

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 9857:2013  
ISO 15001:2010**

**THIẾT BỊ GÂY MÊ VÀ HÔ HẤP -  
TÍNH TƯƠNG THÍCH VỚI OXY**

*Anaesthetic and respiratory equipment - Compatibility with oxygen*

**HÀ NỘI - 2013**

**Mục lục**

	Trang
Lời nói đầu .....	4
Lời giới thiệu.....	5
1* Phạm vi áp dụng.....	7
2 Tài liệu viện dẫn.....	7
3 Thuật ngữ và định nghĩa .....	7
4 Độ sạch .....	9
5* Khả năng chống bắt lửa.....	9
6 Quản lý rủi ro .....	10
Phụ lục A - (tham khảo) - Ví dụ về các quy trình làm sạch .....	11
Phụ lục B - (tham khảo) - Các phương pháp điển hình để đánh giá xác nhận các quy trình làm sạch .....	20
Phụ lục C - (tham khảo) - Xem xét về thiết kế.....	23
Phụ lục D - (tham khảo) - Lựa chọn vật liệu.....	29
Phụ lục E - (tham khảo) - Phương pháp đốt khuyến cáo và phân tích định lượng các sản phẩm cháy của các vật liệu phi kim.....	44
Phụ lục F - (tham khảo) - Thuyết minh.....	49
Thư mục tài liệu tham khảo.....	50

**Lời nói đầu**

**TCVN 9857:2013** hoàn toàn tương đương với ISO 15001:2010.

**TCVN 9857:2013** 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.

## Lời giới thiệu

Oxy, dù nguyên chất hay pha trộn với các loại khí y tế khác, được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng y tế. Vì bệnh nhân và nhân viên y tế thường ở gần các thiết bị có sử dụng oxy, nguy cơ bị thương tích là cao nếu có lửa trong môi trường có nhiều oxy. Một nguyên nhân hay gặp tạo ra lửa là nguồn nhiệt sinh ra từ nén đoạn nhiệt và sự có mặt của hydro-carbon và các chất ô nhiễm đặc biệt thúc đẩy sự bắt lửa. Một số sản phẩm cháy, đặc biệt một số phi kim (như nhựa, các chất đàn hồi, các chất bôi trơn) độc và do đó các bệnh nhân ở xa thiết bị đó và đang nhận oxy từ một hệ thống ống dẫn khí y tế có thể bị thương nếu có vấn đề xảy ra. Các thiết bị khác ở gần thiết bị sử dụng oxy, hoặc sử dụng oxy làm nguồn năng lượng, có thể bị hư hỏng hoặc không hoạt động nếu có vấn đề với thiết bị oxy.

Việc làm giảm hoặc tránh các nguy cơ này phụ thuộc vào việc lựa chọn vật liệu phù hợp, các quy trình làm sạch, thiết kế và sản xuất thiết bị đúng cách để nó tương thích với oxy trong các điều kiện sử dụng.

Tiêu chuẩn này đưa ra các khuyến cáo cho việc lựa chọn các vật liệu và làm sạch các bộ phận, để sử dụng với oxy và các môi trường giàu oxy.

Phụ lục F nêu các cơ sở của các yêu cầu của tiêu chuẩn này. Tiêu chuẩn này được đưa ra để bổ sung thêm quan điểm về lý do dẫn đến các yêu cầu và khuyến cáo gắn kết với tiêu chuẩn này. Các điều khoản và các phần được đánh dấu hoa thị (\*) có các phần cơ sở tương ứng nêu trong Phụ lục F. Việc hiểu biết các cơ sở của các yêu cầu sẽ không chỉ tạo điều kiện cho việc áp dụng đúng tiêu chuẩn này mà còn giúp xúc tiến các sửa đổi về sau này.

Điều được trông đợi là các tiêu chuẩn của thiết bị cụ thể sẽ tham khảo tiêu chuẩn này và có thể củng cố các yêu cầu tối thiểu này nếu phù hợp.

Các tiêu chuẩn thiết bị cụ thể có thể quy định rằng một số yêu cầu của tiêu chuẩn này có thể được áp dụng cho các loại khí y tế ngoài oxy

## Thiết bị gây mê và hô hấp – Tính tương thích với oxy

*Anaesthetic and respiratory equipment – Compatibility with oxygen*

### 1\* Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về độ tương thích với oxy của các vật liệu, các bộ phận và các thiết bị dùng trong gây mê và hô hấp, có thể tiếp xúc với oxy trong điều kiện bình thường hoặc trong trạng thái đơn lồi khi áp suất khí vượt quá 50 kPa.

Ngoài ra, tiêu chuẩn này cung cấp các hướng dẫn chung đối với việc lựa chọn vật liệu và các bộ phận dựa trên các dữ liệu sẵn có về tính tương thích của chúng với oxy và đối với việc tiến hành phân tích nguy cơ, bao gồm đề cập đến độc tính của các sản phẩm cháy và/hoặc các sản phẩm phân hủy.

Các khía cạnh về tính tương thích được đề cập trong tiêu chuẩn này bao gồm độ sạch, khả năng chống bắt lửa và độc tính của các sản phẩm cháy và/hoặc sản phẩm phân hủy ở các giai đoạn thiết kế, sản xuất, bảo dưỡng và thải bỏ.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho tương thích sinh học.

Tiêu chuẩn này có thể áp dụng được cho các thiết bị gây mê và hô hấp trong phạm vi của Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia biên soạn, ví dụ các hệ thống ống dẫn khí y tế, bộ điều áp, các thiết bị đầu cuối, các đơn vị cung cấp trong y tế, bộ nói mềm, các thiết bị đo lường, máy gây mê và máy thông khí phổi.

### 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên 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 8023 (ISO 14971) *Trang thiết bị y tế - Áp dụng quản lý rủi ro đối với trang thiết bị y tế.*

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

#### 3.1

**Nén đoạn nhiệt** (adiabatic compression)

Quá trình nén diễn ra mà không có truyền nhiệt vào hoặc ra khỏi một hệ thống

3.2

**Nhiệt độ tự bắt cháy (auto-ignition temperature)**

Nhiệt độ tại đó một vật liệu sẽ tự động bắt lửa trong điều kiện xác định

3.3

**Nồng độ gây chết người (lethal concentration)**

**LC<sub>50</sub>**

Nồng độ của một khí (hoặc một hỗn hợp khí) trong không khí, được phơi nhiễm một lần duy nhất trong một thời gian ngắn (24 h hoặc ít hơn) cho một nhóm chuột bạch mới trưởng thành (đực và cái) và làm chết một nửa số con trong vòng ít nhất 14 ngày.

[ISO 10298:2010, định nghĩa 3.1]

3.4

**Chỉ số oxy (oxygen index)**

Nồng độ oxy tối thiểu theo phần trăm thể tích trong một hỗn hợp gồm oxy và nitơ tại  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  có thể làm cháy một vật liệu trong các điều kiện thử nghiệm xác định.

[ISO 4589-2:1996, định nghĩa 3.1]

3.5

**Nhân viên kỹ thuật có trình độ (qualified technical person)**

Nhân viên bằng giáo dục, đào tạo hoặc kinh nghiệm biết cách áp dụng các nguyên lý vật lý và hóa học có liên quan đến các phản ứng giữa oxy và các vật liệu khác.

3.6

**Điều kiện đơn lỗi (single fault condition)**

Trạng thái trong đó một biện pháp đơn lẻ làm giảm nguy cơ bị hỏng hoặc một điều kiện bất thường đơn lẻ hiện diện.

[TCVN 7303-1:2010 (IEC 60601-1:2009), định nghĩa 3.116]

3.7

**Giá trị giới hạn ngưỡng (threshold limit value)**

**TLV**

Nồng độ trong không khí mà hầu hết nhân viên có thể bị phơi nhiễm trong điều kiện làm việc 8 h một ngày và 40 h một tuần mà không có tác dụng phụ nào.

3.8

**Hỗn hợp giàu oxy (oxygen-enriched mixture)**

Hỗn hợp có hơn 23,5 % lần thể tích là oxy

## 4 Độ sạch

4.1\* Trừ khi có quy định khác trong các tiêu chuẩn trang thiết bị đặc biệt, các bề mặt của các bộ phận có tiếp xúc với oxy trong quá trình vận hành bình thường hoặc trong trạng thái đơn lỗi, phải:

- a) \* đối với các ứng dụng trong phạm vi dải áp suất từ 50 kPa đến 3000 kPa, không được có mức ô nhiễm hydrocacbon lớn hơn 550 mg/m<sup>2</sup>.

Nhà sản xuất phải xác định và bảo đảm rằng mức ô nhiễm phù hợp với ứng dụng dự kiến;

- b) \* đối với các ứng dụng tại các áp suất trên 3000 kPa:

- không được có mức ô nhiễm hydrocacbon lớn hơn 220 mg/m<sup>2</sup>;
- không được có các hạt có kích thước lớn hơn 100 µm.

Các yêu cầu này phải được đáp ứng thông qua sử dụng phương pháp sản xuất hợp lý hoặc sử dụng quy trình làm sạch phù hợp. Phải kiểm tra việc tuân thủ bằng xác nhận độ sạch của các bộ phận hoặc bằng thẩm định quy trình làm sạch hoặc quy trình sản xuất.

Tiêu chuẩn này không quy định các phương pháp làm sạch có thể định lượng hoặc các quy trình thẩm định đối với các quy trình đó so với các giá trị trong các phần a) và b) nêu trên. Tuy nhiên, Phụ lục A có nêu các ví dụ của các quy trình làm sạch đã biết và Phụ lục B nêu các ví dụ của các phương pháp thẩm định đối với các quy trình làm sạch.

CHÚ THÍCH Các số liệu 550 mg/m<sup>2</sup> và 220 mg/m<sup>2</sup> đối với ô nhiễm hydrocacbon được lấy từ ASTM G93-03<sup>[21]</sup> và số liệu 3000 kPa lấy từ EIGA IGC 33/06/E<sup>[49]</sup>.

4.2 Phải cung cấp các biện pháp xác định các bộ phận và các thiết bị đã được làm sạch để sử dụng với oxy theo tiêu chuẩn này.

4.3 Các chất và các phương pháp làm sạch phải tương thích với vật liệu, bộ phận và thiết bị cần làm sạch.

Nhà sản xuất phải đưa ra bằng chứng về sự tuân thủ khi có yêu cầu.

CHÚ THÍCH Các quy định của quốc gia hoặc khu vực có thể yêu cầu cung cấp bằng chứng cho một cơ quan được thông báo hoặc cơ quan có thẩm quyền khi có yêu cầu.

4.4 Các biện pháp (như đóng gói hay thông tin do nhà sản xuất cung cấp) phải được tiến hành nhằm duy trì độ sạch của các bộ phận và các thiết bị đã được làm sạch để dùng với oxy theo quy định của tiêu chuẩn này.

## 5\* Khả năng chống bắt lửa

Các thiết bị được thiết kế đối với các mức áp suất trên 3000 kPa phải không được bắt lửa khi phép thử tác động của khí theo các quy trình được mô tả trong các tiêu chuẩn sản phẩm liên quan tại áp suất thử bằng 1,2 lần áp suất đầu vào danh nghĩa.

Nếu có sử dụng mỡ bôi trơn, thiết bị được bôi trơn phải được thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 1 Các phương pháp thử tác động khí nén được nêu trong TCVN 7741-1 (ISO 10524-1)<sup>[5]</sup>, TCVN 7741-2 (ISO 10524-2)<sup>[6]</sup>, TCVN 7741-3 (ISO 10524-3)<sup>[7]</sup>, ISO 10297<sup>[3]</sup>, TCVN 8392 (ISO 21969)<sup>[54]</sup> và ISO 7291<sup>[2]</sup> và có thể được sử dụng cho các thiết bị tương tự nếu không có bộ tiêu chuẩn của thiết bị hoặc bộ tiêu chuẩn thiết bị không nêu thử nghiệm đó.

CHÚ THÍCH 2 Trong trường hợp oxy nguyên chất, nguy cơ bắt cháy tăng lên theo áp suất. Trong trường hợp hỗn hợp khí có chứa oxy, nguy cơ bắt lửa tăng lên theo áp suất riêng phần của oxy.

