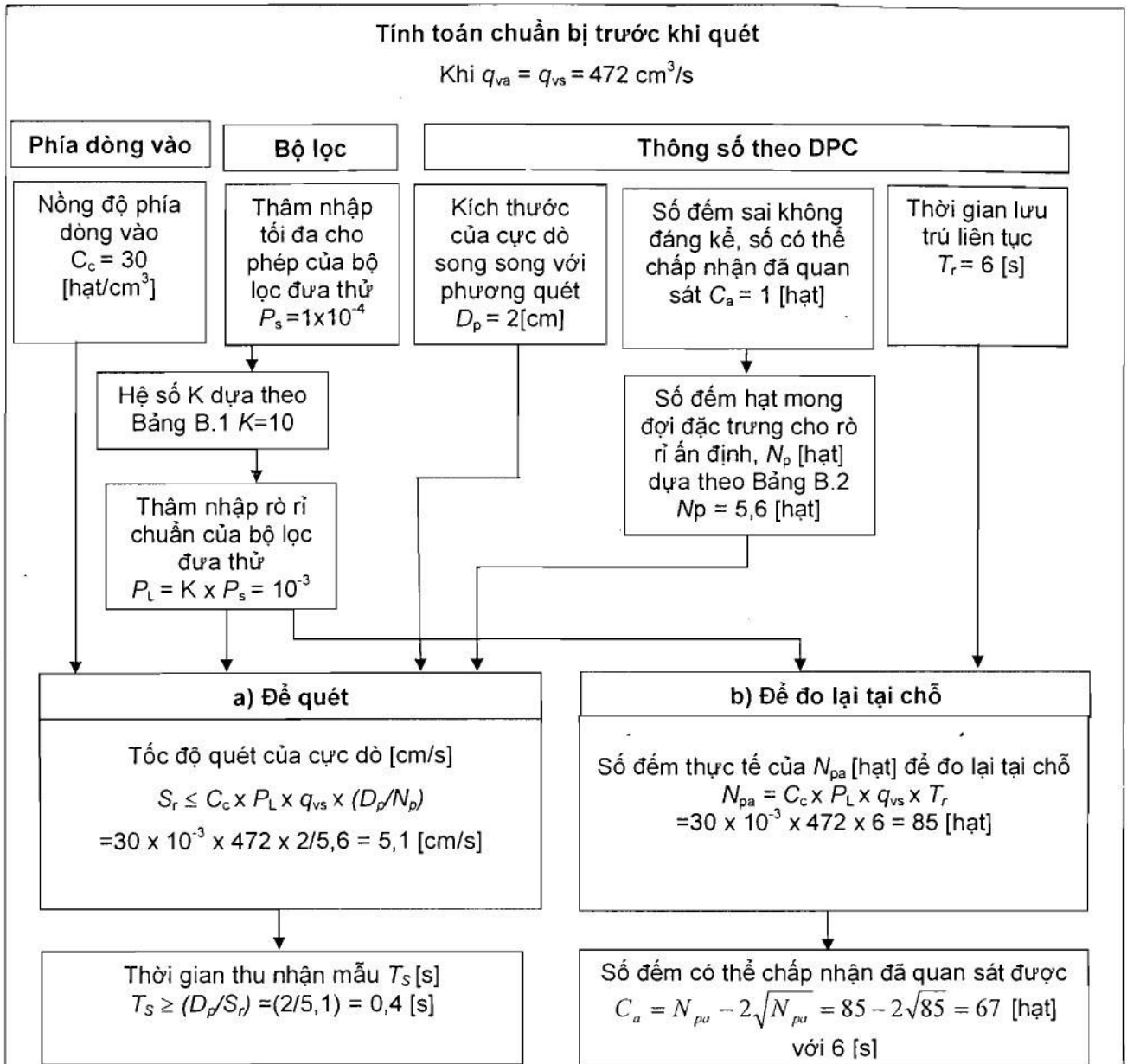
Thâm nhập rò rỉ chuẩn, P_L , được xác định bằng lưu lượng dòng mẫu mẫu chuẩn $qv_s = 472 \text{ cm}^3/\text{s}$ (28,3 l/min). Số đếm hạt từ rò rỉ phụ thuộc vào lưu lượng dòng mẫu thực tế qv_a (cm^3/s), trong sự tương phản với các hạt từ môi trường lọc bình thường. Khi sử dụng lưu lượng dòng mẫu mẫu không chuẩn, các phương trình có thể soát xét như sau:

$$S_r \leq [C_c(P_L - P_s)qv_s + C_c \times P_s \times qv_a] \frac{D_p}{N_p} \quad (\text{B.9})$$

$$N_{pa} = [C_c(P_L - P_s)qv_s + C_c \times P_s \times qv_a] T_r \quad (\text{B.10})$$

B.6.3.8 Ví dụ áp dụng có đánh giá

Ví dụ quy trình đánh giá nêu trong Hình B.3.



Phép thử và quy trình đánh giá

a) Phát hiện rò rỉ tiềm tàng bằng cách quét

Nếu có hai hoặc nhiều số đếm tăng trong thời gian ngắn (nhỏ hơn 0,4 [s]), phải thực hiện phép đo lại tại chỗ bằng cực dò tại vị trí rò rỉ.

Nếu số đếm không tăng phải xem xét diện tích đã quét được coi là không bị rò rỉ.

b) Phát hiện rò rỉ bằng cách đo lại tại chỗ

Nếu số đếm quan sát được nhỏ hơn $C_a = 67$ [hạt] đối với thời gian lưu trữ liên tục, $T_r = 6$ [s], phải xem xét vị trí không bị rò rỉ.

Nếu số đếm đã quan sát được liên tục vượt quá C_a trong suốt thời gian lưu trữ liên tục kéo dài, điều đó được coi là có rò rỉ.

Hình B.3 – Sơ đồ đánh giá quy trình

B.6.4 Quy trình thử rò rỉ toàn bộ bộ lọc lắp trong ống dẫn hoặc đầu nối xử lý không khí (AHUs)

Quy trình này có thể sử dụng để đánh giá rò rỉ toàn bộ của lắp đặt có bộ lọc lắp trong ống dẫn. Quy trình này có thể sử dụng để xác định rò rỉ toàn bộ của lắp đặt bộ lọc nhiều tầng không thử tầng riêng lẻ. Các phép thử này cũng có thể sử dụng đối với các bộ lọc lắp ở đầu cuối dài như chúng được định vị trong lắp đặt có chế độ dòng không đẳng hướng. Phương pháp này là rất ít nhạy để phát hiện các rò rỉ hơn các phương pháp đã mô tả trong B.6.2 và B.6.3^{[1][6][9]}.

Thực hiện phép thử bằng cách tiến kích thích sol khí ở phía dòng vào của bộ lọc đã lắp đặt từ xa phòng sạch. Sau đó nồng độ hạt của không khí đã lọc được đo trong ống dẫn hoặc đầu nối xử lý không khí, rồi so sánh với nồng độ phía dòng vào để xác định hiệu quả chung hoặc thâm nhập của lắp đặt bộ lọc^[18].

Phép thử lưu lượng dòng mẫu không khí (B.4) để đánh giá chất lượng ban đầu phải được thực hiện trước khi hoàn tất phép thử này.

Phép đo nồng độ sol khí phía dòng vào theo B.6.2.3 (phương pháp quang kế) hoặc B.6.3.4 (phương pháp DPC) phải được thực hiện đầu tiên để kiểm tra nồng độ và độ đồng nhất của sol khí.

Phép đo nồng độ sol khí phía dòng ra phải được tiến hành ít nhất tại mỗi điểm cho một bộ lọc sau khi trộn đều phía dòng ra của bộ lọc. Nếu không xảy ra trộn đều, có thể áp dụng phép thử thay thế. Phép đo phải được tiến hành tại một số vị trí khoảng trống bằng nhau trong một mặt phẳng, giữa 30 cm và 100 cm ở cuối bộ lọc, trong phạm vi ống dẫn và tại khoảng cách khoảng 3 cm từ thành ống dẫn.

Phép đo nồng độ hạt phía dòng ra của bộ lọc phải được lặp lại tại các khoảng thời gian ngẫu nhiên để khẳng định độ ổn định của nguồn sol khí kích thích (xem B.6.2.3).

Từ các nồng độ đã đo, có thể tính được thâm nhập chung đối với từng vị trí phía dòng ra và đối với kích thước hạt mà dụng cụ đo lường đã điều chỉnh.

Không có thâm nhập nào là cao hơn năm lần thâm nhập danh định MPPS (kích thước hạt thâm nhập lớn nhất) của bộ lọc. Tuy nhiên, đối với quang kế thâm nhập này không được lớn hơn 10^{-4} (0,01 %). Mọi tiêu chí có thể chấp nhận khác về hiệu suất thử đối với bộ lọc có thể được thiết lập bằng sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Những sửa chữa và hiệu chỉnh của các rò rỉ có thể tiến hành theo B.6.6 bằng các quy trình đã thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

CHÚ THÍCH Đối với các áp dụng khi bộ lọc trong ống dẫn yêu cầu đưa thử rò rỉ bằng cách quét, có thể sử dụng các phương pháp mô tả trong B.6.2 và B.6.3.

B.6.5 Thiết bị và vật liệu cho phép thử rò rỉ hệ thống lọc đã lắp đặt

Thiết bị quy định trong các Điều từ B.6.5.1 đến B.6.5.4 phải có chứng chỉ hiệu chuẩn còn giá trị.

B.6.5.1 Quang kế sol khí có hàm số logarit hoặc tuyến tính (xem C.6.2).

B.6.5.2 Máy đếm hạt rời rạc (DPC) (xem C.6.2), có lưu lượng dòng mẫu mẫu đủ cao và khả năng

phát hiện kích thước hạt liên quan đến phép thử rò rỉ đang thực hiện. DPC và quang kế sol khí bị hạn chế sử dụng trong những trường hợp khi các số đếm cơ sở hoặc nồng độ là nhỏ hơn 10 % những giá trị đặc trưng cho một rò rỉ đã ấn định.

B.6.5.3 Máy phát khí nén phù hợp hoặc sol khí nhiệt để cung cấp nồng độ sol khí kích thích thích hợp trong dải kích thước thích hợp (xem C.6.3).

B.6.5.4 Hệ thống pha loãng sol khí phù hợp

B.6.5.5 Chất nguồn sol khí phù hợp (xem C.6.4)

B.6.6 Sửa chữa và quy trình sửa chữa

Sửa chữa rò rỉ chỉ được chấp nhận bằng sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Phương pháp sửa chữa phải đưa vào trong lời giải trình chỉ dẫn nào đó từ nhà sản xuất thiết bị, hoặc khách hàng.

Trong việc lựa chọn vật liệu để sửa chữa phải xem xét khí thải và lắng phân tử trên các sản phẩm và quy trình.

Rò rỉ đã được phát hiện trong các bộ lọc hoặc cấu trúc đỡ hệ thống điện phải được sửa chữa.

Sau khi sửa chữa hoàn tất và một thời gian chữa trị đã cho phép, vị trí rò rỉ phải được quét lại bằng cách sử dụng phương pháp đã xác định.