## 6 Quản lý rủi ro

6.1 Nhà sản xuất các thiết bị y tế phải tiến hành quá trình quản lý rủi ro theo TCVN 8023 (ISO 14971). Việc này cần bao gồm rủi ro cháy do oxy (xem các Phụ lục C và D), khả năng chống bắt lửa (xem Điều 5) và độc tính (xem Phụ lục E), các quy trình làm sạch (xem Phụ lục A), các xem xét về mặt thiết kế (xem Phụ lục C) và việc lựa chọn vật liệu (xem Phụ lục D).

CHÚ THÍCH 1 ASTM G88-05<sup>[20]</sup> nêu ví dụ về rủi ro cháy do oxy và việc phân tích rủi ro.

CHÚ THÍCH 2 Các ví dụ về rủi ro cháy do oxy được nêu trong ASTM G63-99<sup>[16]</sup> và ASTM G94-05<sup>[22]</sup>.

CHÚ THÍCH 3 Các chất bôi trơn "tương thích với oxy" điển hình có thể tạo ra các sản phẩm độc hại trong khi cháy hoặc phân hủy.

CHÚ THÍCH 4 Phụ lục D và E có các thông tin về độc tính.

6.2 Phải đề cập các rủi ro cụ thể của các sản phẩm độc hại do cháy hoặc phân hủy từ các vật liệu phi kim (bao gồm các chất bôi trơn nếu sử dụng) và các chất ô nhiễm tiềm tàng. Bảng D.7 liệt kê một số sản phẩm tiềm tàng do cháy và/hoặc phân hủy đối với một số vật liệu phi kim có sẵn.



## Phụ lục A

(tham khảo)

### Ví dụ về các quy trình làm sạch

#### A.1 Quy định chung

##### A.1.1 Các hướng dẫn chung

Cần lựa chọn một chương trình làm sạch đưa lại kết quả trong việc tăng độ sạch của bộ phận sau mỗi quá trình làm sạch. Do vậy đây là vấn đề của việc xử lý các bộ phận bằng một loạt phương pháp làm sạch, hoặc vài chu trình trong một phương pháp làm sạch, hoặc cả hai nhằm đạt được mức độ sạch sẽ như mong muốn.

Có thể thu được mức độ sạch mong muốn trong một quá trình đơn lẻ, tuy nhiên nhiều phương pháp làm sạch phải trải qua vài giai đoạn, như làm sạch ban đầu, làm sạch trung gian và làm sạch sau cùng. Điều cần thiết là mỗi giai đoạn phải được tách biệt khỏi các giai đoạn trước thông qua các hoạt động súc tráng, làm khô và tẩy rửa.

Đặc biệt quan trọng là phải loại bỏ sợi vải, bụi bẩn và các chất hữu cơ như dầu mỡ. Các chất này tương đối dễ bắt lửa khi có oxy hoặc trong môi trường giàu oxy.

Điều thiết yếu là các phương pháp làm sạch, rửa và làm ráo nước phải bảo đảm rằng các đường dẫn cụt và các khe hốc phải được làm sạch đầy đủ.

##### A.1.2 Làm sạch ban đầu

Việc làm sạch ban đầu cần được tiến hành để loại bỏ các chất lây nhiễm lớn như tích đọng oxit hoặc rỉ sét, lượng dầu mỡ lớn hoặc chất cặn.

Làm sạch ban đầu có tác dụng làm giảm lượng các chất lây nhiễm, do đó làm tăng tính khả dụng của các dung dịch làm sạch được dùng trong các bước làm sạch tiếp theo.

##### A.1.3 Làm sạch trung gian

Làm sạch trung gian thường bao gồm đưa bộ phận vào các dung dịch ăn mòn hoặc axit làm sạch để loại bỏ dung môi tồn dư và các chất lây nhiễm tồn dư. Môi trường làm sạch và các quy trình xử lý quan trọng hơn trong giai đoạn làm sạch trung gian so với làm sạch ban đầu. Điều thiết yếu là môi trường và các dung dịch làm sạch cần được kiểm soát một cách thích hợp nhằm tối ưu hóa hiệu quả của dung dịch và giảm thiểu việc đưa thêm chất lây nhiễm vào có thể làm hỏng các bước làm sạch tiếp theo.

##### A.1.4 Làm sạch sau cùng

A.1.4.1 Khi các bộ phận được yêu cầu phải đáp ứng các tiêu chuẩn về độ sạch cao, chúng cần phải trải qua bước làm sạch sau cùng. Làm sạch sau cùng thường được thực hiện bằng các phương pháp

làm sạch hóa học. Ở giai đoạn này, việc bảo vệ cho khỏi tái lây nhiễm từ dung dịch hoặc môi trường làm sạch trở nên rất quan trọng và có thể cần đến các biện pháp kiểm soát nghiêm ngặt như sử dụng trong các phòng sạch đã phân loại.

**A.1.4.2** Giai đoạn làm sạch sau cùng bao gồm làm khô và tẩy rửa, sau đó là niêm phong để bảo vệ khỏi tái nhiễm và đóng gói để ngăn ngừa hư hỏng trong bảo quản và vận chuyển.

## **A.2 Lựa chọn phương pháp làm sạch**

Để có thể quyết định chọn được phương pháp làm sạch thực tế nhất, cần xem xét các yếu tố sau:

- Loại (hữu cơ, vô cơ) và dạng (cặn, màng, dịch) của chất bẩn;
- Cấu hình của bộ phận cần làm sạch;
- Vật liệu cơ bản hoặc lớp mạ bọc của bộ phận cần làm sạch;
- Điều kiện ban đầu của bộ phận cần làm sạch;
- Mức độ sạch cuối cùng được yêu cầu của bộ phận cần làm sạch;
- Tác động môi trường và việc thải bỏ đúng luật các sản phẩm thải loại có hại được tạo ra trong quá trình làm sạch;
- Các ảnh hưởng của các phương pháp làm sạch lựa chọn đối với các đặc tính cơ học, hóa học và nhiệt học của bộ phận cần làm sạch.

## **A.3 Phương pháp làm sạch**

### **A.3.1 Tổng quát**

Điều thiết yếu là phương pháp làm sạch phải bảo đảm toàn bộ bề mặt của bộ phận phải được làm sạch. Các phương pháp mô tả ở đây có thể áp dụng được cho hầu hết các vật liệu là kim loại. Tuy nhiên, cần lưu ý đặc biệt đối với các bộ phận phi kim loại.

### **A.3.2 Phân loại**

Các phương pháp làm sạch có thể được chia thành loại cơ học, hóa học, hoặc cả hai. Một số hoạt động làm sạch được tăng cường bằng cách kết hợp các phương pháp cơ học và hóa học, như khuấy trộn cơ học một dung dịch hóa học.

Một số phương pháp làm sạch cơ học như phun thổi mài mòn, quay làm sạch, mài bóng, đánh bàn chải sắt trên các bộ phận máy có thể làm hư hỏng bề mặt, làm mất lớp mạ bảo vệ và các kim loại gia cố. Điều thiết yếu là các bề mặt nhạy cảm của bộ phận phải được bảo vệ trước khi các phương pháp như vậy được tiến hành trên bộ phận đó.

Các phương pháp làm sạch hóa học có thể gây hư hỏng. Có thể xảy ra ăn mòn, bị giòn, hoặc các thay đổi bề mặt khác. Có thể xuất hiện ăn mòn kiểu kẽ nứt, đặc biệt các mối nối bằng hàn hoặc hàn cứng.

Các dung môi làm sạch thường làm hư hại các vật liệu phi kim. Cần tham vấn nhà cung cấp vật liệu phi kim hoặc cần thử nghiệm các mẫu để bảo đảm dung môi sẽ không gây hư hại. Và nếu sử dụng các chất làm sạch hóa học loại axit hoặc kiềm, sau khi tẩy rửa cần phải trung hòa và/hoặc loại bỏ ngay lập tức các hóa chất tồn dư trên thiết bị.

### **A.3.3 Làm sạch cơ học**

#### **A.3.3.1 Tổng quát**

Các phương pháp làm sạch cơ học sử dụng các lực tạo ra lực cơ học để loại bỏ các chất lây nhiễm khỏi các bộ phận. Các ví dụ của làm sạch cơ học là súc rửa, thổi mài mòn, quay làm sạch và phun. Chi tiết của các phương pháp này và các phương pháp khác được nêu trong A.3.3.2 đến A.3.3.8.

#### **A.3.3.2 Làm sạch bằng thổi mài mòn**

**A.3.3.2.1** Làm sạch bằng thổi mài mòn đòi hỏi có sự va đập mạnh của các hạt mài mòn vào bề mặt cần được làm sạch để loại bỏ rỉ sét, đóng vảy, sơn và các chất ngoại lai khác. Các hạt mài mòn được cho vào trong luồng khí hoặc chất dịch. Nhiều loại hệ thống có thể được sử dụng để thổi các hạt mài mòn, ví dụ cánh quạt thổi mài mòn không dùng khí hoặc quạt kiểu chong chóng, vòi phun áp lực, hoặc vòi phun hút. Các khí đẩy cần phải không chứa dầu.

**A.3.3.2.2** Các vật liệu làm hạt mài mòn tiêu biểu gồm có hạt hoặc hạt kim loại, cát tự nhiên, hạt oxit kim loại chế tạo, hạt cacbua, vỏ quả óc chó và bi thủy tinh. Vật liệu hạt mài mòn cụ thể được sử dụng cần phải thích hợp cho việc thực hiện việc làm sạch dự kiến mà không làm ứ đọng chất lây nhiễm không thể loại bỏ được bằng các công đoạn bổ sung như thổi tốc độ cao, hút chân không và tẩy rửa.

**A.3.3.2.3** Cần chú ý cẩn thận để giảm thiểu việc làm mất vật liệu từ thiết bị chính. Phương pháp làm sạch này có thể không thích hợp với các thiết bị hoặc hệ thống có bề mặt hoàn thiện hạn chế hoặc sai lệch kích thước.

#### **A.3.3.3 Làm sạch bằng mài hoặc bàn chải sắt**

**A.3.3.3.1** Các phương pháp mài hoặc đánh bàn chải sắt thường sử dụng một bộ bàn chải sắt có động cơ, bộ bàn chải bằng sợi phi kim, hoặc một bánh xe mài. Chúng được dùng để loại bỏ vảy, xỉ mối hàn, rỉ sét, màng oxit và các chất nhiễm bẩn bề mặt khác. Bàn chải sắt có thể sử dụng khô hoặc ướt. Sử dụng ướt là khi bàn chải được sử dụng kết hợp với các dung dịch làm sạch bằng kiềm ăn mòn hoặc nước lạnh.

**A.3.3.3.2** Các phương pháp cơ học này có thể làm dính các hạt vật liệu mài của máy mài hoặc bàn chải trên bề mặt làm sạch. Việc lựa chọn loại bàn chải làm sạch phụ thuộc vào bộ phận hoặc vật liệu chính. Bàn chải phi kim thích hợp với hầu hết các vật liệu cần làm sạch. Bàn chải bằng thép cacbon không được dùng trên nhôm, đồng, hoặc các thép hợp kim không rỉ. Bất kỳ loại bàn chải sắt nào trước đó đã dùng cho các bộ phận bằng thép cacbon không được sử dụng sau đó trên nhôm hay thép không rỉ. Bàn chải sắt và máy mài có thể ảnh hưởng đến kích thước, dung sai và bề mặt hoàn thiện.