B.6.7 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu sau đây phải được ghi chép như mô tả trong Điều 5:

- a) phương pháp thử: quang kế hoặc máy đếm hạt rời rạc (DPC);
- b) các ấn định loại cho mỗi dụng cụ đo và thiết bị đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- c) mọi điều kiện đặc biệt hoặc lộ trình hoặc cả hai từ phương pháp thử này và mọi quy trình riêng đã thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp;
- d) nồng độ sol khí phía dòng vào đã đo với các vị trí điểm mẫu và thời gian đo tương ứng;
- e) lưu lượng; và đối với các phép đo DPC, dải kích thước hạt;
- f) nồng độ sol khí phía dòng vào trung bình đã tính được và sự phân bố của nó;
- g) tiêu chí tính toán chấp nhận đã áp dụng đối với các phép đo phía dòng ra;
- h) kết quả của phép đo phía dòng ra đối với mỗi bộ lọc đã nhận biết rõ ràng, mặt cắt diện tích hoặc vị trí đo;
- i) kết quả thử cuối cùng đối với mỗi vị trí đã xác định;
- j) Nếu không có rò rỉ sau khi thử xong, nói cách khác nếu có rò rỉ thì báo cáo vị trí rò rỉ, tác động sửa chữa và kết quả thử nghiệm lại của vị trí.

B.7 Phép thử hướng dòng khí và sự nhìn thấy được

B.7.1 Nguyên tắc

Mục đích của phép thử hướng dòng khí và dự nhìn thấy được là để khẳng định chiều của dòng không khí và độ đồng đều thích nghi của nó để thiết kế và các yêu cầu kỹ thuật về tính năng và, nếu yêu cầu, các đặc tính không gian và thời gian của dòng không khí trong lắp đặt.

CHÚ THÍCH Động học chất lỏng dùng máy điện toán (CFD) đã sử dụng như một công cụ dự đoán và phân tích không được xem xét trong tiêu chuẩn này.

B.7.2 Các phương pháp

Phép thử hướng dòng khí và dự nhìn thấy được có thể thực hiện theo bốn phương pháp:

- a) phương pháp sợi dây;
- b) phương pháp phun dầu vết;
- c) phương pháp hình dung dòng không khí bằng kỹ thuật xử lý hình ảnh;
- d) phương pháp hình dung dòng không khí bằng phép đo phân bố tốc độ.

Bằng các phương pháp a) và b) dòng không khí trong lắp đặt được nhìn thấy thực sự bằng cách sử dụng sợi dây dầu vết chất sơn hoặc chất hạt vết. Các dụng cụ lưu giữ như màn hình video, phim hoá học, đĩa hoặc băng ghi hình. Sợi dây dầu vết chất sơn hoặc chất hạt vết không phải là nguồn ô nhiễm, và sẽ theo chính xác hình dáng của dòng không khí. Thiết bị khác như máy phát hạt vết và nguồn sáng cường độ cao có thể được sử dụng cho phương pháp này.

Phương pháp c) được sử dụng để chứng minh định lượng sự phân bố tốc độ của dòng không khí trong lắp đặt. Kỹ thuật dựa trên cơ sở kỹ thuật xử lý hình ảnh hạt vết bằng máy vi tính.

Phải thực hiện cẩn thận để đảm bảo rằng người vận hành không làm nhiễu mẫu dòng không khí đang khảo sát.

CHÚ THÍCH Dòng không khí bị tác động bởi nhiều thông số khác như độ chênh áp của không khí, tốc độ không khí và nhiệt độ.

B.7.3 Quy trình thử trực tiếp hướng dòng khí và sự nhìn thấy được

B.7.3.1 Phương pháp sợi dây dầu vết

Phép thử này được thực hiện bằng cách quan sát chùm sợi tức là các sợi tơ, sợi nilong đơn, đuôi cò hoặc bằng phim mỏng. Chúng được đặt trên đầu mút của que đỡ hoặc treo trên các điểm cắt ngang của hệ thống cuộn dây mỏng trong dòng không khí. Chúng cung cấp các chỉ thị có thể nhìn thấy chiều của dòng không khí và những thay đổi bất thường do các nhiễu loạn. Ánh sáng có ảnh hưởng trợ giúp quan sát và ghi lại trên dòng không khí được chỉ thị. Độ lệch hướng của dòng không khí được đo giữa hai điểm (ví dụ 2 m đến 0,5 m) để tính toán góc lệch.

B.7.3.2 Phương pháp phun dấu vết

Phép thử được tiến hành bằng cách quan sát hoặc hình ảnh vận động của các hạt vết được rọi sáng bằng nguồn sáng cường độ cao, và cung cấp thông tin về phương và độ đồng đều của dòng không khí trong lắp đặt. Các hạt vết có thể được tạo nên từ những vật liệu như nước khử ion (DI) alcol/glicol v.v... được phun xịt. Phải lựa chọn nguồn cẩn thận để tránh ô nhiễm bề mặt.

Kích thước mong đợi của các giọt nhỏ phải được xem xét khi lựa chọn phương pháp tạo giọt. Các giọt nhỏ phải đủ lớn để kỹ thuật xử lý hình ảnh hiện có có thể phát hiện được, nhưng không quá lớn để tác dụng trọng lực và tác dụng khác gây ra chuyển động phân kỳ khỏi dòng không khí đang quan sát.

B.7.3.3 Phương pháp hình dung dòng không khí bằng kỹ thuật xử lý hình ảnh

Dữ liệu xử lý hình ảnh hạt bắt nguồn từ phương pháp mô tả trong B.7.2 trên ảnh hoặc phim video cung cấp các đặc trưng định lượng của dòng không khí bằng vectơ hai kích thước của tốc độ không khí trong diện tích. Kỹ thuật xử lý yêu cầu máy tính chỉ thị số có dao diện phù hợp và phần mềm phù hợp. Đối với độ phân giải không gian lớn hơn, có thể sử dụng một nguồn sáng laze.

B.7.3.4 Phương pháp nhìn thấy được hướng dòng khí bằng phép đo phân bố tốc độ

Phân bố tốc độ của dòng không khí có thể xác định bằng cài đặt thiết bị tốc độ không khí, ví dụ máy đo tốc độ gió nhiệt hoặc siêu âm, tại một số điểm xác định trong lắp đặt đang khảo sát. Xử lý dữ liệu đo cung cấp các thông tin về phân bố dòng không khí.

B.7.4 Phương pháp nhìn thấy được hướng dòng khí bằng phép đo phân bố tốc độ

Thiết bị để thử chiều và hình dung dòng không khí đối với từng phương pháp là khác nhau. Thiết bị phù hợp cho từng phương pháp nêu trong C.7.

B.7.5 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu phải được ghi lại như mô tả trong Điều 5:

- a) các loại phép thử, phương pháp hình dung và các điều kiện thử;
- b) ấn định mỗi loại dụng cụ đo và dụng cụ đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- c) vị trí các điểm đo;
- d) các hình ảnh lưu giữ trong quang kế hoặc video catset, hoặc các dữ liệu ban đầu đối với mỗi phép đo, trong trường hợp của kỹ thuật xử lý hình ảnh hoặc đo sự phân bố tốc độ, nếu quy định;
- e) bản mặt bằng vị trí chính xác của tất cả các thiết bị kết hợp cùng báo cáo hướng dòng khí nhìn thấy được;
- f) trạng thái chiếm giữ.

B.8 Phép thử nhiệt độ

B.8.1 Nguyên tắc

Mục đích của phép thử này là chứng minh khả năng của hệ thống xử lý không khí của lắp đặt để duy trì mức nhiệt độ trong phạm vi các giới hạn kiểm soát và suốt thời gian thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp đối với diện tích cụ thể được đưa thử. Các phần của phương pháp thử nêu trong B.8 được phỏng theo từ IEST-RP-CC006.3^[15]. Hiện có hai mức phương pháp thử. Thứ nhất là phương pháp thử chung, mô tả trong B.8.2.1, xác định quy trình phù hợp để thử sơ bộ lắp đặt trong trạng thái thiết lập. Thứ hai là phép thử toàn diện mô tả trong B.8.2.2, có thể áp dụng trong trạng thái nghỉ hoặc trạng thái vận hành. Phép thử thứ hai này có khả năng áp dụng cho vùng có yêu cầu tính năng nhiệt độ chính xác hơn.

B.8.2 Quy trình thử nhiệt độ

B.8.2.1 Phép thử nhiệt độ chung

Phép thử này được thực hiện tiếp theo hoàn thành của phép thử độ đồng đều dòng không khí và điều chỉnh của các điều khiển hệ thống điều hoà không khí. Phép thử này phải thực hiện sau khi hệ thống điều hoà không khí đã được vận hành và các điều kiện đã được ổn định.

Phải đo nhiệt độ ở ít nhất một vị trí đối với mỗi vùng cần kiểm soát nhiệt độ.

Mỗi dụng cụ cảm biến phải được đặt tại vị trí có mức cao làm việc.

Sau thời gian đủ được phép để dụng cụ cảm biến ổn định, đọc nhiệt độ tại mỗi vị trí phải được ghi lại.

Phải thực hiện phép đo thích hợp cho mục đích thử của áp dụng và thời gian đo phải ít nhất là 5 min với một giá trị đã ghi ít nhất là từng phút.

B.8.2.2 Phép thử nhiệt độ toàn diện

Phép thử này được đo đối với diện tích có yêu cầu kỹ thuật kiểm soát môi trường nghiêm ngặt.

Thực hiện phép thử này ít nhất là 1 h sau khi hệ thống điều hoà nhiệt độ đã hoạt động và các điều kiện đã ổn định.

Phải chia vùng công tác thành một hệ thống ô mạng các diện tích bằng nhau. Diện tích thử nghiệm riêng lẻ phải lựa chọn theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Số vị trí đo phải ít nhất là hai.

Cực dò nhiệt độ phải đặt tại mức chiều cao làm việc và tại một khoảng cách không nhỏ hơn 300 mm cách trần, tường hoặc sàn của lắp đặt.

Phải lựa chọn vị trí cực dò với những xem xét về các nguồn nhiệt hiện có.

Phải thực hiện phép đo thích hợp cho mục đích thử của áp dụng và thời gian đo phải ít nhất là 5 min với một giá trị đã ghi ít nhất là từng phút.

B.8.3 Thiết bị để thử nhiệt độ

Thực hiện phép thử nhiệt độ bằng cách sử dụng một dụng cụ cảm biến có độ chính xác như đã quy định trong ISO 7726, ví dụ:

- a) nhiệt kế;
- b) dụng cụ nhiệt điện trở;
- c) nhiệt điện trở.

Yêu cầu tối thiểu độ phân dải của phép đo đối với thiết bị là 1/5 của dải nhiệt độ có thể cho phép đối với sự khác nhau giữa nhiệt độ điểm đã đặt và dải cho phép của thay đổi được phép từ điểm đặt đó.

Dụng cụ phải có chứng chỉ hiệu chuẩn còn giá trị.

B.8.4 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu phải được ghi lại như mô tả trong Điều 5:

- a) các loại phép thử và phép đo, các điều kiện đo;
- b) ấn định mỗi loại dụng cụ đo và dụng cụ đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- c) vị trí các điểm đo;
- d) trạng thái chiếm giữ.

B.9 Phép thử độ ẩm

B.9.1 Nguyên tắc

Mục đích của phép thử này là chứng minh khả năng của hệ thống xử lý không khí của lắp đặt để duy trì mức độ ẩm (biểu thị bằng độ ẩm tương đối hoặc điểm sương) trong phạm vi các giới hạn kiểm soát và suốt thời gian thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp đối với diện tích cụ thể được đưa thử. Các phần của phương pháp thử nêu trong B.9 được phỏng theo từ IEST-RP-CC006.3^[15].

B.9.2 Quy trình thử độ ẩm

Phép thử này được thực hiện tiếp theo hoàn thành của phép thử độ đồng đều dòng không khí và điều chỉnh của các điều khiển hệ thống điều hoà không khí.

Phép thử này phải thực hiện sau khi hệ thống điều hoà không khí đã được vận hành và đạt được các điều kiện ổn định.