**A.3.3.4 Quay làm sạch**

Phương pháp này bao gồm việc quay hoặc trộn các bộ phận trong một thùng xoay hoặc bồn rung. Một dung dịch làm sạch hoặc mài mòn được đổ vào thùng chứa. Hoạt động của thùng chứa (xoay hoặc rung) truyền chuyển động tương đối giữa các bộ phận cần làm sạch và môi trường mài mòn hoặc dung dịch làm sạch. Phương pháp này có thể được tiến hành với các chất ăn mòn khô hoặc ướt. Kích thước của bộ phận có thể đa dạng từ sản phẩm đúc cỡ lớn đến các thành phần dụng cụ tinh xảo, tuy nhiên cần tránh việc để lẫn các bộ phận khác nhau trong cùng một thùng chứa. Hư hỏng có thể xuất hiện từ một bộ phận và ảnh hưởng đến thiết bị khác. Quay làm sạch có thể được sử dụng cho việc làm sạch rỉ, mài nhẵn, đánh bóng và việc làm sạch chung. Một số yếu tố cần xem xét trong phương pháp này là kích thước và hình dạng của bộ phận, loại chất mài mòn, kích thước mài mòn, kích thước đổ đầy, tốc độ quay của thùng và mức độ dễ dàng của việc phân tách bộ phận với chất mài mòn.

**A.3.3.5 Làm sạch bằng lau, xịt và ngâm**

Đây là ba phương pháp đưa dung dịch làm sạch vào bề mặt của bộ phận. Mỗi phương pháp có lợi thế riêng. Lau thường được sử dụng chỉ để làm sạch các khu vực chọn lọc nhỏ. Xịt và ngâm được sử dụng cho việc làm sạch tổng thể. Các phương pháp này thường được tiến hành với các biện pháp làm sạch dùng chất kiềm ăn mòn, axit hoặc dung môi hòa tan, chi tiết được nêu trong A.3.4.5, A.3.4.6 và A.3.4.8.

**A.3.3.6 Hút chân không và thổi**

Các phương pháp này loại bỏ chất lây nhiễm bằng cách sử dụng luồng khí sạch, khô, không có dầu, hoặc dùng nitơ. Các phương pháp này có thể được sử dụng để loại bỏ bụi bẩn, xỉ, rỉ sét lỏng lẻo và nhiều loại phần tử khác nhau, nhưng chúng không thích hợp để loại bỏ oxit bề mặt, dầu và mỡ.

**A.3.3.7 Làm sạch bằng nạo**

Các đường ống dài liên tục có thể được làm sạch tại chỗ bằng nạo. Dụng cụ nạo là một xylanh kiểu pit-tông bít kín xung quanh có thể đẩy được qua đường ống bằng khí nén, thường là nitơ. Dụng cụ nạo có thể được lắp bộ phận nạo rà và bàn chải sắt. Từng cặp dụng cụ nạo có thể mang theo các thanh chứa chất lỏng làm sạch giữa chúng. Như vậy, một dụng cụ nạo có thể đưa các thanh chứa chất lỏng riêng rẽ qua hệ thống ống để tạo nên nhiều mức độ làm sạch và tẩy rửa khác nhau. Cần bảo đảm mức độ phù hợp về cơ học và hóa học của dung môi, bộ phận nạo và bàn chải sắt.

**A.3.3.8 Làm sạch bằng siêu âm**

Năng lượng siêu âm có thể được sử dụng phối hợp với nhiều loại chất tẩy rửa hóa học để tạo ra sự tiếp xúc chặt chẽ giữa các bộ phận và chất làm sạch để giúp loại bỏ các cặn bám dính nhẹ khỏi các bề mặt rắn. Phương pháp này thường được sử dụng trong việc làm sạch các bộ phận nhỏ, kim loại quý và các bộ phận yêu cầu độ sạch rất cao.

### **A.3.4 Làm sạch bằng hóa chất**

#### **A.3.4.1 Tổng quát**

Các phương pháp mô tả ở A.3.4.2 đến A.3.4.9 được dựa trên việc đạt được sự tương tác giữa dung dịch làm sạch và bề mặt bộ phận nhằm hỗ trợ việc loại bỏ chất lây nhiễm bằng các phương pháp cơ học sau đó. Tương tác có thể bao gồm kích hoạt bề mặt, phá vỡ chất lây nhiễm, chuyển đổi oxit và chuyển dạng kỹ nước hoặc ái nước.

#### **A.3.4.2 Làm sạch bằng nước nóng**

Làm sạch bằng nước nóng được sử dụng để loại bỏ chất lây nhiễm hữu cơ và cặn khỏi bộ phận bằng cách sử dụng nhiệt độ từ thấp đến vừa, thuốc tẩy và khuấy trộn cơ học. Bộ phận sử dụng trong làm sạch bằng nước nóng bao gồm một hệ thống xịt rửa hoặc một bể rửa có hoặc không có khuấy trộn dung dịch. Làm sạch bằng nước nóng với chất tẩy rửa có thể được sử dụng khi không cần dùng hơi nước để giải phóng và hòa lỏng chất lây nhiễm. Cần cân nhắc kích cỡ, hình dạng và số lượng bộ phận để bảo đảm tiếp xúc đầy đủ giữa bề mặt thiết bị và dung dịch. Nhiệt độ của dung dịch cần phải theo khuyến cáo của nhà sản xuất chất tẩy rửa. Các chất lây nhiễm tan trong nước được loại bỏ bằng xả đủ nước sạch trước khi các chất làm sạch có đủ thời gian để kết tủa. Sau đó bộ phận được làm khô bằng cách thổi không khí khô, không có dầu hoặc nitơ có thể được làm nóng để rút ngắn thời gian làm khô.

#### **A.3.4.3 Làm sạch bằng chất tẩy rửa**

Phương pháp này liên quan đến việc làm sạch các thùng chứa, ống dẫn hoặc bộ phận bên trong hoặc bên ngoài. Các chất tẩy được cung cấp dưới dạng bột, tinh thể hoặc dung dịch đậm đặc. Chúng được pha chế để sử dụng bằng cách pha với nước để tạo nên các dung dịch treo. Dung dịch đã pha có thể được dùng trong bể, thùng tĩnh để ngâm các thiết bị, hoặc dung dịch có thể được bơm vào hoặc bơm qua bộ phận. Một số loại chất tẩy độc và/hoặc có tính ăn mòn. Cần kiểm tra đặc tính của chất tẩy với nhà sản xuất hoặc nhà cung cấp.

#### **A.3.4.4 Làm sạch bằng hơi nước**

Làm sạch bằng hơi nước được sử dụng để loại bỏ chất lây nhiễm, đặc biệt là hữu cơ và cặn, khỏi bộ phận bằng cách sử dụng áp suất, nhiệt, và đôi khi chất tẩy rửa. Một số chất lây nhiễm hữu cơ bị loại bỏ bằng cách làm giảm độ nhớt hoặc làm làm mỏng đi bằng hơi nhiệt. Có thể cho thêm một loại chất tẩy làm phân tán và nhũ tương hóa chất lây nhiễm hữu cơ, cho phép dội sạch chất lây nhiễm bằng hơi đậm đặc. Hệ thống cần có kiểm soát đối với luồng hơi, nước và chất tẩy để tối ưu hóa hiệu quả của hoạt động hóa học của chất tẩy, tác dụng nhiệt của hơi nước và tác động chà xát của luồng hơi.

#### **A.3.4.5 Làm sạch bằng kiềm**

**A.3.4.5.1** Làm sạch bằng kiềm sử dụng các dung dịch có độ kiềm cao để loại bỏ các chất lây nhiễm hữu cơ như hydrocacbon, dầu, mỡ, sáp. Có nhiều sản phẩm làm sạch hiệu quả có thể sử dụng trong làm sạch bằng kiềm. Nước dùng để dội rửa cần phải không chứa các chất lây nhiễm có thể gây phản ứng với chất ăn mòn. Người ta khuyến cáo nên dùng nước chưng cất để làm giảm thiểu các vấn đề.

Dung dịch làm sạch có thể được dùng thông qua xịt rửa, ngâm, hoặc lau. Thông thường, các dung dịch làm sạch bằng kiềm có thể được dùng ở nhiệt độ tới 80°C. Điều quan trọng là dung dịch làm sạch phải đến được toàn bộ các khu vực của thiết bị cần làm sạch. Dung dịch làm sạch có thể được tái sử dụng cho đến khi nó không còn hiệu quả nữa, xác định qua đo độ pH hoặc phân tích nồng độ của chất tẩy nhiễm. Kinh nghiệm sẽ giúp thiết lập được mức ô nhiễm của dung dịch làm sạch mà trên đó bề mặt không thể được chấp nhận là sạch sẽ.

**A.3.4.5.2** Điều thiết yếu là dung dịch làm sạch phải được dội rửa kỹ lưỡng khỏi thiết bị để ngăn dung dịch làm sạch và chất tẩy nhiễm đọng trở lại trên bề mặt. Bề mặt không được khô giữa giai đoạn làm sạch và giai đoạn dội rửa. Thông thường, một số kiểu dội nước giúp loại bỏ dung dịch làm sạch và hỗ trợ quá trình làm khô. Một phương pháp để xác định khi nào thì hoàn thành việc dội rửa là theo dõi nước dội rửa cho đến khi độ pH là  $\pm 0,2$  của pH ban đầu. Việc làm khô, nếu cần, có thể tiến hành bằng không khí khô không dầu, nóng hoặc không nóng, hoặc nitơ.

#### **A.3.4.6 Làm sạch bằng axit**

**A.3.4.6.1** Làm sạch bằng axit là quá trình trong đó một dung dịch axit khoáng, axit hữu cơ hoặc muối axit (thường kết hợp với chất làm ướt và chất tẩy rửa) được sử dụng để loại bỏ oxit, dầu và các chất tẩy nhiễm khác khỏi bộ phận có hoặc không dùng nhiệt. Điều thiết yếu là làm sạch bằng axit phải được kiểm soát cẩn thận để tránh làm hư hỏng bề mặt bộ phận, như ăn mòn không mong muốn. Loại chất làm sạch sẽ phụ thuộc trong hầu hết mọi trường hợp vào vật liệu hoặc thiết bị cần làm sạch. Hướng dẫn chung cho việc sử dụng làm sạch bằng axit được nêu trong A.3.4.6.2 đến A.3.4.6.5.

**A.3.4.6.2** Các chất làm sạch axit dạng photpho có thể được dùng cho hầu hết các kim loại. Các chất này sẽ loại bỏ được oxit, rỉ sét, đất và các chất gây cháy.

**A.3.4.6.3** Các chất làm sạch bằng axit hydrochloric được khuyến cáo cho cacbon và thép ít pha hợp kim. Các chất này sẽ loại bỏ được rỉ, sét, oxit và sẽ làm bong lớp mạ crom, kẽm và cadmium. Các dung dịch axit nhất định, bao gồm axit hydrochloric hoặc nitric, cần có chứa chất ức chế để chống lại sự tấn công có hại lên kim loại kiềm. Không nên sử dụng axit hydrochloric trên thép không rỉ vì nó có thể gây ăn mòn hoặc gây nứt do ăn mòn.

**A.3.4.6.4** Các phức hợp làm sạch có axit cromic và axit nitric được khuyến cáo cho nhôm, đồng và các hợp kim của chúng. Các hợp chất này không phải chất làm sạch đúng nghĩa, nhưng được sử dụng để làm khử oxy hóa, làm sáng và để loại bỏ các chất tồn dư đen hình thành trong khi làm sạch bằng dung dịch sút ăn mòn. Một số hợp chất có sẵn dưới dạng dịch lỏng và số khác dưới dạng bột. Chúng được pha trộn theo các nồng độ 5% đến 50% trong nước, tùy theo loại chất làm sạch và số lượng oxit hoặc rỉ sét cần loại bỏ.

**CHÚ THÍCH** Axit cromic được phân loại là chất gây ung thư, gây đột biến gen, cực độc đối với các sinh vật thủy sinh và có thể gây tác dụng phụ kéo dài trong môi trường nước.

**A.3.4.6.5** Cần phải có bề chứa hoặc bể ngâm, bơm, đường ống và van tương thích với dung dịch làm sạch. Các kỹ thuật chung đối với làm sạch bằng axit là ngâm, lau và xịt rửa. Các hợp chất làm sạch

bằng axit không nên sử dụng trừ khi đã biết ứng dụng và khả năng hoạt động của chúng hoặc đã thỏa thuận với nhà sản xuất hợp chất làm sạch. Cần tuân theo các khuyến cáo của nhà sản xuất về nồng độ và nhiệt độ. Sau khi làm sạch bằng axit, điều thiết yếu là các bề mặt phải được dội rửa sạch bằng nước để loại bỏ các dấu vết của axit và cần làm khô kỹ sau lần dội rửa cuối cùng. Để hạn chế làm hoen ố, các bề mặt không được khô giữa các bước kế tiếp của làm sạch bằng axit và dội rửa.

Có thể cần phải xử lý trung hòa trong một số điều kiện. Điều thiết yếu là sau khi trung hòa phải dội rửa nước nhiều lần để loại bỏ mọi dấu vết của chất trung hòa. Nếu cần làm khô, có thể tiến hành bằng không khí khô không dầu, nóng hoặc không nóng, hoặc bằng khí nitơ.

#### **A.3.4.7 Làm sạch bằng nhũ tương**

Làm sạch bằng nhũ tương là quá trình loại bỏ chất lây nhiễm khỏi bề mặt các thiết bị bằng cách sử dụng các chất hữu cơ hòa tan trong môi trường nước bởi một yếu tố gây nhũ tương hóa. Các chất làm sạch dạng nhũ tương có thành phần là các chất hòa tan chiết xuất từ dầu mỏ và các chất hoạt tính bề mặt. Hoạt động làm sạch của các chất làm sạch dạng nhũ tương kết hợp lợi thế của cả giai đoạn nước và giai đoạn hữu cơ. Có nhiều loại chất làm sạch nhũ tương. Một số chất có xu hướng phân tách thành các dung dịch riêng rẽ nếu để không dùng trong một thời gian dài, do đó cần lắc dung dịch thường xuyên. Các chất làm sạch dạng nhũ tương thường được áp dụng cho các thiết bị bằng các biện pháp như ngâm, xịt hoặc lau. Điều thiết yếu là các chất làm sạch nhũ tương phải được làm sạch bằng dội rửa và các công đoạn làm sạch sau đó.

#### **A.3.4.8 Làm sạch bằng dung môi**

**A.3.4.8.1** Làm sạch bằng dung môi hay khử dầu được xem là phương pháp cơ bản trong loại bỏ các chất lây nhiễm hữu cơ hòa tan khỏi thiết bị sử dụng với oxy và phù hợp với hầu hết kim loại.

Tuy nhiên, nhiều loại dung môi đã được sử dụng cho phương pháp này đã bị cấm theo "Nghị định thư Montreal". Các biện pháp làm sạch thay thế sử dụng các dung môi cho phép cần được xác định và đưa vào sử dụng càng sớm càng tốt.

Làm sạch bằng dung môi bị hạn chế ở khả năng của dung môi trong việc tiếp cận và hòa tan các chất lây nhiễm có mặt. Trước khi bắt đầu tiến hành làm sạch bằng dung môi, một phần dung môi sạch cần được để dành để sử dụng đối chiếu. Tại các thời điểm trong khi tiến hành, các ước số của dung môi đã sử dụng có thể được đem so sánh với chất đối chiếu để xác định mức độ ô nhiễm và hiệu quả của việc làm sạch. Nên dùng chai thủy tinh sạch để đựng các dung môi đối chiếu và dung môi đã dùng. Các phương pháp xác định nồng độ các chất lây nhiễm dạng hydrocarbon được nêu trong Phụ lục B.

**A.3.4.8.2** Sau khi hoàn thành việc làm sạch bằng dung môi, điều thiết yếu là phải làm sạch toàn bộ dịch động trên thiết bị để nó không bị khô thành đám. Sau đó thiết bị cần được tẩy và làm khô bằng không khí khô ẩm không có dầu hoặc khí nitơ. Các thiết bị nhỏ có thể dùng không khí để làm khô nếu phù hợp.

**A.3.4.8.3** Làm sạch bằng dung môi có thể tiến hành bằng lau hoặc xịt rửa. Việc làm sạch cũng có hiệu quả khi ngâm thiết bị trong một thùng dung môi và tiến hành lắc. Các thiết bị tháo rời có thể được làm sạch theo cách này. Quá trình có thể được cải thiện bằng cách dùng các kỹ thuật làm sạch bằng sóng siêu âm. Cũng có thể làm sạch bằng cách ép dung môi lưu thông qua thiết bị. Quá trình này nên tiếp tục cho đến khi dung môi ra khỏi thiết bị cũng sạch như dung môi đối chiếu.

**A.3.4.8.4** Các dung môi thường phải có các chất ức chế để kiểm soát phản ứng ăn mòn. Việc cho thêm chất ức chế đòi hỏi phải theo dõi để bảo đảm tính hiệu quả liên tục của chất ức chế. Phương pháp này thường được sử dụng cho các thiết bị không thể tháo ra, cho các thiết bị lớn và cho các mạch đúc sẵn, hệ thống ống dẫn.v.v.

#### **A.3.4.9 Khử nhờn bằng hơi**

Khử nhờn bằng hơi là loại bỏ các chất hữu cơ hòa tan và sau đó rửa sạch bề mặt của thiết bị bằng cách cho ngưng tụ liên tục hơi dung môi trên thiết bị lạnh. Khử nhờn bằng hơi cần có thiết bị là một bộ hóa hơi để tạo ra hơi sạch từ dung môi bị bẩn và một bình chứa để đựng các thành phần của hơi. Các dung môi loại làm lạnh không nên sử dụng vì có chứa dầu. Một số dung môi này dễ bốc cháy trong không khí trong các điều kiện nhất định và có các mức độ độc tính khác nhau; do đó cần thận trọng trong quá trình sử dụng. Điều quan trọng là nhiệt độ của thiết bị phải thấp hơn điểm sôi của dung môi để cho dung môi hơi sẽ ngưng tụ và chảy xuống dưới do trọng lực trên bề mặt thiết bị. Thiết bị cần được đặt và kết nối sao cho chất ngưng tụ sẽ thoát dễ dàng. Việc lưu thông liên tục của chất ngưng tụ và việc nó quay trở lại bộ hóa hơi sẽ đưa các chất lây nhiễm hòa tan vào bộ hóa hơi và ở lại trong đó. Không tiến hành làm sạch khi nhiệt độ của thiết bị bằng nhiệt độ của hơi.

#### **A.3.4.10 Tẩy rửa**

**A.3.4.10.1** Điều quan trọng là phải tẩy rửa thiết bị để bảo đảm mọi tồn dư của các hoạt động làm sạch trước đây được loại bỏ trước khi tiến hành làm sạch tiếp theo hoặc trước khi thực hiện đóng gói sau cùng. Việc này có thể thực hiện bằng dội rửa, làm khô và thổi. Dội rửa tùy thuộc vào dung dịch làm sạch được sử dụng, nhưng trong hầu hết các trường hợp có thể dùng nước có chất lượng phù hợp. Làm khô có thể tiến hành bằng dùng nhiệt của lò sấy hoặc ánh sáng hồng ngoại, hoặc bằng cách thổi bằng không khí sạch, khô, không dầu. Trong mọi trường hợp không được dùng khí nén của máy nén khí để làm khô vì nó có thể chứa các cặn dầu hoặc các chất lây nhiễm khác. Cần chú ý hơn khi loại bỏ các dung môi ở các nhiệt độ cao, vì dung môi dễ tán công vào các bề mặt hoặc phân hủy và làm đọng màng bám trên thiết bị. Điều quan trọng là môi trường tẩy rửa phải có mức độ sạch hơn độ sạch yêu cầu của thiết bị.

**A.3.4.10.2** Việc tẩy rửa có thể hiệu quả hơn bằng cách dùng khí nitơ sạch, khô, không dầu. Cần xác định độ khô bằng cách đo điểm sương của khí khô thoát ra. Thời gian tẩy rửa, số lần tẩy rửa và loại thao tác tẩy rửa phụ thuộc vào thiết bị cần làm sạch, phương pháp làm sạch được sử dụng và ứng dụng cuối cùng.



#### **A.3.4.11 Làm sạch bằng plasma áp lực thấp**

Thiết bị cần làm sạch được đặt trong buồng chân không trong đó khí được đưa vào với áp suất từ 0,5 hPa đến 2 hPa. Khí này được chuyển thành trạng thái ion hóa bằng điện áp xoay chiều cao tần. Trong khi thổi khí ra, các gốc hóa học được hình thành và tương tác với bề mặt thiết bị. Các hợp chất dạng hơi tạo thành trong phản ứng này được loại bỏ bằng bơm chân không. Khi oxy được sử dụng làm khí phản ứng, plasma oxy phản ứng với các chất lây nhiễm hữu cơ như dầu mỡ và đốt cháy chúng tạo thành CO<sub>2</sub> và hơi nước. Vì làm sạch bằng plasma áp lực thấp chỉ có thể loại bỏ các chất hữu cơ, các chất cặn vô cơ phát sinh từ việc xử lý thiết bị phải được loại bỏ bằng các biện pháp làm sạch thích hợp trước khi làm sạch bằng plasma áp lực thấp.

#### **A.4 Các xem xét về môi trường**

**A.4.1** Điều thiết yếu là các thiết bị định sử dụng với oxy phải được giữ gìn cẩn thận trong tất cả các giai đoạn làm sạch. Môi trường cần phải sạch và không có bụi bẩn. Phải cấm việc mài, hàn và đánh bóng ở gần. Thiết bị không được để đứng. Phải chú ý tránh đọng dầu từ máy quay hoặc hơi dầu trong không khí. Bề mặt tiếp xúc với oxy không được chạm vào trừ khi có găng tay sạch hoặc các dụng cụ để cầm.

**A.4.2** Trong một số trường hợp, có thể phải cần đến phòng sạch có luồng đối lưu tầng trong đó toàn bộ căn phòng được thanh lọc bằng không khí lọc. Trong các phòng đối lưu ngang, các thiết bị được làm sạch và thẩm định theo một thứ tự sao cho các hoạt động làm sạch kế tiếp nhau được tiến hành tại các vị trí ngày càng gần với nguồn khí đã được lọc, để cho thiết bị và môi trường trở nên sạch hơn. Ở các phòng sạch đối lưu tầng, việc sắp đặt các hoạt động làm sạch kế tiếp nhau không quan trọng.

**Phụ lục B**  
(tham khảo).

**Phương pháp điển hình để đánh giá xác nhận các quy trình làm sạch**

**B.1 Tổng quát**

Việc lựa chọn phương pháp thử nghiệm cần xem xét các thông số như phương pháp sản xuất, kiểu và kích cỡ của thiết bị cần kiểm tra, và độ chính xác yêu cầu.

**B.2 Các phương pháp điển hình**

**B.2.1 Phép thử bằng nhìn trực tiếp (ánh sáng trắng)**

Đây là phép thử phổ biến nhất để phát hiện sự có mặt của các chất lây nhiễm như chất bảo quản, ẩm mốc, các sản phẩm ăn mòn, xỉ hàn, hạt giũa, phoi tiện và các chất ngoại lai. Thiết bị được quan sát để tìm sự sạch sẽ các chất ô nhiễm bằng cách nhìn bình thường hoặc hiệu chỉnh cho bình thường dưới ánh sáng trắng mạnh. Phương pháp này sẽ phát hiện được các vật thể có kích thước vượt quá 50  $\mu\text{m}$ , ẩm mốc và chất lây nhiễm hydrocacbon thấp tới 500  $\text{mg}/\text{m}^2$ .

**B.2.2 Phép thử bằng nhìn trực tiếp (ánh sáng cực tím)**

**CẢNH BÁO** - Tránh tiếp xúc lâu với ánh sáng cực tím vì nó nguy hiểm với mắt và da không bảo vệ.

Ánh sáng cực tím có thể làm cho nhiều loại hydrocacbon phổ biến hoặc dầu hữu cơ hoặc mỡ phát huỳnh quang và trở nên dễ nhìn khi không thể phát hiện được bằng quan sát thông thường. Do đó, kiểm tra bằng ánh sáng cực tím là cách kiểm tra phổ biến nhất để phát hiện sự có mặt của hydrocacbon hoặc dầu hữu cơ hoặc mỡ. Bề mặt được quan sát trong bóng tối hoặc ánh sáng dịu sử dụng một bộ nguồn phát ra ánh sáng cực tím có bước sóng từ 0,32  $\mu\text{m}$  đến 0,37  $\mu\text{m}$ . Việc kiểm tra bằng ánh sáng cực tím có thể chỉ ra rằng các bề mặt sạch sẽ không có bất kỳ huỳnh quang của hydrocacbon nào. Tuy nhiên, không phải loại dầu hữu cơ nào cũng phát huỳnh quang và một số vật liệu, như sợi cotton, phát huỳnh quang có thể chấp nhận được trừ khi số lượng quá lớn.