Dụng cụ cảm biến độ ẩm phải được đặt tại ít nhất một vị trí cho mỗi vùng kiểm soát độ ẩm, và phải có thời gian đủ cho phép để dụng cụ cảm biến được ổn định.

Phải thực hiện phép đo thích hợp cho mục đích thử của áp dụng sau khi dụng cụ cảm biến được ổn định, và thời gian đo phải ít nhất là 5 min.

Điểm đo, tần số, các khoảng và chu kỳ để ghi lại các dữ liệu phải được thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Phép thử độ ẩm phải thực hiện liên kết với phép thử nhiệt độ.

B.9.3 Thiết bị để thử độ ẩm

Thực hiện phép thử độ ẩm bằng cách sử dụng một dụng cụ cảm biến có độ chính xác như đã quy định trong ISO 7726.

Dụng cụ cảm biến điển hình là:

- a) dụng cụ cảm biến độ ẩm có tụ điện điện môi bằng phim mỏng;
- b) dụng cụ cảm biến điểm sương;
- c) ẩm kế.

Độ phân dải tối thiểu của dụng cụ là 1/5 của dải độ ẩm có thể cho phép đối với sự khác nhau giữa độ ẩm điểm đã đặt và dải cho phép của thay đổi được phép từ điểm đặt đó. Dụng cụ phải có chứng chỉ hiệu chuẩn còn giá trị.

B.9.4 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu phải được ghi lại như mô tả trong Điều 5:

- a) các loại phép thử và phép đo, các điều kiện đo;
- b) ấn định loại mỗi dụng cụ đo và dụng cụ đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- c) nhiệt độ;
- d) các vị trí điểm đo;
- e) trạng thái chiếm giữ.

B.10 Phép thử tính điện và phát ion

B.10.1 Nguyên tắc

Phép thử này gồm có hai phần. Một là phép thử tính điện và một là phép thử phát ion (máy phát ion). Mục đích của phép thử tính điện là để đánh giá mức độ điện thế tích tĩnh điện trên bề mặt công tác và bề mặt sản phẩm, và tốc độ tiêu tan điện tích tĩnh điện của sản, mặt bàn gia công hoặc các linh kiện lắp đặt khác. Thuộc tính tiêu tan tĩnh được đánh giá bằng cách đo điện trở bề mặt đo và điện trở rò rỉ trên bề mặt. Phép thử phát ion được thực hiện để đánh giá tính năng của máy phát ion bằng cách đo thời gian phóng điện của bộ theo dõi đã nạp điện ban đầu, và bằng cách xác định điện áp bù của các tấm theo dõi đã cách điện. Các kết quả của mỗi phép đo chỉ ra hiệu quả của việc loại trừ (hoặc trung hòa) nạp tĩnh điện và sự không cân bằng giữa số lượng ion dương và âm đã tạo ra.

B.10.2 Quy trình thử tính điện và phát ion

B.10.2.1 Quy trình thử tính điện

B.10.2.1.1 Phép đo mức điện áp bề mặt

Sự có mặt của tích tĩnh điện âm hoặc dương trên bề mặt công tác hoặc sản phẩm được đo bằng cách sử dụng một von kế hoặc trường kế.

Điều chỉnh đầu ra của von kế hoặc trường kế đến điểm 0 bằng cách đưa ra cực dò tới bề mặt tấm kim loại được nối đất. Giữ cực dò sao cho lỗ hồng cảm biến song song với tấm kim loại tại một khoảng cách theo chỉ dẫn của nhà sản xuất. Tấm kim loại sử dụng để điều chỉnh điểm 0 phải có diện tích bề mặt đủ để kích thước lỗ cực dò yêu cầu và khoảng cách chứa lại thích hợp từ cực dò đến mặt phẳng.

Để đo điện áp bề mặt, đặt và giữ cực dò gần với bề mặt đối tượng đã nạp được đo. Cực dò phải được giữ giống như biện pháp đối với việc điều chỉnh điểm 0. Để phép đo có giá trị, diện tích bề mặt của đối tượng phải đủ lớn so với kích thước lỗ cực dò và khoảng cách chứa lại thích hợp từ cực dò đến mặt phẳng.

Ghi lại kết quả đọc được của von kế tĩnh điện.

Điểm đo hoặc đối tượng đo đã lựa chọn cho phép đo phải xác định theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.10.2.1.2 Phép đo thuộc tính tiêu tan tĩnh điện

Thuộc tính tiêu tan tĩnh điện được đánh giá bằng cách đo điện trở bề mặt (điện trở giữa các vị trí khác nhau trên bề mặt) và điện trở rò rỉ (điện trở giữa bề mặt và đất). Các giá trị này được đo bằng cách sử dụng đồng hồ điện trở cao.

Điện trở bề mặt hoặc điện trở rò rỉ được đo bằng cách sử dụng các điện cực có trọng lượng và kích thước thích hợp. Các điện cực này sẽ đặt tại khoảng cách thích hợp từ bề mặt trong quá trình đo điện trở bề mặt.

Các chi tiết riêng của điều kiện thử phải được thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.10.2.2 Quy trình thử phát ion**B.10.2.2.1 Quy định chung**

Mục đích của phép thử này là để đánh giá tính năng của máy phát ion lưỡng cực. Phép thử bao gồm phép đo thời gian phóng điện và điện áp bù. Phép đo thời gian phóng điện được thực hiện để đánh giá hiệu suất khử của máy phát ion sử dụng nạp tĩnh điện. Đo điện áp bù được thực hiện để đánh giá sự không cân bằng của các ion dương và âm trong dòng không khí đã ion hoá từ máy phát ion. Sự không cân bằng của các ion có thể dẫn đến điện áp dư không mong đợi.

Thực hiện các phép đo này bằng cách sử dụng tấm theo dõi độ dẫn, một von kế tĩnh điện, một đồng hồ đo thời gian và nguồn điện. (Đôi khi thiết bị gồm các bộ phận đã biết như một bộ theo dõi tấm đã tích điện).

B.10.2.2.2 Đo thời gian phóng điện

Thực hiện phép đo này bằng cách sử dụng tấm theo dõi (các tấm đã cách điện) có điện dung đã biết

trước (ví dụ 20 pF). Ban đầu tấm theo dõi được tích điện từ nguồn điện đến điện áp dương hoặc âm đã biết.

Đo sự thay đổi tích điện tĩnh trên tấm trong khi tấm được đặt vào dòng không khí đã được ion hoá bằng máy phát ion lưỡng cực đang đánh giá. Sự thay đổi trong điện áp của tấm suốt thời gian được đo bằng cách sử dụng một von kế tĩnh điện và một đồng hồ thời gian.

Thời gian phóng điện là thời gian cần thiết để điện áp tĩnh điện trên tấm bị giảm đi 10 % của trạng thái điện áp ban đầu.

Thời gian phóng điện phải được đo đối với cả hai tấm đã tích điện âm và dương.

Vị trí các điểm thử và các kết quả đối với tiêu chí có thể chấp nhận phải được thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.10.2.2.3 Đo điện áp bù

Điện áp bù được đo bằng cách sử dụng một bộ theo dõi tấm đã tích điện được treo trên một vật cách điện.

Sự thay đổi trên tấm đã cách điện được theo dõi bằng một von kế tĩnh điện.

Ban đầu tấm được nối đất để chuyển dời mọi tích điện dư và nó phải được bảo đảm rằng điện áp trên tấm là zero.

Điện áp bù được đo bằng cách đặt tấm vào dòng không khí đã được ion hoá cho đến khi dữ liệu thu hồi của von kế trở nên ổn định.

Điện áp bù có thể chấp nhận của máy phát ion phụ thuộc vào độ nhạy tích tĩnh điện của đối tượng trên diện tích làm việc. Điện áp bù có thể chấp nhận phải được xác định theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.10.3 Thiết bị để thử tĩnh điện và phát ion

- a) von kế tĩnh điện hoặc trường kế tĩnh điện để đo mức điện áp tĩnh điện bề mặt để thử tĩnh điện;
- b) ôm kế điện trở cao để đo thuộc tính tiêu tán tĩnh điện đối với phép thử tĩnh điện;
- c) von kế tĩnh điện, hoặc trường kế tĩnh điện và tấm theo dõi dẫn điện, hoặc bộ theo dõi tấm đã tích điện đối với phép thử máy phát ion.

Các thiết bị này được mô tả trong C.11. Các thiết bị phải có chứng chỉ hiệu chuẩn còn giá trị.

B.10.4 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu phải được ghi lại như mô tả trong Điều 5:

- a) các loại phép thử và phép đo, các điều kiện đo;
- b) ấn định mỗi loại dụng cụ đo và dụng cụ đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;

- c) nhiệt độ, độ ẩm và dữ liệu môi trường khác nếu có liên quan;
- d) các vị trí điểm đo;
- e) trạng thái chiếm giữ;
- f) các dữ liệu khác liên quan đến phép đo.

B.11 Thử sa lắng hạt

B.11.1 Nguyên tắc

Phép thử này mô tả quy trình và thiết bị để định kích thước và đếm số hạt và hoặc có thể bị sa lắng khỏi không khí vào bề mặt sản phẩm hoặc bề mặt công tác trong lắp đặt. Các hạt đã sa lắng được thu gom vào tấm kiểm chứng có đặc tính bề mặt thích hợp tương tự bề mặt đang xem xét., rồi được định kích thước và đếm bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học, kính hiển vi điện tử hoặc thiết bị quét bề mặt. Có thể sử dụng một quang kế hạt bay để thu nhận dữ liệu tốc độ sa lắng hạt. Dữ liệu về các hạt sa lắng phải được báo cáo dưới dạng khối lượng hoặc số lượng của các hạt trên một đơn vị diện tích bề mặt trên một đơn vị thời gian.

B.11.2 Quy trình thử sa lắng hạt

B.11.2.1 Thu gom các hạt lên tấm kiểm chứng

Tấm kiểm chứng phải đặt trên cùng bề mặt với bề mặt đang xem xét. Tấm kiểm chứng phải có cùng điện áp tĩnh điện như bề mặt thử. Phải theo các quy trình và phương pháp sau đây khi thao tác tấm kiểm chứng bằng tay.

- a) kiểm tra tất cả hệ thống phòng sạch là đúng chức năng, phù hợp với các yêu cầu hoạt động.
- b) nhận dạng từng tấm kiểm chứng độc nhất và độ sạch của nó như đã yêu cầu để giảm nồng độ hạt bề mặt đến dưới mức có thể. Xác định nồng độ cơ sở của các hạt trên mỗi tấm kiểm chứng.
- c) duy trì 10 % tấm kiểm chứng để kiểm tra. Điều này phải được xử lý hoàn toàn giống như cách tấm kiểm chứng không đặt thử.
- d) Vận chuyển tất cả các tấm kiểm chứng đến vị trí thử bằng cách sao cho ngăn ngừa các hạt trong không khí không làm ô nhiễm bề mặt của chúng.
- e) Đặt các tấm kiểm chứng trong các khoảng thời gian đến 48 h phụ thuộc vào loại phòng sạch, phương thức vận hành và máy đếm hạt sẽ được sử dụng. Thời gian đặt phải điều chỉnh, nếu cần, để đạt được sự sa lắng đủ trên bề mặt tấm kiểm chứng để cung cấp các dữ liệu thống kê có giá trị thỏa mãn yêu cầu của người sử dụng.
- f) Bao phủ và thu gom các tấm kiểm chứng đã đặt rồi bảo quản chúng trong hộp kín sao cho chúng được bảo vệ khỏi bị ô nhiễm tiếp theo.