Nếu huỳnh quang xuất hiện dưới dạng vết đốm, vết bẩn, vết ó, hoặc màng, khu vực phát huỳnh quang cần được làm sạch lại. Các tích tụ sợi vải hoặc bụi quan sát được dưới ánh sáng cực tím cần được loại bỏ bằng cách thổi bằng không khí khô không có dầu hoặc khí nitơ, lau sạch bằng khăn không có sợi, hoặc hút.

### B.2.3 Phép thử bằng lau chùi

Cách kiểm tra này có thể được sử dụng để phát hiện các chất lây nhiễm ở các khu vực không nhìn thấy được để bổ sung cho việc kiểm tra bằng quan sát mô tả trong phần B.2.1 và B.2.2. Bề mặt được lau nhẹ bằng giấy trắng sạch hoặc khăn không có sợi vải rồi sau đó được kiểm tra dưới ánh sáng thường hoặc ánh sáng cực tím. Không được lau bề mặt quá mạnh làm bong lớp màng oxit, vì chất này có thể bị nhầm với nhiễm bẩn bề mặt bình thường. Không được để lại giấy hoặc chất vải trên bề mặt.

### B.2.4 Phép thử bằng nước

Cách kiểm tra này có thể được sử dụng để phát hiện các chất dầu mỡ tồn dư không phát hiện được bằng các biện pháp khác. Bề mặt được xịt ướt bằng nước sạch. Lớp nước mỏng được tạo thành phải tồn tại ít nhất 5s. Nếu nước đọng lại thành giọt rõ xuống chứng tỏ có chất lây nhiễm dầu mỡ. Phương pháp này thường chỉ giới hạn cho các bề mặt nằm ngang.

### B.2.5 Phép thử chiết tách dung môi

Việc chiết tách dung môi có thể được sử dụng để bổ sung cho các phương pháp quan sát và để kiểm tra các bề mặt không tiếp cận được. Phương pháp này có hạn chế là dung môi có thể tiếp cận, hòa tan và đánh bật chất lây nhiễm có mặt nhưng lại tấn công vào thiết bị và có thể cho kết quả sai. Xét về mặt định lượng, tính hữu dụng của phương pháp bị giới hạn ở các kích cỡ có thể tính toán được như các bề mặt phẳng hay trong lòng ống. Về mặt định tính, tuy nhiên, việc lặp lại quy trình với dung môi mới sẽ ngày càng làm giảm lây nhiễm đến mức thấp có thể chấp nhận được.

Nói chung, bề mặt của thiết bị được dội rửa và ngâm vào một thể tích dung môi có ít cận, và dung môi đã sử dụng được phân tích để xác định số lượng cận không bay hơi.

Một ước số của dung môi đã dùng được cho qua một bộ lọc đã được cân trước, bộ lọc được làm khô trong một máng đã được cân mà không làm nóng quá mức và máng đó được cân lại. Một ước số tương tự của dung môi chưa sử dụng được xử lý tương tự. Sự khác biệt trọng lượng giữa hai bộ lọc và các chất tồn dư bay hơi, lượng dung môi đã dùng cho việc chiết tách và diện tích bề mặt của thiết bị, nếu được xác định, được sử dụng để tính nồng độ của các chất lây nhiễm hòa tan và không hòa tan được chiết ra cho mỗi mét vuông bề mặt làm sạch.

Hoặc là, có thể so sánh đồng thời mức độ truyền ánh sáng qua các thể tích bằng nhau của dung môi đã sử dụng và chưa sử dụng. Cần phải có ít hoặc không có sự khác biệt về màu sắc. Phương pháp này có thể được định lượng nếu biết các kích thước bề mặt của thiết bị, bằng cách đo độ hấp thụ của dung dịch đã sử dụng và so sánh nó với các dung dịch đã biết nồng độ được pha từ một chất hydrocarbon mẫu trong cùng một dung môi. Nồng độ của các chất lây nhiễm không hòa tan có thể được tính từ các chất cận trên bộ lọc.

### B.2.6 Phép thử chiết tách khí

Trong các phép thử chiết tách khí, một luồng khí sạch không có cận được sử dụng để đưa các chất lây nhiễm đến một thiết bị thăm dò. Cũng như với phép thử chiết tách dung môi, phương pháp này có hạn

ché ở khả năng loại bỏ tất cả các chất lây nhiễm có mặt. Vì việc dẫn các chất lây nhiễm không phải là hiệu quả tuyệt đối, phương pháp này thích hợp cho việc chứng minh độ sạch chưa đủ hơn là định lượng số lượng chất lây nhiễm có mặt. Nó chủ yếu hữu ích trong việc kiểm tra các chất cặn, sự có mặt của dầu mỡ phát hiện bằng chiết tách dung môi sẽ hiệu quả hơn.

## **B.2.7 Phân tích bằng dụng cụ**

### **B.2.7.1 Tổng quát**

Có nhiều hệ thống phân tích bằng dụng cụ để xác định kích cỡ và phân phối của các phần tử và nồng độ hydrocacbon trong dung môi, như tán xạ ánh sáng, gián đoạn ánh sáng và đo phổ đồ hấp thụ hồng ngoại (IR).

### **B.2.7.2 Tán xạ ánh sáng**

Phương pháp này sử dụng các thay đổi về cường độ ánh sáng bị tán xạ (phản chiếu và khúc xạ) bởi các hạt, theo hướng của một cảm biến. Phương pháp này thích hợp đối với việc phát hiện các hạt có đường kính 0,5  $\mu\text{m}$  và nhỏ hơn, tùy thuộc vào thiết bị sử dụng. Bất lợi của phương pháp này là góc cảm biến rất quan trọng, các thay đổi về màu sắc và mật độ của môi trường dung dịch làm ảnh hưởng đến khả năng phát hiện và hệ thống không thể phát hiện được các hạt nếu chỉ số khúc xạ của dung dịch và của các hạt là như nhau.

### **B.2.7.3 Gián đoạn ánh sáng**

Bằng phương pháp này, kích thước của hạt được xác định bởi sự thay đổi cường độ sáng do hạt tạo ra khi nó đi qua giữa một nguồn sáng và một cảm biến ánh sáng. Hệ thống này có một vài ưu điểm chính, bao gồm khả năng đo đặc các hạt trong chất khí hoặc dung dịch, ít phụ thuộc vào đặc điểm của hạt, và phân biệt rõ kích thước của hạt. Có một nhược điểm là không thể phát hiện được các hạt khi hệ số khúc xạ của hạt và dung dịch là giống nhau. Các hạt có đường kính bằng 0,5  $\mu\text{m}$  hay lớn hơn có thể phát hiện được bằng phương pháp này.

### **B.2.7.4 Đo phổ đồ hấp thụ hồng ngoại (IR)**

Phương pháp này dựa trên việc định lượng các chất hữu cơ trong một dung dịch bằng cách sử dụng hấp thụ hồng ngoại. Thiết bị cần thử được bao phủ hoàn toàn bằng dung môi [ví dụ Freon 113 (trichlorotrifluoroethane)] trong một bình thủy tinh sạch. Bình chứa dùng để thử được xử lý hai lần bằng siêu âm trong vòng 5 phút mỗi lần. Độ hấp thụ của dung môi thử được đo lường trong chậu thủy tinh thạch anh. Số lượng hydrocacbon được xác định bằng cách tham chiếu với một đường cong hydrocacbon chuẩn trong cùng một dung môi tại một bước sóng hoặc các bước sóng xác định.

## **Phụ lục C**

(tham khảo)

### **Xem xét về thiết kế**

#### **C.1 Quy định chung**

Mục đích của phụ lục này là cung cấp cho các nhân viên kỹ thuật có trình độ các thông tin liên quan để sử dụng trong thiết kế các hệ thống chứa oxy. Nó nhấn mạnh các yếu tố gây nên bắt lửa và/hoặc lan truyền trong suốt chu trình phục vụ của hệ thống để các tình trạng này có thể tránh được hoặc giảm thiểu. Nó không nhằm mục đích nêu lên cấu hình để thiết kế các hệ thống chứa oxy.

Nhà thiết kế hệ thống chứa oxy cần hiểu rằng điều thiết yếu là phải có oxy, nhiên liệu và một nguồn đánh lửa để có thể làm khởi phát và lan truyền một đám cháy. Vì các vật liệu cháy nổ và oxy thường xuyên hiện hữu, việc thiết kế một hệ thống sử dụng oxy hay giàu oxy chủ yếu là vấn đề hiểu được các yếu tố đóng vai trò là nguồn gây bắt lửa tiềm tàng hoặc thúc đẩy sự lan truyền cháy nổ. Mục tiêu là loại bỏ các tác nhân này hoặc bù trừ cho sự có mặt của chúng. Phòng cháy bao gồm việc giảm thiểu các môi trường của hệ thống có tác dụng thúc đẩy bắt lửa và lan truyền lửa và tận dụng tối đa các vật liệu có đặc tính chống bắt lửa và lan truyền lửa.

#### **C.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến thiết kế của một hệ thống chứa oxy**

##### **C.2.1 Nhiệt độ**

Khi nhiệt độ của một vật liệu tăng lên, năng lượng cần thiết để tạo ra hiện tượng bắt lửa sẽ giảm đi. Vận hành một hệ thống có nhiệt độ cục bộ hoặc tổng thể cao sẽ làm giảm giới hạn an toàn này. Nhiệt độ bắt lửa của một chất dễ cháy nhất trong một hệ thống là hàm số của áp suất hệ thống, cấu hình, hoạt động và đặc tính nhiệt của vật liệu. Nhiệt độ cao cũng làm tăng khả năng duy trì cháy nổ của các vật liệu mà có thể tự dập tắt.

##### **C.2.2 Áp suất**

Khi áp suất của một hệ thống tăng lên, nhiệt độ bắt lửa của các bộ phận của nó sẽ giảm đi, và tốc độ lan truyền lửa sẽ tăng lên. Do đó, vận hành một hệ thống với áp suất tăng làm tăng khả năng cũng như hậu quả của hỏa hoạn. Cần chú ý rằng thậm chí ở áp suất thấp hơn áp suất khí quyển, oxy vẫn có thể là nguy cơ đáng kể đối với các vật liệu tương thích.

##### **C.2.3 Nồng độ oxy**

Khi nồng độ oxy giảm từ 100 % và thay thế bằng khí trơ, xác suất và cường độ phản ứng tiềm tàng cũng giảm đi. Do đó các ví dụ lớn có thể được thực hành khi thiết kế một hệ thống sử dụng nồng độ oxy thấp.

#### C.2.4 Chất gây bẩn

Các chất lây nhiễm có thể tồn tại trong hệ thống do không vệ sinh ban đầu đầy đủ, do đưa vào lúc lắp đặt hoặc hoạt động, hoặc tạo ra bên trong hệ thống, ví dụ do mài mòn hoặc đóng vảy. Các chất lây nhiễm có thể là chất lỏng, đặc, hoặc khí. Các chất lây nhiễm như vậy có thể dễ bắt lửa và dễ cháy và do đó có khả năng gây bắt lửa và thúc đẩy cháy trong hệ thống. Tuy nhiên, thậm chí các chất lây nhiễm bình thường trơ, như rỉ, cũng có thể gây bắt lửa do va đập hoặc ma sát hoặc thông qua làm tăng hiệu ứng cộng hưởng nhiệt.