B.11.2.2 Đếm và định cỡ các hạt đã thu gom

Đếm và định cỡ các hạt đã thu gom trên tấm kiểm chứng được tiến hành để thu nhận dữ liệu có thể tái

lập, các dữ liệu này có thể sử dụng để phân loại độ sạch của diện tích đưa thử.

Khi sử dụng kính hiển vi quang học, có thể sử dụng đường chữ thập thẳng hoặc tròn đã hiệu chuẩn cho các yêu cầu định cỡ hạt. Với một kính hiển vi điện tử, có thể sử dụng lưới nhiễu xạ đã hiệu chuẩn bằng các tuyến đàn trải đã biết để liên kết các kích thước hình ảnh vào kích thước thực tế. Khi sử dụng máy quét bề mặt, có thể sử dụng thông tin hiệu chuẩn kích thước do nhà sản xuất cung cấp. Dữ liệu từ tổng số đếm trên một phần diện tích của tấm kiểm chứng có thể ngoại suy toàn thể diện tích bề mặt tấm (số đếm thống kê). Có thể thực hiện ngoại suy như mô tả trong tài liệu tham khảo [4]:

a) đếm và định cỡ các hạt trên tất cả các tấm kiểm chứng, bao gồm cả tấm kiểm tra. Đếm các hạt trên tổng diện tích của tất cả các tấm kiểm chứng rồi phân loại chúng trong dải kích thước hạt phù hợp, trên cơ sở đường kính hạt.

b) xác định nồng độ bề mặt của các hạt sa lắng trên mỗi tấm kiểm chứng:

$$D = \frac{N_t - N_b}{A_w} \quad (B.11)$$

trong đó

D là nồng độ hạt đã sa lắng trên bề mặt;

N_t là nồng độ hạt tổng bề mặt;

N_b là số hạt lớn hơn hoặc bằng kích thước nhỏ nhất đã xác định trên bề mặt tấm kiểm chứng sau khi làm sạch, nhưng trước khi đưa vào môi trường phòng sạch.

A_w là diện tích tấm kiểm chứng, tính bằng centimet vuông

c) giá trị trung bình của D đối với tấm kiểm chứng kiểm tra.

d) Xác định độ tăng thực về nồng độ bề mặt của mỗi tấm kiểm chứng bằng cách trừ nồng độ trung bình của tấm kiểm chứng kiểm tra với giá trị trung bình của tấm kiểm chứng đưa thử. Chia nồng độ thực cho thời gian đặt tấm kiểm chứng thử. Các kết quả tính toán này biểu thị tốc độ sa lắng hạt (PDR) tính bằng số hạt sa lắng trên một centimet vuông trong một đơn vị thời gian.

e) Báo cáo giá trị trung bình PDR và độ lệch chuẩn của nó.

B.11.3 Thiết bị để thử sa lắng hạt

B.11.3.1 Vật liệu tấm kiểm chứng

Phụ thuộc vào kích thước hạt được phát hiện và phương tiện đo lường có thể sử dụng sau đây:

- bộ lọc màng vi xốp;
- băng dính hai mặt;
- đĩa petri;
- đĩa petri chứa nhựa màu tương phản (đen), ví dụ nhựa polyeste;
- phim chụp ảnh (tấm);

- f) kính hiển vi trượt (trơn hoặc có phủ màng kim loại bay hơi);
- g) tấm gương thủy tinh hoặc kim loại;
- h) phôi vi mạch bán dẫn;
- i) chất nền dầu ảnh bằng thủy tinh;

Độ phẳng bề mặt của tấm kiểm chứng phải thích hợp với kích thước hạt sẽ được đếm để đảm bảo rằng các hạt dễ được nhìn thấy. Phương tiện đo được sử dụng phải có khả năng giải quyết và đo kích thước hạt nhỏ nhất đưa đếm.

B.11.3.2 Thiết bị phụ trợ

Có thể sử dụng thiết bị khác nhau để đếm và định cỡ hạt bị lắng vào bề mặt tấm kiểm chứng. Chúng rơi vào bốn loại chính phụ thuộc vào kích thước hạt liên quan ^{[25][26]}.

- a) kính hiển vi nhẹ (hạt lớn hơn hoặc bằng 2 μm);
- b) kính hiển vi điện tử (hạt lớn hơn hoặc bằng 2 μm);
- c) máy quét phân tích bề mặt (hạt lớn hơn hoặc bằng 0,1 μm);
- d) quang kế ảnh hạt (diện tích bề mặt bị phủ đến 1 %).

Khi chọn máy đếm và định cỡ để sử dụng, việc xem xét phải nêu ra để phát hiện các hạt trong dải kích thước liên quan. Các yếu tố khác được xem xét gồm thời gian yêu cầu để thu gom mẫu và phân tích, thời gian yêu cầu đối với đặc trưng của phương pháp. Thiết bị sử dụng phải có chứng chỉ hiệu chuẩn còn giá trị.

B.11.4 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu phải được ghi lại như mô tả trong Điều 5:

- a) các loại phép thử và phép đo, các điều kiện đo;
- b) ấn định mỗi loại dụng cụ đo và dụng cụ đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- c) các vị trí điểm đo;
- d) trạng thái chiếm giữ.

B.12 Phép thử độ thu hồi

B.12.1 Nguyên tắc

Phép thử này được thực hiện để xác định khả năng của lắp đặt loại trừ các hạt trong không khí. Tính năng thu hồi độ sạch sau một sự kiện tạo ra hạt là một trong các khả năng quan trọng nhất của lắp đặt. Phép thử này chỉ có tầm quan trọng và được khuyến cáo đối với hệ thống dòng không khí thay đổi bởi vì tính năng thu hồi là hàm của tỷ lệ tái lưu thông của không khí, dạng hình học của dòng không khí ở đầu vào và đầu ra, điều kiện nhiệt và đặc trưng phân bố không khí trong phạm vi vùng được

kiểm soát, nhưng ngược lại trong hệ thống dòng không khí không thay đổi thể hiện sự ô nhiễm bằng dòng không khí được kiểm soát và thời gian thu hồi là hàm của khu vực và khoảng cách. Phép thử này phải được thực hiện đối với lắp đặt trong trạng thái thiết lập và trạng thái nghỉ.

Phép thử này không áp dụng cho cấp 8 và 9.

Khi sử dụng sol khí nhân tạo, phải tránh dư lượng ô nhiễm của lắp đặt.

B.12.2 Tính năng thu hồi độ sạch

Tính năng thu hồi được đánh giá bằng cách sử dụng thời gian thu hồi 100:1 hoặc tốc độ thu hồi độ sạch. Thời gian thu hồi 100:1 được xác định là thời gian yêu cầu để làm giảm nồng độ ban đầu bởi hệ số 0,01 lần, và tốc độ thu hồi độ sạch được xác định là tốc độ thay đổi nồng độ hạt theo thời gian. Có khả năng ước lượng cả hai cách này từ đường cong phân giải nồng độ cùng cỡ hạt.

Phải thực hiện các phép đo ở bên trong khoảng thời gian mà sự phân giải nồng độ hạt được mô tả bởi hàm số mũ đơn, được chỉ thị bởi đường thẳng trên lưới bán-logarit (nồng độ trên trục tung là thang logarit, còn giá trị thời gian trên trục hoành là thang tuyến tính). Hơn nữa nồng độ thử phải không quá cao để xuất hiện thất thoát trùng khớp, hoặc quá thấp để xảy ra việc đếm không chắc chắn.

CHÚ THÍCH Việc đánh giá bằng thực nghiệm của thời gian thu hồi 100:1 là quy trình đo được ưu tiên.

B.12.3 Quy trình thử thu hồi

B.12.3.1 Đánh giá thời gian phục hồi 100:1

Phép đo trực tiếp thời gian thu hồi 100:1 có thể thực hiện khi nó có khả năng đạt nồng độ hạt ban đầu tại 100 lần hoặc nhiều hơn mức độ sạch mục tiêu.

Phải tiến hành cẩn thận để tránh sai số ngẫu nhiên và ô nhiễm tiềm ẩn của DPC quang học. Trước khi thử nghiệm, yêu cầu phải tính toán nồng độ để thực hiện phép thử thời gian thu hồi 100:1. Nếu nồng độ vượt quá khả năng tối đa của DPC sẽ ngẫu nhiên xuất hiện hoặc sử dụng hệ thống pha loãng, giảm nồng độ để tránh ngẫu nhiên hoặc thay thế phép thử thời gian thu hồi 100:1 bằng phép thử tốc độ thu hồi (B.12.3.2).

- a) Đặt máy đếm hạt phù hợp với hướng dẫn của nhà sản xuất và chứng chỉ hiệu chuẩn thiết bị.
- b) Đặt cực dò DPC tại điểm thử nghiệm, các điểm đo và số phép đo phải được xác định theo thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp. Không được đặt cực dò DPC trực tiếp tại đầu ra của dòng không khí.
- c) Điều chỉnh thể tích mẫu đơn để có cùng giá trị đã sử dụng cho việc xác định cấp phòng sạch. Thời gian trễ của máy đếm từ khi bắt đầu mỗi lần đếm đến các ghi chép ở đầu ra phải được điều chỉnh để không lớn hơn 10 s.
- d) Kích thước hạt sử dụng trong phép thử này phải không nhỏ hơn 1 μm . Kích thước ống dẫn đã sử dụng bằng DPC tương ứng với ống dẫn của số nồng độ lớn nhất của sol khí.
- e) Diện tích phòng sạch được kiểm tra bị ô nhiễm bởi sol khí trong khi các bộ xử lý không khí được đưa vào hoạt động.

- f) Nồng độ hạt ban đầu tăng lên đến 100 lần hoặc nhiều hơn mức độ sạch mục tiêu.
- g) Khởi đầu phép đo tại các khoảng 1 min. Ghi lại thời gian khi nồng độ hạt đạt tới ngưỡng nồng độ mục tiêu $\times 100$ (t_{100n}).
- h) Ghi thời gian khi nồng độ hạt đạt mức độ sạch mục tiêu (t_n).
- i) Thời gian thu hồi được biểu thị bằng $t_{0,01} = (t_n - t_{100n})$.

B.12.3.2 Đánh giá tốc độ thu hồi

Tính năng thu hồi có thể xác định từ độ nghiêng của đường cong phân rã nồng độ hạt tại cấp độ sạch yêu cầu [xem TCVN-1 (ISO14644-1)], như sau:

- a) độ nghiêng dữ liệu của việc suy giảm nồng độ hạt trên một đồ thị tọa độ vuông với các giá trị thời gian trên trục hoành và các giá trị nồng độ trên trục tung bằng thang logarit;
- b) tốc độ thu hồi độ sạch thu được từ các giá trị nghiêng của đường thẳng.

Tốc độ thu hồi độ sạch giữa hai phép đo thành công được tính toán từ đẳng thức sau:

$$n = -2,3 \times \frac{1}{t_1} \log_{10} \left[\frac{C_1}{C_0} \right] \quad (\text{B.12})$$

trong đó

n là tốc độ thu hồi độ sạch;

t_1 là thời gian trôi qua giữa phép đo thứ nhất và phép đo thứ hai;

C_0 là nồng độ ban đầu;

C_1 là nồng độ sau thời gian t_1

$$= C_0 \exp(-n t_1).$$

Giá trị trung bình của năm đến mười thu được từ một phép đo.

Tốc độ thu hồi và thời gian thu hồi 100:1 có thể có liên quan như sau:

$$n = -2,3 \times \frac{1}{t_{0,01}} \log_{10} \left[\frac{1}{100} \right] = -2,3 \times \frac{1}{t_{0,01}} (-2) = 4,6 \times \frac{1}{t_{0,01}} \quad (\text{B.13})$$

B.12.4 Thiết bị và các điểm đo đối với phép thử thu hồi

Những thiết bị liệt kê dưới đây phải có chứng chỉ hiệu chuẩn có giá trị.