#### C.2.5. Va đập phản tử

Va đập các phản tử rắn loại dễ bắt lửa hoặc loại trơ trong một dòng oxy có liên quan đến nguy cơ bắt lửa. Việc bắt lửa có thể do các phản tử dễ cháy và bắt lửa khi va đập và lại làm bắt lửa các vật liệu khác trong hệ thống. Hiện tượng bắt lửa cũng có thể do các phản tử nóng lên rồi sau đó tiếp xúc với các chất nhựa và chất đàn hồi trong hệ thống. Nguy cơ liên quan đến các phản tử tăng lên theo nhiệt gây cháy nổ và động năng của các phản tử. Không thể loại bỏ được hết mọi phản tử. Hơn nữa, các phản tử có thể được đưa vào hoặc tạo ra ngay trong hệ thống. Số lượng các phản tử có xu hướng tăng lên theo tuổi thọ của hệ thống. Do vậy, điều quan trọng là hệ thống phải được thiết kế để có thể dung nạp sự có mặt của ít nhất một số phản tử.

#### C.2.6. Nén đoạn nhiệt

**C.2.6.1** Nhiệt độ cao có thể được tạo ra khi khí bị nén nhanh. Điều này có thể xảy ra khi oxy cao áp được giải phóng vào trong một đường ống cụt, làm nén nhanh phần oxy tồn đọng trong ống ở phía trước nó. Nhiệt độ tăng có thể làm bắt lửa các chất lây nhiễm hoặc nâng các bộ phận của hệ thống lên trên nhiệt độ bắt lửa của chúng. Nguy cơ từ nén đoạn nhiệt tăng theo áp suất của hệ thống.

**C.2.6.2** Có một công thức như sau về nhiệt độ tối đa theo lý thuyết có thể tạo ra khi nén khí nhanh không có tỏa nhiệt từ một áp suất và nhiệt độ tới một áp suất cao hơn:

$$T_f/T_i = (p_f/p_i)^{(n-1)/n}$$

trong đó:

$T_f$  là nhiệt độ cuối cùng, tính bằng độ kelvin;

$T_i$  là nhiệt độ ban đầu, tính bằng độ kelvin;

$p_f$  là áp suất tuyệt đối cuối cùng, tính bằng kilopascal;

$p_i$  là áp suất tuyệt đối ban đầu, tính bằng kilopascal.

$n = C_p/C_v = 1,40$  đối với oxy

trong đó:

$C_p$  là nhiệt độ đặc hiệu tại áp suất không đổi;

$C_v$  là nhiệt độ đặc hiệu tại thể tích không đổi.

C.2.6.3 Bảng C.1 nêu nhiệt độ lý thuyết đạt được khi nén oxy đoạn nhiệt từ 60 °C và một atmophe tiêu chuẩn cho đến áp suất nêu trong bảng.

### C.2.7 Ma sát

Chà xát hai bề mặt vào nhau có thể tạo ra nhiệt và chất hạt. Nhiệt độ đó có thể nâng các bộ phận của hệ thống lên trên nhiệt độ đánh lửa của nó. Nguy cơ liên quan đến ma sát nói chung tăng lên theo khối, hệ số ma sát và tốc độ chà xát tương đối.

### C.2.8 Cộng hưởng

Các dao động trong các khoang cộng hưởng có thể tạo nên nhiệt độ cao tại các điểm nhất định trong hệ thống. Nhiệt độ tăng lên nhanh hơn và đạt được trị số cao hơn khi có mặt các phần tử hoặc khi có tốc độ khí cao. Hiện tượng cộng hưởng trong các hệ thống chứa oxy có được nhắc đến, nhưng có ít tiêu chuẩn về thiết kế.

**Bảng C.1 - Nhiệt độ cuối cùng lý thuyết khi nén đoạn nhiệt**

Áp suất kPa	Nhiệt độ cuối cùng <sup>ab</sup> °C
100	131
200	181
300	220
400	252
500	280
600	305
700	328
800	348
900	367
1000	385
1400	446
2000	519
2500	568
5000	747
7500	870
10000	967
12500	1048
15000	1118
17500	1180
20000	1237

Bảng C.1 (kết thúc)

Áp suất kPa	Nhiệt độ cuối cùng <sup>ab</sup> °C
22500	1288
25000	1335
27500	1380
30000	1421

<sup>a</sup> Nhiệt độ lý thuyết nêu trong bảng này cao hơn nhiều so với nhiệt độ tự bắt lửa của tất cả các vật liệu phi kim dùng trong các dịch vụ oxy cao áp và siêu cao áp. Điều này cho thấy việc vận hành thành công phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau.

<sup>b</sup> Nhiệt độ khởi điểm: 60 °C.

### C.2.9 Tĩnh điện

Có thể xảy ra phóng điện do tĩnh điện, có thể do vận tốc khí lớn trong các điều kiện nhất định, đặc biệt là khi có mặt chất dạng hạt. Một ví dụ là hiện tượng phóng hồ quang giữa các bộ phận của hệ thống đã được cách điện khỏi nhau.

## C.3 Nguyên tắc

### C.3.1 Tránh nhiệt độ cao không cần thiết

Cần đặt các hệ thống ở khoảng cách an toàn so với nguồn nhiệt hoặc bức xạ.

Nên có dụng cụ theo dõi và các thiết bị tự ngắt, khi cần, ví dụ ở bộ cấp nhiệt, ổ trục và đầu nén.

Thiết kế cần xem xét việc tỏa nhiệt hiệu quả.

### C.3.2 Tránh tăng áp suất không cần thiết

Nên giảm áp suất gần với điểm cung cấp hơn là gần điểm sử dụng, để cho thiết bị trung gian có áp suất tối thiểu.

### C.3.3 Thiết kế để hệ thống sạch

Hệ thống cần được thiết kế sao cho nó có thể tháo ra thành các bộ phận nhỏ có thể vệ sinh và bảo dưỡng trong điều kiện sạch.

Cần tránh các đầu cụt có thể làm tích đọng chất lây nhiễm.

Cần dùng các bộ lọc để lọc để hạn chế đưa các phần tử bên ngoài vào và thu giữ các phần tử được tạo ra trong khi sử dụng.

Bộ lọc cần được lắp ở vị trí đưa oxy vào trong hệ thống, ở các điểm có thể tạo ra các hạt và tại các điểm xung yếu nơi các hạt có thể gây nguy cơ rất lớn như ở đầu vào của máy nén hoặc van điều áp.

Bộ lọc không được dễ hư hỏng. Nếu có thể bị tắc hoàn toàn, bộ lọc cần phải chịu được toàn bộ chênh áp.



Cần bảo dưỡng dự phòng các bộ lọc thường xuyên để hạn chế nguy cơ liên quan đến tích tụ các hạt trên thiết bị lọc.

Việc bảo dưỡng dự phòng bộ lọc cần phải dễ thực hiện. Cần cung cấp phương tiện để phát hiện giảm áp quá mức qua bộ lọc. Nếu không thể dừng được hệ thống, cần lắp bộ lọc kép để hỗ trợ việc bảo dưỡng.

Bộ lọc cần làm từ vật liệu có độ chống cháy cao (xem Phụ lục D).

#### **C.3.4 Giảm ảnh hưởng của sự va đập các phần tử**

Cần giới hạn vận tốc khí để làm giảm động năng của các phần tử.

Cần sử dụng vật liệu có độ chống cháy cao ở những nơi không thể giới hạn được vận tốc khí, như van chỉnh dòng.

Cần sử dụng vật liệu có độ chống cháy cao ở các điểm có va đập phần tử, như ở nơi luồng khí đổ vào ống chữ T từ cửa bên.

Luồng khí không được tác động đến các bộ phận phi kim như đệm hay phớt.

Các bề mặt có va đập tiềm tàng nên được thiết kế với góc đến nông để động năng do bề mặt va đập hấp thụ được trải đều trên một vùng rộng.

#### **C.3.5 Giảm nhiệt do nén**

Cần tránh việc tăng áp suất đột ngột.

Cần tránh các loại van mở nhanh, như van bi tiêu chuẩn.

Nếu sử dụng van mở nhanh, cần lắp các van nhánh để làm cân bằng áp lực trước khi chúng mở.

Nên cùng các thiết bị giới hạn dòng, như tấm đục lỗ, để hạn chế tốc độ tăng áp.

Không nên nén khí trong các bộ phận dễ bắt lửa.

Nên sử dụng các miếng ngăn để ngăn cách các bộ phận dễ bắt lửa khỏi các điểm có nhiệt độ cao.

#### **C.3.6 Tránh ma sát và chà sát**

Cần tránh sử dụng các bộ phận cọ sát để làm giảm chà sát và sinh nhiệt và phần tử.

Nếu không tránh khỏi cọ sát, cần sử dụng vật liệu có độ chống cháy cao và/hoặc vật liệu có hệ số ma sát thấp và/hoặc có độ bền đối với cọ sát.

#### **C.3.7 Tránh mài mòn**

Không được giáp các kim loại khác nhau.

#### **C.3.8 Tránh cộng hưởng**

Nếu xảy ra cộng hưởng nhiều, cần có các biện pháp để làm giảm tác động của nó.

### **C.3.9 Sử dụng các bộ phận đã được chứng minh**

Nên sử dụng các bộ phận không có tiền sử rắc rối về sử dụng oxy trong các điều kiện vận hành tương tự.

Các bộ phận hoặc hệ thống cần được thử nghiệm trước trong các tình huống có đối chứng.

### **C.3.10 Giảm nhiên liệu và/hoặc oxy có sẵn**

Khối lượng các bộ phận phi kim cần phải càng nhỏ càng tốt và các bộ phận này cần được che chắn cẩn thận.

Cần giảm thiểu thể tích trong của hệ thống.

### **C.3.11 Các xem xét trong quá trình xây dựng**

Cần tránh hoặc loại bỏ các cạnh sắc và gờ sắc, vì chúng dễ gây đánh lửa hơn các vật liệu nền trơn nhẵn.

Không nên sử dụng các bộ phận có thành mỏng, vì chúng rất dễ bắt lửa.

Cần hạn chế việc tạo ra các phần tử trong quá trình sản xuất và lắp ráp.

Cần tránh các đầu cụt.

Cần giảm thiểu hiện tượng hồ quang điện.

Trừ khi được quy định trong một tiêu chuẩn cụ thể, bước thanh lọc cuối cùng để đuổi các phần tử và kiểm tra hệ thống cần được tiến hành bằng một loại khí trơ như một biện pháp để lắp ghép các bề mặt, chứng minh độ toàn vẹn cơ học và kiểm tra hiện tượng rò rỉ của hệ thống.

## Phụ lục D

(tham khảo)

### Lựa chọn vật liệu

#### D.1 Quy định chung

Mục đích của phụ lục này là cung cấp cho các nhân viên kỹ thuật các thông tin sử dụng trong việc lựa chọn các vật liệu trong dịch vụ oxy để giảm thiểu khả năng bắt lửa và/hoặc lan truyền cháy. Nó không nhằm mục đích cung cấp các quy cách để phê chuẩn các vật liệu dùng với oxy.

Khi lựa chọn các vật liệu, cần xem xét các thử nghiệm và cấu hình vật liệu phù hợp với ứng dụng. Cũng cần xem xét khả năng vật liệu trải qua các quy trình làm sạch đặc hiệu mà không bị hư hỏng.

Việc lựa chọn một vật liệu để dùng với oxy hoặc trong môi trường giàu oxy chủ yếu là chuyên hiểu được các tình huống làm cho oxy phản ứng với vật liệu. Hầu hết các vật liệu khi tiếp xúc với oxy sẽ không bắt lửa nếu như không có nguồn năng lượng gây cháy. Khi tốc độ truyền năng lượng, biểu hiện bằng quá trình làm nóng lên, vượt quá tốc độ tỏa nhiệt và nhiệt độ tăng lên liên tục trong một thời lượng vừa đủ, sẽ xảy ra cháy nổ. Nhiệt độ bắt lửa tối thiểu của vật liệu và các nguồn năng lượng sẽ gây tăng nhiệt độ của vật liệu cần phải được xem xét trong ngữ cảnh của toàn bộ thiết kế hệ thống, sao cho các yếu tố nêu dưới đây có ý nghĩa tương đối. Tóm lại, nó tùy thuộc vào việc ứng dụng.

#### D.2 Khác biệt về tính tương thích với oxy của kim loại và phi kim ngoài đồ gốm

Có một số khác biệt cơ bản giữa tính tương thích với oxy của kim loại và phi kim do sự khác biệt về khả năng cháy của chúng. Các khác biệt về khả năng cháy được nêu trong Bảng D.1.