Số lượng các điểm đo có thể được quyết định theo sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.12.4.1 Máy phát sol khí và sol khí nhân tạo, có cùng đặc tính như đã mô tả trong B.6

B.12.4.2 Máy đếm hạt rời rạc (DPC) có hiệu quả đã mô tả trong C.1 và C.6.

B.12.4.3 Hệ thống pha loãng, nếu cần thiết, như mô tả trong C.12.3.

B.12.5 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu sau phải được ghi lại như mô tả trong Điều 5:

- a) ấn định mỗi loại dụng cụ đo và dụng cụ đã sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- b) số lượng và các vị trí điểm đo;
- c) trạng thái chiếm giữ.

B.13 Thử rò rỉ ô nhiễm

B.13.1 Nguyên tắc

Phép thử này được thực hiện để xác định liệu có sự xâm nhập của không khí bị ô nhiễm vào trong vùng sạch từ vùng bao quanh không được kiểm soát tại mức giống hoặc khác của áp suất tĩnh và để kiểm tra về rò rỉ của hệ thống trần bị áp lực.

B.13.2 Quy trình của phép thử rò rỉ ô nhiễm

B.13.2.1 Phương pháp đếm hạt rời rạc (DPC)

Đo nồng độ hạt bên ngoài của tường bao phòng sạch ngay sát với bề mặt hoặc khoảng trống của ô cửa để đánh giá. Nồng độ này phải lớn hơn nồng độ phòng sạch bởi hệ số là 10^3 , và ít nhất bằng $3,5 \times 10^6$ hạt / m^3 tại kích thước hạt được đo. Nếu nồng độ là nhỏ hơn, tạo ra sol khí để tăng nồng độ.

Kiểm tra về rò rỉ qua các điểm cấu trúc, các rạn nứt hoặc đường ống dẫn dịch vụ, quét bên trong tường bao tại khoảng cách không lớn hơn 5 cm từ các điểm, vòng đệm hoặc bề mặt giao nhau để thử với tốc độ quét là khoảng 5 cm/s.

Để kiểm tra các rạn nứt tại khoảng trống của ô cửa mở, phương pháp quan sát dòng được giới thiệu.

Ghi chép và đưa vào báo cáo tất cả các giá trị lớn hơn 10^{-2} lần nồng độ hạt sol khí bên ngoài đo được tại kích thước hạt thích hợp.

CHÚ THÍCH Số và vị trí các điểm thử của phép đo này được xác định trên cơ sở thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

B.13.2.2 Phương pháp quang kế

Thực hiện sol khí bên ngoài phòng sạch hoặc dụng cụ phù hợp với B.6.2.2 trong nồng độ đủ cao để gây ra quang kế vượt quá thang đo đầy đủ là 0,1 % giá trị đã cài đặt.

Đọc trên quang kế 0,1 % giá trị cài đặt khi vượt quá 0,01 % chỉ thị một rò rỉ.

Để kiểm tra về rò rỉ qua các điểm cấu trúc, các rạn nứt hoặc các mối nối quét bên trong tường bao tại khoảng cách không lớn hơn 5 cm từ các điểm, hoặc bề mặt vòng đệm để thử với tốc độ quét là khoảng 5 cm/s.

Để kiểm tra về rạn nứt tại khoảng trống của ô cửa mở, đo nồng độ bên trong tường bao tại khoảng cách từ 0,3 đến 1 m cách cửa mở.

Ghi chép và đưa vào báo cáo tất cả các giá trị vượt quá 0,01 % của thang đo quang kế.

B.13.3 Thiết bị để thử rò rỉ ô nhiễm

Những thiết bị sau đây phải có chứng chỉ hiệu chuẩn có giá trị.

B.13.3.1 Nguồn sol khí nhân tạo, như mô tả trong B.6.5.

B.13.3.2 Máy đếm hạt rời rạc (DPC) như quy định trong C.1, hoặc **quang kế** như quy định trong C.6.1 và chúng phải có khả năng phân biệt cỡ hạt thấp hơn 0,5 μm hoặc nhỏ hơn;

B.13.4 Báo cáo thử nghiệm

Theo sự thoả thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp, các thông tin và dữ liệu sau phải được ghi lại như mô tả trong Điều 5:

- a) ấn định loại cho mỗi dụng cụ đo và dụng cụ được sử dụng và tình trạng hiệu chuẩn của nó;
- b) kỹ thuật thu gom dữ liệu;
- c) số lượng và các vị trí điểm đo;
- d) trạng thái chiếm giữ.

Phụ lục C

(tham khảo)

Thiết bị thử

Phụ lục này mô tả thiết bị đo được sử dụng cho các phép thử đã giới thiệu trong tiêu chuẩn này.

Trong phụ lục này, dữ liệu nêu trong các bảng từ Bảng C.1 đến C.19 chỉ ra các yêu cầu cần thiết tối thiểu cho mỗi khoản mục của thiết bị. Các khoản mục được liệt kê để đáp lại cho Phụ lục B, tức là thiết bị đã gắn số C.1 được sử dụng trong quy trình thử nêu trong B.1. Điều đó có thể đáp ứng cho việc để lập các kế hoạch thử có thể tham khảo Phụ lục C để lựa chọn thiết bị thử và Phụ lục A để lập một danh sách kiểm tra của các phép thử đã đề nghị của một lắp đặt và tần số tiến hành các phép thử này. Thiết bị đo được chọn tùy thuộc vào thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

Phụ lục này cung cấp thông tin và không ngăn cản việc sử dụng của các thiết bị tốt hơn nếu chúng có sẵn. Có thể sử dụng thiết bị thay thế thích hợp tùy thuộc vào thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp.

C.1 Đếm hạt trong không khí

C.1.1 Máy đếm hạt rời rạc bằng tán xạ ánh sáng: thiết bị có khả năng đếm và định cỡ các hạt đơn lẻ trong không khí và lập báo cáo dữ liệu kích thước dưới dạng đường kính quang học tương đương.

Yêu cầu kỹ thuật của máy đếm hạt rời rạc bằng tán xạ ánh sáng được nêu trong Bảng C.1.

Bảng C.1 – Yêu cầu kỹ thuật đối với máy đếm hạt bằng tán xạ ánh sáng

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|---|---|
| Độ nhạy/độ phân giải ^a | Chọn giữa 0,1 µm và 5 µm với ≤ 10 % phân giải về kích thước |
| Độ không đảm bảo đo | ± 20 % sai số nồng độ tại cài đặt kích thước |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng hoặc kiểm tra tính năng đã quy định |
| Lưu lượng mẫu | (50± 20) % tại ngưỡng kích thước tối thiểu và (100± 10) % đối với các hạt lớn hơn hoặc bằng 1,5 lần kích thước ngưỡng tối thiểu |
| Dải nồng độ dưới | Tốc độ đếm sai là không đáng kể trong so sánh với tốc độ đếm tối thiểu đã mong đợi thực tế. Tốc độ thấp phải không có hạt trong thời gian nhất định (ví dụ không đếm trong 5 min) |
| Dải nồng độ trên | Hai lần lớn hơn giới hạn trên của nồng độ cấp độ sạch lắp đặt tại điểm sử dụng và không lớn hơn 75 % nồng độ do nhà sản xuất giới thiệu |
| ^a Thiết bị có độ phân giải định cỡ hạt lớn hơn 10 % có thể tạo ra kết quả đếm hạt khác với thiết bị loại quan trọng. | |

C.2 Đếm hạt cực mịn

C.2.1 Máy đếm hạt ngưng tụ (CNC), thiết bị đếm tất cả các giọt nhỏ hình thành do ngưng tụ của hơi quá bão hoà trên các hạt nhân đã lấy mẫu. Nồng độ hạt lũy tích được tạo ra đối với các hạt lớn hơn hoặc bằng kích thước nhỏ nhất độ nhạy của CNC.

Yêu cầu kỹ thuật đối với máy đếm hạt ngưng tụ được nêu trong Bảng C.2.

Bảng C.2 – Yêu cầu kỹ thuật đối với máy đếm hạt ngưng tụ

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|---------------------------------------|---|
| Giới hạn/dải đo | Nồng độ đến $3,5 \times 10^9/m^3$ |
| Độ nhạy | Áp dụng riêng, ví dụ $0,02 \mu m$ |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 20 \%$ tại ngưỡng kích thước tối đa |
| Độ ổn định | Có thể bị ảnh hưởng bởi loại khí môi trường |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| Dải nồng độ thấp | Tốc độ đếm sai đáng kể so với tốc độ đếm tối thiểu thực tế mong đợi |
| CHÚ THÍCH Lưu lượng mẫu xem Hình B.1. | |

C.2.2 Máy đếm hạt rời rạc (DPC), thiết bị có khả năng đếm và định cỡ các hạt đơn trong không khí, bao gồm các hạt cực mịn.

Yêu cầu kỹ thuật đối với DPC nêu trong Bảng C.3.

Bảng C.3 – Yêu cầu kỹ thuật đối với DPC

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|--|---|
| Giới hạn/dải đo | Nồng độ hạt đến $3,5 \times 10^7/m^3$ |
| Độ nhạy / độ phân giải | Nhỏ hơn $0,1 \mu m$ với $\leq 10 \%$ độ phân giải cỡ hạt |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 20 \%$ sai số nồng độ tại cài đặt kích thước |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| Lưu lượng mẫu | $(50 \pm 20) \%$ tại ngưỡng kích thước tối thiểu và $(100 \pm 10) \%$ đối với các hạt lớn hơn hoặc bằng 1,5 lần kích thước ngưỡng tối thiểu |
| CHÚ THÍCH Đối với lưu lượng mẫu, xem Hình B.1. | |

C.2.3 Thiết bị tách cỡ hạt, một cơ cấu vận chuyển không khí đơn giản tại đầu vào của dụng cụ đếm hạt cực mịn. Thiết bị lấy các hạt nhỏ hơn một kích thước xác định. Ví dụ về thiết bị này gồm cơ cấu pin khuếch tán và bộ va chạm ảo.

Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị tách cỡ hạt nêu trong Bảng C.4.

Bảng C.4 – Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị tách cỡ hạt

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|---------------------|--|
| Độ không đảm bảo đo | (50±10) % di chuyển của các hạt tại kích thước xác định |
| Khoảng hiệu chuẩn | Thay đổi theo loại thiết bị; điển hình là 12 tháng |
| Lưu lượng mẫu | Lưu lượng thiết bị tách cỡ hạt phải ổn định, ±10 % với lưu lượng mẫu lớn hơn hoặc bằng yêu cầu của máy đếm |

C.3 Đếm hạt thô

C.3.1 Phép đo bằng kính hiển vi của các hạt thu gom trên giấy lọc, xem ASTM F312^[4].

C.3.2 Bộ va chạm theo đợt, hệ thống thu gom hạt khi mẫu cắt ngang tại lưu lượng dòng mẫu không đổi qua một loạt vòi phun với kích thước giảm dần; mặt vòi là bề mặt thu gom. Vì tốc độ chất lỏng tăng dần qua mỗi giai đoạn bộ vòi phun-thu gom, các hạt nhỏ hơn được thu gom để cân hoặc đếm sau khi thu gom.

Yêu cầu kỹ thuật đối với bộ va chạm theo đợt được nêu trong Bảng C.5.