**Bảng D.1 - So sánh khả năng cháy của các kim loại và phi kim**

Đặc điểm	Kim loại	Phi kim
Các sản phẩm cháy nổ	Oxit kim loại nóng chảy	Khí nóng
Nhiệt độ tự cháy	900°C đến 2000 °C	150 °C đến 500 °C
Tính dẫn nhiệt	Cao	Thấp
Nhiệt độ ngọn lửa	Cao	Thấp
Tỏa nhiệt	Cao do khối lượng lớn trong thiết bị	Thấp
Oxit bề mặt	Có thể mang tính bảo vệ	Không hình thành

Nhìn chung, các kim loại khó bắt lửa hơn phi kim. Chúng có nhiệt độ tự bắt cháy trong khoảng 900 °C đến 2000 °C. Trong khi đó, hầu hết vật liệu phi kim dễ cháy có nhiệt độ bắt cháy trong khoảng 150 °C đến 500 °C.

Kim loại có độ dẫn nhiệt cao giúp tỏa nhiệt tại chỗ nên chúng không bắt cháy. Cùng một nguồn nhiệt tại chỗ, độ dẫn nhiệt thấp của phi kim có thể làm cho nhiệt độ tại chỗ tăng trên nhiệt độ tự bắt cháy và làm cho vật liệu bắt cháy.

Nhiều kim loại cũng tạo các lớp oxit bảo vệ làm ngăn cản bắt cháy và truyền cháy.

Sự cháy nổ của kim loại có thể gây phá hủy lớn. Nhiệt độ cháy của kim loại cao hơn nhiều hầu hết các phi kim. Độ đậm đặc của hầu hết các kim loại làm cho khả năng tỏa nhiệt cao hơn đối với các bộ phận có cùng kích thước.

Nhiều loại oxit kim loại không tồn tại dưới dạng hơi oxit, vì chúng phần lớn bị phân ly khi hóa hơi.

Sự cháy của kim loại thu được chủ yếu là các oxit kim loại dạng lỏng có nhiệt dung cao tại khu vực ngọn lửa tại điểm sôi của oxit. Có thể có rất ít oxit kim loại dạng khí. Trong khi đó, sự cháy của phi kim thu được các sản phẩm cháy dạng khí có xu hướng tỏa nhiệt.

Việc tiếp xúc với một hỗn hợp kim loại dạng lỏng và oxit tại nhiệt độ cao tạo ra sự truyền nhiệt mạnh so với tiếp xúc với các sản phẩm cháy nổ dạng khí, nhiệt dung thấp, nóng của các phi kim.

Cuối cùng, vì hầu hết các phi kim tạo ra các thể tích sản phẩm cháy nổ trơ, dạng khí, có sự pha loãng đáng kể khí oxy trong ngọn lửa. Điều này ức chế cháy nổ và trong một hệ thống có ứ đọng có thể dập tắt lửa. Đối với nhiều kim loại, sự cháy nổ tạo ra lớp oxit nóng chảy có thể tích không đáng kể kết tụ ở trước ngọn lửa; do đó sự pha loãng oxy ít hơn nhiều.

### **D.3 Các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn vật liệu**

Việc lựa chọn vật liệu để sử dụng với oxy hoặc trong môi trường giàu oxy chủ yếu là vấn đề phải hiểu được các tình huống làm cho oxy tác dụng với vật liệu. Hầu hết các vật liệu khi tiếp xúc với oxy sẽ không bắt cháy nếu không có nguồn năng lượng gây cháy. Khi việc cung cấp năng lượng vượt quá ngưỡng theo cấu hình, có thể xảy ra bắt cháy. Như vậy, cần phải xem xét đặc tính bắt lửa của vật liệu và các nguồn năng lượng gây cháy trong cùng một hệ thống. Các yếu tố này cần được xem xét trong ngữ cảnh của toàn bộ thiết kế hệ thống sao cho các yếu tố nêu ở đây có tầm quan trọng đúng đắn. Tóm lại, nó phụ thuộc vào từng ứng dụng.

Ngoài các yếu tố ảnh hưởng đến thiết kế của một hệ thống chứa oxy, như mô tả ở C.2, cần xem xét các yếu tố khác khi lựa chọn vật liệu. Các yếu tố như vậy, cụ thể đối với kim loại và phi kim, được mô tả trong D.4 và D.5.

Trong một số trường hợp không được tự do chọn lựa các vật liệu kim loại và phi kim. Ví dụ, thiết kế vòng đệm cho các dịch vụ cao áp bắt buộc phải sử dụng các vật liệu phi kim.

### **D.4 Lựa chọn các vật liệu là kim loại**

#### **D.4.1 Các yếu tố ảnh hưởng việc chọn kim loại**

##### **D.4.1.1 Dễ bắt lửa**

Mặc dù các kim loại khó bắt lửa hơn phi kim, các vật liệu cấu trúc có phạm vi đặc tính bắt lửa rộng và một số kim loại khó bắt lửa hơn loại khác. Các nguồn gây bắt lửa kim loại chính đã biết bao gồm:

- a) nhiễm bẩn trong đó bản thân chất lây nhiễm có thể bắt lửa do va chạm cơ học, nén đoạn nhiệt, tia lửa hoặc cộng hưởng và lửa truyền sang kim loại;

- b) va đập phần tử trong đó một phần tử có thể bắt lửa và truyền sang kim loại;
- c) ma sát do hồng học cơ học, tạo hốc và chà sát;
- d) làm nóng đến nhiệt độ bắt lửa.

#### D.4.1.2 Nhiệt độ nóng chảy

Hầu hết kim loại phải nóng chảy thì mới cháy được. Nhiệt độ nóng chảy càng cao thì xác suất nhiệt độ bắt cháy càng thấp. Do vậy, nhiệt độ nóng chảy của các kim loại (xem Bảng D.2) không tương quan trực tiếp với xếp loại độ tương thích với oxy của kim loại và hợp kim khi sử dụng các số liệu từ các thử nghiệm về va đập phần tử, đánh lửa do ma sát, bắt lửa xúc tiến và chỉ số oxy (xem Bảng D.3).

Tuy vậy, cần chú ý rằng đôi khi trong thiết kế của thiết bị không có sự tự do lựa chọn giữa vật liệu kim loại hay phi kim loại trong một số chức năng nhất định (ví dụ thiết kế đệm của các dịch vụ áp suất cao bắt buộc phải dùng vật liệu phi kim).

**Bảng D.2 - Nhiệt độ nóng chảy, nhiệt cháy và hệ số dẫn nhiệt của các kim loại điển hình**

Kim loại	Nhiệt độ nóng chảy °C	Nhiệt cháy J/g	Hệ số dẫn nhiệt W/(mK)
Nhôm	660	31000	209
Đồng thau 20/40	900	3500	79
Đồng đỏ 10/2	1020	2700	46
Thép cacbon	1500	7400	52
Gang	1150	7400	58
Crôm	1890	10900	*
Đồng	1083	2500	407
Niken	1453	4100	58
Bạc	960	150	418
Thép không gỉ 18/8 AISI 304	1400	7700	15
* Không có sẵn dữ liệu			

Bảng D.3 - Thứ tự xếp hạng mức độ chống bắt cháy của các kim loại và hợp kim

Va đập phân tử (ASTM/NASA)	Ma sát/chà xát (ASTM/NASA)	Bắt lửa xúc tiến (ASTM/NASA)	Bắt lửa xúc tiến (UCC Linde)	Chỉ số oxy (Zabrenski)
	Niken	Niken	Niken 200	Monel 400
Monel 400				
	Inconel 600			
			Nicrom V	
			Monel 400	
		Đồng	Monel K500	
			Đồng thau đóng tàu	
		Monel 400	Đồng	Đồng
	Đồng thiếc		90-10 Cu/Ni	
Đồng thiếc		Đồng thiếc	70-30 Cu/Ni	
Đồng vàng			Đồng thau cất tự do	Đồng thau vàng
			2% Be/Cu	
	Gang cầu	Đồng vàng	Chất đệm INCO 141	
			Inconel X-750	
		Đồng đỏ	Admir brass	
	Thép không rỉ 13-4		Đồng thiếc G	
			Đồng thiếc GM	
Inconel 600		Inconel 600	Inconel 600	Inconel 600
	Monel K500		Beryco 440	
	Monel 400		Đồng thiếc NM	
			Đồng silicon	
	Mạ WC		Hastelloy C276	
	Gang nâu		Hợp kim stelit 6B	
	Đồng thiếc có chì	Stelit 6B	MP 35N	Stelit 6
Đồng đỏ Al 7%	Thép AISI 4140		Inconel 625	
Inconel 625		Inconel 625	Hastelloy C-22	
		Waspaloy	Haynes 25	
	Hastelloy X	Thép không rỉ 440C	Inconel 625	
		Thép PH 17-4	Incoloy 825	Incoloy 800
			Incoloy 65	
	Thép PH 14-5	Incoloy 800	Inconel 718	
Inconel 718	Đồng vàng		Hastelloy X	
Gang cầu			Hastelloy G3	
Incoloy 800			Hastelloy G	
	Stelit 6B		Elgiloy	
			Đồng silicon	
	Thép không rỉ 304		Hastelloy G30	
	Thép không rỉ 410		Hastelloy B	
	Hợp kim nỉva 36		Carpenter 20 Cb3	
	Thép PH 17-4		Thép không rỉ 410	
Thép không rỉ 316		Thép không rỉ 321	Thép không rỉ 430	Thép không rỉ 430
Thép không rỉ 304	Nitronic 60		Thép SAF 2205	
		Thép không rỉ 316	Thép không rỉ 316	Thép không rỉ 304
Nitronic 60	Đồng đỏ Al 7%		Thép không rỉ 310	Thép không rỉ 316
		Thép không rỉ 304	Thép không rỉ 304	Thép không rỉ 201

Bảng D.3 (kết thúc)

Va đập phản từ (ASTM/NASA)	Ma sát/chà xát (ASTM/NASA)	Bắt lửa xúc tiến (ASTM/NASA)	Bắt lửa xúc tiến (UCC Linde)	Chỉ số oxy (Zabrenski)
Thép không gỉ 14-5		Gang cầu	Hợp kim inva	Kẽm
		Nitronic 60		Đồng đỏ Al 10%
		Thép 9% Ni	Thép cacbon	Thép 9% Ni
	Hợp kim Al C355		Đồng Ni-Al	Thép 1018
	Babit SAE 11	Đồng đỏ Al 7%	Đồng đỏ Al	
	Hợp kim Al 6061	Hợp kim Al 2219	Hợp kim Al A356	
Hợp kim Al 6061	T-6A1-4V	Hợp kim Al 6061	Nhôm 1100	Hợp kim Al 6061
CHÚ THÍCH 1 Các vật liệu được xếp theo thứ tự độ chống bắt cháy giảm dần				
CHÚ THÍCH 2 Từ ASTM STP1197 - 1993 <sup>(41)</sup> , Bảng 2, tr.7.				

#### D.4.1.3 Nhiệt cháy

Sự đốt cháy kim loại giải phóng ra nhiệt và nhiệt lượng có tác động trực tiếp đến tình trạng gây phá hủy của ngọn lửa. Nhìn chung, nhiều kim loại và phi kim giải phóng số nhiệt lượng như nhau. Tuy nhiên, vì chiếm phần đa số trong hầu hết các hệ thống, sự đốt cháy nhiều kim loại là tiềm năng giải phóng ra số nhiệt lượng chủ yếu trong một đám cháy. Nhiệt cháy của nhiều kim loại và phi kim được nêu trong Bảng D.2. Nói chung, nhiệt cháy càng thấp thì kim loại càng có độ tương thích với oxy lớn.

#### D.4.1.4 Hệ số dẫn nhiệt

Hệ số dẫn nhiệt của các kim loại rất đa dạng nhưng nói chung cao hơn hệ số dẫn nhiệt của phi kim. Việc tỏa nhiệt do dẫn truyền qua các bộ phận kim loại của một thiết bị có thể là một cách làm mát quan trọng. Để tỏa nhiệt tại chỗ vào các bộ phận phi kim cần các bộ phận này tiếp xúc với các bộ phận kim loại có hệ số dẫn nhiệt cao hơn. Giá trị các hệ số dẫn nhiệt của các kim loại khác nhau được nêu trong Bảng D.2.