Bảng C.5 – Yêu cầu kỹ thuật đối với bộ va chạm theo đợt

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|----------------------|---|
| Giới hạn/dải đo | Lưu lượng dòng mẫu mẫu như quy định |
| Độ nhạy/độ phân giải | Các hạt trực vi kế có thể được thu gom tại áp suất thấp |
| Độ chính xác | Tầng "điểm cắt" có độ chính xác là ≥ 90 % |
| Độ tuyến tính | Định lượng đáng kể của sa lắng kích thước trên và kích thước dưới |
| Độ ổn định | 50 %. Kích thước cắt phụ thuộc vào lưu lượng dòng mẫu mẫu |
| Thời gian phản ứng | Từ phút đến ngày, phụ thuộc vào phương pháp đo mẫu |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |

C.3.3 Máy đếm hạt thô rời rạc, thiết bị có khả năng đếm và định cỡ (khi có yêu cầu) các hạt thô trong không khí đơn giản.

Yêu cầu kỹ thuật đối với máy đếm hạt thô rời rạc được nêu trong Bảng C.6.

Bảng C.6 – Yêu cầu kỹ thuật đối với máy đếm hạt thô rời rạc

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|----------------------|---|
| Giới hạn/dải đo | Nồng độ hạt đến $1,0 \times 10^6/\text{cm}^3$ |
| Độ nhạy/độ phân giải | 5 μm đến 80 μm với độ phân giải 20 % |
| Độ không đảm bảo đo | Sai số kích thước $\pm 5 \%$ giá trị hiệu chuẩn đã cài đặt |
| Độ tuyến tính | Có thể thay đổi với thành phần và hình dạng hạt |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| Lưu lượng mẫu | (50 ± 20) % tại ngưỡng kích thước tối thiểu và (100 ± 10) % đối với các hạt lớn hơn hoặc bằng 1,5 lần kích thước ngưỡng tối thiểu |

C.3.4 Thiết bị định cỡ hạt theo thời gian bay, thiết bị đếm và định cỡ hạt rời rạc xác định đường kính khí động học của hạt bằng cách đo thời gian để hạt thích nghi với sự thay đổi về tốc độ không khí. Thường thực hiện điều này bằng cách đo thời gian chuyển dịch của hạt sau khi thay đổi tốc độ dòng chất lỏng.

Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị định cỡ hạt theo thời gian bay được nêu trong Bảng C.7.

Bảng C.7 – Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị định cỡ hạt theo thời gian bay

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|----------------------|---|
| Giới hạn/dải đo | Nồng độ hạt đến $1,0 \times 10^7/\text{m}^3$ |
| Độ nhạy/độ phân giải | 0,5 μm đến 20 μm với 10 % độ phân giải |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 5 \%$ giá trị hiệu chuẩn đã cài đặt |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| Lưu lượng mẫu | (50 ± 20) % tại ngưỡng kích thước tối thiểu và (100 ± 10) % đối với các hạt lớn hơn hoặc bằng 1,5 lần kích thước ngưỡng tối thiểu |

C.3.5 Bộ va chạm cân bằng Piezo, hệ thống thu gom hạt khi mẫu cất với tốc độ không đổi ngang qua một loạt vòi có kích thước giảm dần. Mặt vòi là mặt thu gom được lắp với bộ cảm biến khối lượng của cân vi lượng thạch anh áp điện để cân các hạt đã thu gom tại mỗi tầng trong quá trình thu gom.

Yêu cầu kỹ thuật đối với bộ va chạm cân bằng piezo được nêu trong Bảng C.8.

Bảng C.8 – Yêu cầu kỹ thuật đối với bộ cân bằng piezo

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|---------------------------|---|
| Độ nhạy/độ phân giải | 5 µm đến 50 µm hạt liên kết tại áp suất thấp |
| Độ tuyến tính | Số lượng đáng kể của sa lắng kích thước trên và kích thước dưới |
| Độ ổn định | Điểm cắt trên giai đoạn có thể thay đổi theo lưu lượng dòng mẫu |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| Độ nhạy thu gom tối thiểu | 10 µg/m ³ đối với hạt có tỷ trọng riêng là 2 |

C.4 Phép đo dòng không khí

C.4.1 Đồng hồ đo tốc độ không khí

C.4.1.1 Thiết bị đo gió bằng nhiệt, đo tốc độ không khí bằng cảm giác sự thay đổi trong sự truyền nhiệt của dụng cụ cảm biến nhiệt điện nhỏ được đặt vào dòng không khí.

Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị đo gió bằng nhiệt được nêu trong Bảng C.9.

Bảng C.9 – Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị đo gió bằng nhiệt

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|--|---|
| Giới hạn/dải đo | 0,1 m/s đến 1,0 m/s điển hình trong lớp đất, 0,5 m/s đến 20 m/s trong ống dẫn |
| Độ nhạy/độ phân giải | 0,05 m/s (hoặc tối thiểu là 1 % trên toàn thang đo) ^a |
| Độ không đảm bảo đo | ± (5 % số đọc + 0,1 m/s) ^a |
| Thời gian phản ứng | < 1 s tại 90 % của toàn thang đo |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| ^a Đối với độ nhạy và độ không đảm bảo đo, tham khảo ISO 7726. Các thiết bị này cần các hiệu chỉnh về sự khác nhau nhiệt độ không khí và sự thay đổi của áp suất môi trường. | |

C.4.1.2 Thiết bị đo bằng siêu âm, 3 kích thước hoặc tương đương, đo tốc độ không khí bằng cảm giác sự thay đổi trong sự thay đổi của tần số âm thanh (hoặc tốc độ âm thanh) giữa các điểm khác nhau trong dòng không khí được đo.

Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị đo gió bằng siêu âm được nêu trong Bảng C.10.

Bảng C.10 – Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị đo gió bằng siêu âm, 3 kích thước hoặc tương đương

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|----------------------|-------------------------------|
| Giới hạn/dải đo | 0 m/s đến 1 m/s trong lắp đặt |
| Độ nhảy/độ phân giải | 0,01 m/s |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 5\%$ số đọc |
| Thời gian phản ứng | < 1 s |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |

C.4.1.3 Thiết bị đo gió kiểu van, đo tốc độ không khí bằng đếm tốc độ xoay vòng của van đồng hồ đo gió trong dòng không khí.

Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị đo gió kiểu van được nêu trong Bảng C.11.

Bảng C.11 – Yêu cầu kỹ thuật đối với thiết bị đo gió kiểu van

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|----------------------|--|
| Giới hạn/dải đo | 0,2 m/s đến 10 m/s |
| Độ nhảy/độ phân giải | 0,1 m/s |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 0,2$ m/s hoặc $\pm 5\%$ số đọc, lấy giá trị lớn hơn |
| Thời gian phản ứng | < 10 s tại 90 % toàn thang đo |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |

C.4.1.4 Bộ dụng cụ đo tốc độ không khí và áp kế, đo tốc độ không khí bằng đếm tốc độ xoay vòng của van đồng hồ đo gió trong dòng không khí.

Yêu cầu kỹ thuật đối với dụng cụ đo tốc độ không khí và áp kế được nêu trong Bảng C.12

Bảng C.12 – Yêu cầu kỹ thuật đối với dụng cụ đo tốc độ không khí và áp kế

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|----------------------|-------------------------------|
| Giới hạn/dải đo | > 1,5 m/s |
| Độ nhảy/độ phân giải | 0,5 m/s |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 5\%$ số đọc |
| Thời gian phản ứng | < 10 s tại 90 % toàn thang đo |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |

C.4.2 Đồng hồ đo dòng không khí

C.4.2.1 Phễu hút có lưu lượng kế, đo lưu lượng dòng mẫu không khí từ vùng phía trên có thể có những thay đổi trong dòng không khí, được cung cấp một thể tích không khí từ vùng đó. Dòng không khí chung được thu gom và tập trung sao cho tốc độ tại điểm đo đại diện cho tốc độ trung bình của thiết diện ngang từ vùng chung

Yêu cầu kỹ thuật đối với phễu hút có lưu lượng kế được nêu trong Bảng C.13.

Bảng C.13 – Yêu cầu kỹ thuật đối với phễu hút có lưu lượng kế

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|--|---|
| Giới hạn/dải đo | Lưu lượng dòng mẫu là 50 m ³ /h đến tối thiểu là 1 700 m ³ /hr ^a |
| Độ không đảm bảo đo | ± 5 % số đọc |
| Thời gian phản ứng | < 10 s tại 90 % |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| ^a Dải điển hình đối với kích thước nắp đáy 600 x 600 mm. Giới hạn đo và độ phân giải phụ thuộc vào kích thước nắp đáy đã sử dụng. | |

C.4.2.2 Đồng hồ đo lỗ định cỡ, tham khảo TCVN 8113-2 (ISO 5167-2^[20]).

C.4.2.3 Đồng hồ Venturi, tham khảo TCVN 8113-4 (ISO 5167-4^[22]).

C.5 Phép thử độ chênh áp không khí

C.5.1 Vi áp kế điện tử, sử dụng để hiển thị hoặc tạo ra trị số độ chênh áp giữa không gian và khoảng bao quanh nó bằng cách phát hiện sự thay đổi điện dung tĩnh điện hoặc điện trở điện tử do sự đổi chỗ của một màng chắn.

Yêu cầu kỹ thuật đối với vi áp kế điện tử được nêu trong Bảng C.14.

Bảng C.14 – Yêu cầu kỹ thuật đối với vi áp kế điện tử

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|----------------------|--|
| Giới hạn/dải đo | 0 Pa đến 100 Pa đối với dải nhỏ; 0 kPa đến 100 kPa đối với dải lớn |
| Độ nhạy/độ phân giải | 1 Pa/0,1 Pa đối với dải từ 0 Pa đến 100 Pa |
| Độ không đảm bảo đo | ± 1,5 % số đọc trên toàn dải 0 Pa đến 100 Pa ± 1 % số đọc trên toàn dải 0 kPa đến 100 kPa |

C.5.2 Áp kế nghiêng, sử dụng để đo độ chênh áp giữa hai điểm khác nhau, bằng cách nhìn để phát hiện chỉ thị trên thang đo biên độ nghiêng đỉnh áp suất nhỏ (chiều cao) trên ống đo được đổ đầy bằng chất lỏng như nước hoặc cồn.

Yêu cầu kỹ thuật đối với áp kế nghiêng được nêu trong Bảng C.15.

Bảng C.15 – Yêu cầu kỹ thuật đối với áp kế nghiêng

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|------------------------|---|
| Giới hạn/dải đo | 0 kPa đến 0,3 kPa hoặc 0 kPa đến 1,5 kPa |
| Độ nhạy | 1 Pa đối với dải từ 0 kPa đến 0,3 kPa |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 3 \%$ đối với dải 0 kPa đến 0,3 kPa |
| Khả năng thang biên độ | 2 (tại cực tiểu) đến 10 tại 0 kPa đến 0,3 kPa |

C.5.3 Dụng cụ đo chênh áp bằng cơ, sử dụng để đo chênh áp của không khí giữa hai vùng khác nhau, bằng cách phát hiện khoảng cách chuyển động của một cây kim nối với một cơ cấu cơ hoặc liên kết từ tính tới sự đổi chỗ của một màng chắn.

Yêu cầu kỹ thuật đối với dụng cụ đo chênh áp bằng cơ được nêu trong Bảng C.16.

Bảng C.16 – Yêu cầu kỹ thuật đối với dụng cụ đo chênh áp bằng cơ

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|----------------------|--|
| Giới hạn/dải đo | 0 Pa đến 50 Pa đối với dải nhỏ; 0 kPa đến 50 kPa đối với dải lớn |
| Độ nhạy/độ phân giải | 0,5 Pa đối với dải từ 0 Pa đến 50 Pa |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 5 \%$ số đọc trên toàn dải từ 0 Pa đến 50 Pa $\pm 2,5 \%$ số đọc trên toàn dải từ 0 kPa đến 50 kPa |

C.6 Phép thử rò rỉ của hệ thống lọc đã lắp đặt

C.6.1 Quang kế sol khí

C.6.1.1 Quang kế sol khí tuyến tính, đo nồng độ khối lượng của sol khí tính bằng microgam trên lít ($\mu\text{g/l}$). Quang kế sử dụng một buồng quang học tán xạ ánh sáng ở phía trước để tiến hành phép đo này. Thiết bị này có thể sử dụng để đo trực tiếp sự xâm nhập rò rỉ bộ lọc.

Yêu cầu kỹ thuật đối với quang kế sol khí tuyến tính được nêu trong Bảng C.17.

Bảng C.17 – Yêu cầu kỹ thuật đối với quang kế sol khí tuyến tính

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|-----------------------------------|---|
| Giới hạn/dải đo | 0,001 µg/l đến 100 µg/l – 5 toàn dải tuyến tính nhóm mười |
| Độ nhạy/độ phân giải ^a | 0,001 µg/l |
| Độ không đảm bảo đo | ± 5 % |
| Độ tuyến tính | ± 0,5 % |
| Độ ổn định | ± 0,002 µg/l trên phút |
| Thời gian phản ứng | Từ 0% đến 90 %, ≤ 30 s; từ 100 µg/l đến 10 g/l, ≤ 60 s |
| Khoảng hiệu chuẩn | 12 tháng hoặc 400 h hoạt động, chọn giá trị sớm hơn |
| Chiều dài ống cực dò mẫu | Chiều dài lớn nhất là 4 m |
| Kích thước hạt | 0,1 µm đến 0,6 µm trên toàn dải đo |
| Dòng lấy mẫu | Lưu lượng dòng mẫu danh nghĩa ± 15 % |
| Cực dò mẫu | Xem B.6.2.4 |

C.6.1.2 Quang kế sol khí loga, sử dụng để đo nồng độ khối lượng của sol khí tính bằng microgam trên lít (µg/l). Quang kế sử dụng một buồng quang học tán xạ ánh sáng ở phía trước để tiến hành phép đo này. Thiết bị này không thể đo trực tiếp sự xâm nhập rò rỉ bộ lọc.

Yêu cầu kỹ thuật đối với quang kế sol khí loga được nêu trong Bảng C.18.

Bảng C.18 – Yêu cầu kỹ thuật đối với quang kế sol khí lôga

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|-----------------------------------|--|
| Giới hạn/dải đo | 0,01 µg/l đến 100 µg/l – trên một dải đo |
| Độ nhạy/độ phân giải ^a | 0,001 µg/l |
| Độ không đảm bảo đo | ± 5 % |
| Độ ổn định | ± 0,002 µg/l trên phút |
| Thời gian phản ứng | Từ 0% đến 90 %, ≤ 60 s; từ 100 µg/l đến 10 g/l, ≤ 90 s |
| Khoảng hiệu chuẩn | 12 tháng hoặc 400 h hoạt động, chọn giá trị sớm hơn |
| Chiều dài ống cực dò mẫu | Chiều dài lớn nhất là 4 m |
| Kích thước hạt | 0,1 µm đến 0,6 µm trên toàn dải đo |
| Dòng lấy mẫu | Lưu lượng dòng mẫu danh nghĩa ± 15 % |
| Cực dò mẫu | Xem B.6.2.4 |

C.6.2 Máy đếm hạt rời rạc (DPC), xem C.1.1.

C.6.3 Máy tạo sol khí, có khả năng tạo ra chất hạt có dải kích thước phù hợp, (ví dụ 0,05 μm đến 2 μm) tại nồng độ yêu cầu, nồng độ này có thể được tạo bởi phương pháp nhiệt, thủy lực, khí nén, âm học hoặc tĩnh điện,

C.6.4 Chất tạo sol khí thử, sau đây là chất điển hình để tạo ra sol khí thử; sol khí thử lỏng hoặc rắn để tạo bằng cách phun hoặc tán nhỏ phun vào khí quyển.

- a) dầu poly-alpha olefin (PAO)¹⁾, 4 cSt (ví dụ CAS No. 68649-12-7)²⁾;
- b) dietyl nhòn (DOS);
- c) di-2-ethyl hexyl nhòn (DEHS);
- d) dioctyl (2-ethyl hexyl) phtalate (DOP³⁾) (ví dụ CAS No. 117-81-7);
- e) vỏ ondina (EL) dầu khoáng chất lượng thực phẩm (ví dụ CAS No. 8042-47-5);
- f) dầu parafin (ví dụ CAS No. 64742-46-7);
- g) latex polystyrene (PSL)

Nếu có thể đạt được nồng độ yêu cầu, có thể sử dụng sol khí khí quyển.

C.6.5 Hệ thống, thiết bị pha loãng, ở đây sol khí được pha loãng với không khí sạch trọng một tỷ lệ thể tích đã biết (từ 10 đến 100) để giảm nồng độ.

C.7 Phép thử trực tiếp dòng khí và nhìn thấy được

C.7.1 Thiết bị, vật liệu và các phụ kiện để thử trực tiếp và nhìn thấy được dòng không khí, xem Bảng C.19 và C.20.

Bảng C.19 – Vật liệu và hạt sử dụng trong phương pháp sợi chỉ dầu vết hoặc phun

| Điều mục | Mô tả |
|---|--|
| Vật liệu sử dụng trong phương pháp sợi chỉ dầu vết | Sợi tơ, vải, .v.v... |
| Hạt sử dụng trong phương pháp phun dầu vết | DI nước hoặc sương mù lỏng khác kích thước từ 0,5 μm đến 50 μm Bong bóng tỷ trọng trung tính trong không khí tại vị trí đo Sương mù thử vô cơ hoặc hữu cơ |
| Thiết bị ghi hình để ghi lại ảnh đã hình dung hoặc hình ảnh hạt vết | Các thiết bị khác nhau như màn hình chụp ảnh, màn hình video gồm ống nháy sáng tốc độ cao hoặc các chức năng xảy ra đồng thời và thiết bị ghi hình đã sử dụng trong quy trình hình dung dòng |

CHÚ THÍCH Sau khi hình dung dòng, yêu cầu phải làm sạch lại lắp đặt.

Bảng C.20 – Nguồn rọi sáng để hình dung dòng không khí

| Điều mục | Mô tả |
|---|---|
| Nguồn rọi sáng khác nhau để quan sát tương phản hoặc hình dung dòng không khí | Đèn vonfram, đèn huỳnh quang, đèn haloden, đèn thủy ngân, nguồn sáng laze (He-Ne, ion argon, YAG laze, v.v...) có hoặc không có đèn chớp hoặc thiết bị đồng thời để ghi |
| Kỹ thuật xử lý hình ảnh để đo lường định lượng bằng cách hình dung dòng | Phương pháp lá sáng laze, gồm nguồn laze công suất cao (laze argon hoặc YAG) các thấu kính gồm thấu kính hình trụ và bộ kiểm soát khí quan sát dòng không khí hai kích thước. |

C.7.2 Thiết bị đo gió bằng nhiệt, xem C.4.1.1.

C.7.3 Thiết bị đo gió bằng siêu âm ba kích thước, xem C.4.1.2.

C.7.4 Máy tạo sol khí

Máy tạo sol khí đối với các vết khí hình dung dòng có thể tham khảo C.6.3. Một số ví dụ ứng dụng, ví dụ máy tạo hạt và máy phun bằng siêu âm nêu dưới đây.

C.7.4.1 Máy phun bằng siêu âm, được sử dụng để tạo sol khí (sương mù), sử dụng sóng âm hội tụ để tạo sol khí một chất lỏng (ví dụ DI nước) thành các giọt cực nhỏ.

Yêu cầu kỹ thuật đối với máy phun bằng siêu âm được nêu trong Bảng C.21.

Bảng C.21 – Yêu cầu kỹ thuật đối với máy phun bằng siêu âm

| Điều mục | Mô tả |
|--|--|
| Dài kích thước hạt của giọt nhỏ | Ví dụ từ 6 μm đến 9 μm , hoặc từ 30 μm đến 70 μm^a (MMD) |
| Nồng độ treo | 70 g/cm ³ đến 150 g/cm ³ tại dung dịch cấp liệu từ 1 ml/min đến 6 ml/min |
| ^a Dài kích thước phụ thuộc vào tần số siêu âm, ví dụ 1 MHz đối với dài từ 6 μm đến 9 μm | |

C.7.4.2 Máy tạo sương mù, sử dụng để tạo sol khí (sương mù), sử dụng sự chuyển tiếp giữa chất khí đến chất lỏng bằng cách làm lạnh hơi nước DI đến điểm sương.

Yêu cầu kỹ thuật đối với máy tạo sương mù được nêu trong Bảng C.22.

Bảng C.22 – Yêu cầu kỹ thuật đối với máy tạo sương mù

| Điều mục | Mô tả |
|---------------------------------|--|
| Dài kích thước hạt của giọt nhỏ | 1 μm đến 10 μm (MMD) |
| Tốc độ tạo hạt | 1 g/min đến 25 g/min |

C.8 Phép đo nhiệt độ

C.8.1 Nhiệt kế thủy tinh, xem ISO 7726.

C.8.2 Nhiệt kế, xem ISO 7726.

C.8.3 Dụng cụ đo nhiệt điện trở, xem ISO 7726.

C.8.4 Nhiệt điện trở, xem ISO 7726.

C.9 Phép đo độ ẩm

C.9.1 Điện dung theo dõi độ ẩm, xem ISO 7726.

C.9.2 Tóc theo dõi độ ẩm, xem ISO 7726.

C.9.3 Cảm biến điểm sương, xem ISO 7726.

C.9.4 Dụng cụ đo độ ẩm, xem ISO 7726.

C.10 Phép thử tĩnh điện và tạo ion

C.10.1 Von kế tĩnh điện, đo điện áp trung bình (điện thế) trong một diện tích nhỏ bằng cách cảm nhận độ nhạy của điện trường tại điện cực bên trong cực dò qua một lỗ nhỏ bên trong cực dò.

Yêu cầu kỹ thuật đối với von kế tĩnh điện được nêu trong Bảng C.23 và C.24.

Bảng C.23 – Yêu cầu kỹ thuật đối với von kế tĩnh điện

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|-----------------------------------|--|
| Giới hạn/dải đo | - 3 kV đến + 3 kV |
| Độ nhạy/độ phân giải ^a | Đường kính đầu (diện tích) 0,8 mm; 0,3 V(rms) hoặc 2 V (p-p) |
| Độ không đảm bảo đo | 0,1 % |
| Thời gian phản ứng | < 4 ms (10 % đến 90 %) |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |

Bảng C.24 – Yêu cầu kỹ thuật đối với von kế tĩnh điện cầm tay hoặc trường kế tĩnh điện

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|---------------------|-------------------------------------|
| Giới hạn/dải đo | ± 10 kV/cm |
| Độ không đảm bảo đo | ± 5 % số đọc hoặc $\pm 0,01$ kV |
| Thời gian phản ứng | < 2 s đối với 0 kV đến ± 5 kV |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |

C.10.2 Ôm kế điện trở cao, đo điện trở của chất và các linh kiện cách điện bằng cách cảm nhận dòng rò từ một thiết bị có sử dụng điện áp cao đến một thiết bị đưa thử.

Yêu cầu kỹ thuật đối với ôm kế điện trở cao được nêu trong Bảng C.25.

Bảng C.25 – Yêu cầu kỹ thuật đối với ôm kế điện trở cao

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|----------------------|--|
| Giới hạn/dài đo | Từ 1000 Ω đến $3 \times 10^9 \Omega$ |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 5 \%$ đối với từng dài đo |
| Thời gian phản ứng | 10 ms đến 390 ms |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| Điện áp thử | DC 0,1 V đến 1000 V |
| Dòng đầu vào cực đại | < 10 mA |
| Dòng đầu ra cực đại | 10 mA đối với < 100 V, 5 mA đối với < 250 V, 2 mA đối với < 500 V và 1 mA đối với < 1000 V |

C.10.3 Bộ điều khiển tấm tích điện, thiết bị sử dụng để đo tính chất trung hoà của lớp đặt bộ tạo ion hoặc ion hoá.

Yêu cầu kỹ thuật đối với bộ điều khiển tấm tích điện được nêu trong Bảng C.26.

Bảng C.26 – Yêu cầu kỹ thuật đối với bộ điều khiển tấm tích điện

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|---------------------|---|
| Giới hạn/dài đo | - 5 kV đến + 5 kV |
| Độ không đảm bảo đo | $\pm 5 \%$ đối với toàn dài đo |
| Thời gian phản ứng | 0,1 s |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| Cách điện | Tự phóng điện nhỏ hơn 10 % trong 5 min với độ ẩm 40 % RH và nhỏ hơn 200 ion/cm ³ |
| Điện dung của tấm | (20 \pm 2) pF |
| Kích thước tấm | 150 mm x 150 mm |
| Tích điện | Tối thiểu 1 kV cho mỗi điện cực, dòng bị hạn chế |

C.11 Phép thử sa lắng hạt

C.11.1 Quang kế hạt bay, đo tổng ánh sáng phân tán từ các hạt sa lắng trên tấm thu gom bằng thủy tinh sẫm rồi báo cáo số liệu dưới dạng một hệ số sa lắng có liên quan đến nồng độ hạt sa lắng thành lớp phủ ngoài bề mặt tới hạn.

Yêu cầu kỹ thuật đối với quang kế hạt bay được nêu trong Bảng C.27.

Bảng C.27 – Yêu cầu kỹ thuật đối với quang kế hạt bay

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|---------------------|---|
| Giới hạn/dải đo | Đến 0,5 % diện tích |
| Khoảng hiệu chuẩn | Tối đa là 12 tháng |
| Vật liệu hiệu chuẩn | Hạt huỳnh quang 4 μm và 10 μm |

C.11.2 Máy đếm bề mặt hạt, đo số lượng (và kích thước) của các hạt rời rạc sa lắng trên một bề mặt bằng ánh sáng tán xạ.

Yêu cầu kỹ thuật đối với máy đếm bề mặt hạt được nêu trong Bảng C.28.

Bảng C.28 – Yêu cầu kỹ thuật đối với máy đếm bề mặt hạt

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|-------------|--|
| Giới hạn đo | 0,1 μm đến 5 μm \leq 10 % phân giải kích thước |

C.11.3 Máy tạo hạt PSL, là một dụng cụ phun không khí nén tạo các hạt hình cầu và đơn phân tán PSL (latex polystyren) bằng cách phun sol khí lỏng. Các hạt PSL có thể sử dụng để hiệu chuẩn DPC và lấy mẫu chọn cỡ ví dụ bộ va chạm từng đợt.

Yêu cầu kỹ thuật đối với máy tạo hạt PSL được nêu trong Bảng C.29.

Bảng C.29 – Yêu cầu kỹ thuật đối với máy tạo hạt PSL

| Điều mục | Yêu cầu kỹ thuật |
|------------------------|---|
| Dài kích thước đo | 0,1 μm đến 2 μm điển hình |
| Nồng độ sol khí | Khoảng đến $10^7/\text{cm}^3$ |
| Nồng độ | Khoảng 300 hạt/lit đến 30 000 hạt/lit |
| Áp suất phun không khí | Ví dụ, 177 kPa; 120 l/h |

C.12 Phép thử độ thu hồi

C.12.1 Máy đếm hạt rời rạc (DPC), xem C.1.1.

C.12.2 Máy tạo sol khí, xem C.6.3.

C.12.3 Hệ thống pha loãng, xem C.6.5.

C.13 Phép thử thu hồi

C.13.1 Máy đếm hạt rời rạc, xem C.1.1.

C.13.2 Máy tạo sol khí, xem C.6.3.

C.13.3 Hệ thống pha loãng, xem C.6.5.

C.13.4 Quang kế, xem C.6.1.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ASME N510-1999 *Testing of nuclear Air-treatment systems (Thử nghiệm hệ thống xử lý không khí hạt nhân)* Fairfield, New Jersey, US: Americal society of mechanical engineers
- [2] ASTM F24-00 *Standard method for measuring and counting particulate contaminaton on surfaces (Phương pháp chuẩn để đo và đếm nhiễm hạt trên bề mặt)* Philadelphia, Pemsylvania, US: Americal society for testing and materials
- [3] ASTM F50-92 (2001) e1, *Standard practice for continuous sizing and counting of airborne particles in dust-controlied areas and clean room using instument capable of detecting single sub-micrometer and large particles (Thực hành chuẩn để liên tục định cỡ và đếm hạt trong không khí ở vùng được kiểm soát bụi và phòng sạch bằng cách sử dụng dụng cụ có khả năng phát hiện các hạt bán-micromet và hạt lớn)* Philadelphia, Pemsylvania, US: Americal society for testing and materials
- [4] ASTM F312-98 (2003) *Standard test methods for microscopical sizing and counting particles from aerospace fluids on membrane filters (Phương pháp thử chuẩn để định cỡ bằng kính hiển vi và đếm hạt từ chất lỏng hàng không vũ trụ trên màng lọc)* Philadelphia, Pemsylvania, US: Americal society for testing and materials
- [5] ASTM F328-98 (2003) *Standard practice for calibraton of an airborne particle counter using monodisperse spherical particles (Thực hành chuẩn để hiệu chuẩn máy đếm hạt trong không khí có sử dụng các hạt đơn phân tán hình cầu)* Philadelphia, Pemsylvania, US: Americal society for testing and materials
- [6] ASTM F1471-93 (2001) *Standard test methods for air cleaning performance of a hight-efficiency particulate air-filter system (Phương pháp thử chuẩn đối với tính năng làm sạch không khí của hệ thống lọc hạt trong không khí hiệu suất cao)* Philadelphia, Pemsylvania, US: Americal society for testing and materials
- [7] Chemical abstracts service registry (Sổ đăng ký dịch vụ tóm tắt hoá học) Columbus, Ohio, US: Americal chemical society
- [8] EN 1822-2:2000 *High efficiency air filters (HEPA and ULPA) – Part 2: Aerosol production, measuring equipment particle counting statistics [Bộ lọc không khí hiệu suất cao (HEPA và ULPA) – Phần 2: Tạo sol khí bằng thiết bị đo, đếm thống kê hạt]*
- [9] EN 1822-4:2000 *High efficiency air filters (HEPA and ULPA) – Part 4: Determining leakage of filter element (scan method) [Bộ lọc không khí hiệu suất cao (HEPA và ULPA) – Phần 4: Xác định rò rỉ của bộ phận lọc (phương pháp quét)]*
- [10] EN 12599:2000 *Ventilation for building – Test procedures and measuring methods for handing over installed ventilation and air conditioning systems (Thông gió cho toà nhà – Quy trình thử và phương pháp đo để xử lý hệ thống thông gió và điều hoà không khí đã lắp đặt)*
- [11] IEST-G-CC1001:1999 *Counting airborne particle for classification and monitoring of cleanrooms*

- and clean zones (Đếm hạt trong không khí để phân loại và theo dõi phòng sạch và vùng sạch) Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environment Sciences and Technology*
- [12] IEST-G-CC1002:1999 *Determination of the concentration of airborn ultrafine particle (Xác định nồng độ hạt cực mịn trong không khí) Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environment Sciences and Technology*
- [13] IEST-G-CC1003:1999 *Measurement of airborn macroarticles (Đo hạt thô trong không khí) Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environment Sciences and Technology*
- [14] IEST-RP-CC001.3:1993 *HEPA and ULPA filters (Bộ lọc HEPA và ULPA) Rolling Meadows, Illinois, US : Institute of Environment Sciences and Technology*
- [15] IEST-RP-CC001.3:1993 *HEPA and ULPA filters (Bộ lọc HEPA và ULPA) Rolling Meadows, Illinois, US : Institute of Environment Sciences and Technology*
- [15] IEST-RP-CC006.3:2004 *Testing cleanrooms (Thử nghiệm phòng sạch) Rolling Meadows, Illinois, US : Institute of Environment Sciences and Technology*
- [16] IEST-RP-CC007.1:1992 *Testing ULPA filters (Thử nghiệm bộ lọc ULPA) Rolling Meadows, Illinois, US : Institute of Environment Sciences and Technology*
- [17] IEST-RP-CC021.1:1993 *Testing HEPA and ULPA filter media (Thử nghiệm môi trường lọc HEPA và ULPA) Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environment Sciences and Technology*
- [18] IEST-RP-CC034.2:1999 *HEPA and ULPA filter media (Môi trường lọc HEPA và ULPA) Rolling Meadows, Illinois, US : Institute of Environment Sciences and Technology*
- [19] TCVN 8113-1 (ISO 5167-1:2003) *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part1: General principles and requirements (Đo dòng chất lỏng bằng phương tiện của dụng cụ chênh áp lỏng trong ống dẫn tiết diện ngang hình tròn toàn dòng chảy – Phần 1: Nguyên tắc và yêu cầu chung*
- [20] TCVN 8113-2 (ISO 5167-2:2003) *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 2: Orifice plates (Đo dòng chất lỏng bằng phương tiện của dụng cụ chênh áp lỏng trong ống dẫn tiết diện ngang hình tròn toàn dòng chảy – Phần 2 : Tấm định cỡ)*
- [21] TCVN 8113-3 (ISO 5167-3:2003) *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 3: Nozzles and Venturi nozzle (Đo dòng chất lỏng bằng phương tiện của dụng cụ chênh áp lỏng trong ống dẫn tiết diện ngang hình tròn toàn dòng chảy – Phần 3: Ống và ống khuếch tán)*
- [22] TCVN 8113-4 (ISO 5167-4:2003) *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full – Part 4: Venturi tubes (Đo dòng chất lỏng bằng phương tiện của dụng cụ chênh áp lỏng trong ống dẫn tiết diện ngang hình tròn toàn dòng chảy – Phần 4 : Ống khuếch tán)*

- [23] JACA No.24:1989 *Standardization and evaluation of clean room facilities (Tiêu chuẩn hoá và đánh giá tiện nghi phòng sạch)* Japanese Industrial standards committee
- [24] JAC B 9921:1997 *Light scattering automatic particle counter (Máy đếm hạt tán xạ ánh sáng tự động)* Japanese Industrial standards committee
- [25] SEMI E14-93 *Measurement of particle contamination contributed to the product from the process or support tool (Phép đo ô nhiễm hạt phân bố vào sản phẩm từ quá trình hoặc công cụ hỗ trợ)*. San Jose, California, US : SEMI (1997)
- [26] US Patent 5,059,349 *Method of measuring the efficiency of gas mask filter using monodispersed aerosols (Phương pháp đo hiệu suất lọc của mặt nạ khí bằng cách sử dụng sol khí đơn phân tán)*
- [27] US Patent 5,059,352 *Method for the generation of monodispersed aerosols for filter testing (Phương pháp để tạo sol khí đơn phân tán cho thử nghiệm lọc)*
- [28] VDI 2083 Part 4: 1996 *Cleanroom technology – Surface cleanliness (Công nghệ phòng sạch – Độ sạch bề mặt)*. Berlin; Beuth Verlag GmbH
-