#### D.4.1.5 Tỷ suất cháy ở điểm nóng chảy

Vì nhiều kim loại phải nóng chảy thì mới cháy được, để duy trì sự đốt cháy, các kim loại đó phải tạo ra đủ nhiệt để tự làm nóng chảy. Tỷ suất cháy ở điểm nóng chảy ( $BR_{mp}$ ) là tỷ lệ giữa nhiệt lượng giải phóng ra khi đốt cháy một kim loại với nhiệt lượng cần để vừa làm nóng kim loại đến điểm nóng chảy của nó và cung cấp nhiệt nóng chảy âm i. Nó được xác định bởi công thức:

$$BR_{mp} = H_{comb} / (H_{rt-mp} + H_{fus})$$

trong đó:

$H_{comb}$  là nhiệt cháy;

$H_{rt-mp}$  là nhiệt lượng cần để làm nóng kim loại từ nhiệt độ phòng (rt) đến điểm nóng chảy (mp);

$H_{fus}$  là nhiệt nóng chảy âm i.

Kim loại nào có  $BR_{mp}$  thấp sẽ cháy không mạnh bằng kim loại có  $BR_{mp}$  cao. Giá trị  $BR_{mp}$  theo tính toán được nêu theo thứ tự cao thấp trong Bảng D.4. Thứ tự này cơ bản là tương tự với thứ tự có được từ nhiều thông số thử nghiệm khác nhau.

**Bảng D.4 - Tỷ suất cháy ở điểm nóng chảy theo tính toán**

Vật liệu	Tỷ suất cháy ở điểm nóng chảy $BR_{mp}$
Bạc	0,40
Đồng	2,00
Đồng-Niken 90:10	2,39
Đồng thiếc CDA 938	2,83
Đồng thương mại pha chì CDA 314	2,57
Monel 400	3,02
Coban	3,50
Monel K500	3,64
Niken	3,70
Đồng berilium CDA 828	4,49
Thép ít hợp kim AISI 4140	5,10
Gang dẻo	5,10
Gang	5,10
Thép cacbon AISI 1025	5,10
Sắt	5,10
PH 17-4	5,32
SS 410	5,39
Thép không gỉ CA 15	5,39
Titan	13,10
Chì	18,60
Kẽm	19,30
Hợp kim babit chì	20,60
Magie	22,40
Nhôm	29,00
Hợp kim babit thiếc	42,60
Thiếc	44,80
CHÚ THÍCH Bảng X1.5 từ ASTM G94-05-1990 <sup>[22]</sup>	



#### D.4.1.6 Nhiệt độ tự cháy

Nói chung, nhiệt độ tự cháy của kim loại cao hơn nhiều so với của phi kim. Nhiệt độ tự cháy điển hình của kim loại ở trong khoảng từ 900°C đến 2000 °C.

Nhiệt độ tự cháy thấp của bất kỳ vật liệu nào có liên quan trực tiếp với độ tương thích oxy thấp. Tuy nhiên, mối tương quan này bị ảnh hưởng bởi sự hình thành lớp oxit bảo vệ trên bề mặt các kim loại. Đối với một số kim loại, nhiệt độ tự cháy tăng lên khi áp suất oxy tăng, nhưng đối với hầu hết các kim loại nhiệt độ tự cháy hoặc là không đổi hoặc giảm đi khi áp suất oxy tăng lên.

Các cơ chế bắt lửa làm hư hỏng lớp oxit bảo vệ, như ma sát, mài mòn, hoặc phản ứng hóa học, có thể làm cho kim loại bắt cháy ở các nhiệt độ thấp hơn mong đợi.

#### D.4.1.7 Cháy dây chuyền

Một dây chuyền cháy nổ có thể xảy ra khi các vật liệu dễ cháy như chất lây nhiễm bắt lửa, ví dụ, do nén đoạn nhiệt. Hiện tượng này có thể giải phóng đủ nhiệt để làm cháy các bộ phận phi kim nhỏ như đệm van, từ đó lại làm bắt lửa các bộ phận phi kim lớn hơn, như ống lót, cuối cùng dẫn đến giải phóng đủ nhiệt để làm bắt lửa bộ phận van bằng kim loại. Một khi bộ phận kim loại đã bắt cháy, có nguy cơ phá hủy lớn và thiệt hại về người.

#### D.4.1.8 Thử nghiệm độ tương thích với oxy

Các phương pháp thử nghiệm đặc hiệu để đánh giá tính tương thích oxy của các nhóm kim loại và phi kim đã được đề xuất. Có ba phương pháp đã được nghiên cứu, mỗi phương pháp có liên quan đến một cơ chế bắt lửa đã biết, tức là va đập phần tử, ma sát/chà xát, và đánh lửa xúc tiến. Trừ một số ngoại lệ, các phương pháp này đều cho kết quả xếp loại độ tương thích oxy của kim loại được thử nghiệm. Độ tin cậy của kết quả và chi phí thử nghiệm của ba phương pháp này khác nhau, do đó phương pháp đánh lửa xúc tiến hiện được coi là phương pháp tiêu chuẩn. Tuy vậy, có nhiều biến số trong quy trình thử nghiệm như áp suất oxy, kích cỡ của bộ phận thử nghiệm, và khối lượng và độ tương đồng của chất xúc tiến (tức là một vật liệu dễ bắt lửa).

Nhiều kim loại và hợp kim được quan tâm trong công nghiệp đã được thử nghiệm độ tương thích oxy bằng phương pháp đánh lửa xúc tiến, và danh sách xếp loại được nêu trong Bảng D.3. Xếp hạng trong danh sách càng cao, sức đề kháng với đánh lửa xúc tiến càng lớn. Vì cơ chế bắt lửa này có thể phù hợp hơn đối với các thiết bị y tế so với phương pháp va đập phần tử hoặc ma sát/chà xát, kim loại dùng trong các hệ thống oxy cao áp của các thiết bị y tế càng cao trong danh sách này càng tốt.

### D.4.2 Phương pháp lựa chọn kim loại

#### D.4.2.1 Lựa chọn

Để chọn một vật liệu cho một ứng dụng, ứng dụng đó trước hết cần được xem xét để đánh giá khả năng vật liệu được chọn có thể xảy ra bắt cháy khi sử dụng. Độ nhạy cảm của vật liệu đối với cháy nổ, tiềm lực phá hủy của nó hoặc khả năng ảnh hưởng đến các vật liệu khác khi bị cháy, cần được xem xét cùng với ảnh hưởng tiềm tàng của cháy nổ đối với môi trường hệ thống. Cuối cùng, các nhu cầu của ứng dụng và

mức độ vận hành mong đợi từ vật liệu cần được so sánh trong ngữ cảnh cần tránh cháy nổ. Các ví dụ về các thông số liên quan được nêu trong các bảng D.2, D.3, và D.4.

#### D.4.2.2 Nguyên tắc

Nên sử dụng vật liệu ít phản ứng nhất sẵn có, phù hợp với kỹ thuật và thực hành tiết kiệm. Khi mọi yếu tố là như nhau, cần chú ý nhất đến các đặc tính có tầm quan trọng nhất đối với ứng dụng. Chỉ số oxy cần phải tối đa. Nhiệt cháy, tốc độ lan truyền, nhiệt độ ngọn lửa và tỷ suất cháy tại điểm nóng chảy cần phải giảm tối đa. Nếu có xác suất tương đối cao xảy ra các cơ chế bắt lửa, cần sử dụng một vật liệu có sức đề kháng cao với các cơ chế bắt lửa đó (xem Bảng D.3).

Các kim loại có sức đề kháng cháy cao cần được lựa chọn bất cứ khi nào hệ thống có nhiều vật liệu phi kim, khi sử dụng các phi kim không được tối ưu, hoặc khi không bảo đảm sạch sẽ đến từng chi tiết. Áp suất vận hành càng cao, sức đề kháng của kim loại với cháy và lan truyền cháy càng quan trọng.

Với máy quay, ưu tiên các kim loại có trị số PV cao nhất (tích số giữa áp suất và vận tốc tuyến tính) khi bắt lửa phù hợp với thực tế và hoạt động chức năng.

Các vật liệu có chỉ số oxy cao được ưu tiên hơn các vật liệu có chỉ số oxy thấp. Khi một kim loại được sử dụng tại nồng độ oxy thấp hơn chỉ số oxy theo áp suất của nó, có thể thực hiện trong phạm vi rộng các thông số khác. Việc sử dụng các vật liệu có chỉ số oxy trung bình là vấn đề đánh giá bao gồm xem xét tất cả các yếu tố quan trọng trong ứng dụng cụ thể.

Kinh nghiệm với một kim loại nào đó trong một ứng dụng tương tự, nghiêm ngặt hơn, hoặc với vật liệu tương tự trong cùng ứng dụng thường tạo cơ sở cho việc lựa chọn vật liệu. Tuy nhiên, cần thận trọng trong ngoại suy các điều kiện. Có thể suy luận sự tương tự từ việc so sánh các dữ liệu thử nghiệm, tỷ suất cháy, hoặc sử dụng bảng tuần hoàn các nguyên tố. Vì đặc tính cháy của các kim loại có thể rất nhạy cảm với tỷ lệ các chất hợp thành, có thể cần phải thử nghiệm từng hợp kim hoặc thậm chí từng mẻ, đặc biệt khi các nguyên tố có khả năng cháy cao là các bộ phận nhỏ hơn.

Các yếu tố vận hành cũng quan trọng. Không thể giả định rằng việc sử dụng thành công một vật liệu trong môi trường công nghiệp có thể chuyển đổi được sang môi trường y tế.

### D.5 Lựa chọn các vật liệu phi kim (nhựa, chất đàn hồi, chất bôi trơn, và các hợp chất ren)

#### D.5.1 Các yếu tố ảnh hưởng việc lựa chọn phi kim

##### D.5.1.1 Tổng quát

Khi xem xét một vật liệu dùng trong một dịch vụ oxy cụ thể, một trong những yếu tố quan trọng nhất là nhiệt độ tự cháy của nó. Các yếu tố khác sẽ ảnh hưởng đến sự bắt lửa của nó là sức đề kháng tương đối đối với va đập, hình dạng, cấu hình, nhiệt dung riêng, độ xốp tương đối, độ dẫn nhiệt, sự oxy hóa chống rỉ, và "hiệu ứng thu nhiệt". Hiệu ứng thu nhiệt là sự truyền nhiệt từ vật liệu vào khối vật chất tiếp xúc gần gũi với nó xét cả về kích thước và sắp xếp lý học của từng bộ phận và về đặc tính lý học. Ví dụ, vật liệu để đệm (doăng) có thể có nhiệt độ đánh lửa tương đối thấp nhưng lại cực kỳ đề kháng với lửa khi bị giữ giữa hai bản kim loại.

#### D.5.1.2 Nhiệt độ tự cháy

Nhiệt độ tự cháy của một số phi kim trong các điều kiện thử nghiệm cụ thể được nêu trong Bảng D.5 và D.6. Các giá trị thu được của nhiệt độ tự cháy phần nào phụ thuộc vào quy trình thử nghiệm. Một phương pháp thử để xác định nhiệt độ tự cháy của các chất phi kim trong khí oxy nén được nêu trong ISO 11114-3<sup>[9]</sup>. Sự khác biệt về kết quả giữa các phòng xét nghiệm khác nhau đang được nghiên cứu. Tuy nhiên, việc xếp loại đối với các phi kim từ các phòng xét nghiệm khác nhau nhìn chung là như nhau. Đối với hầu hết các phi kim, nhiệt độ tự cháy giảm khi áp suất oxy tăng cho đến khoảng 4000 kPa và sau đó trở nên không đổi. Áp suất thử nghiệm nên vượt quá áp suất tối đa khi sử dụng.

Nhiệt độ tự cháy của hầu hết các vật liệu phi kim thấp hơn nhiều so với nhiệt độ lý thuyết có thể thu được bằng nén đoạn nhiệt trong các hệ thống oxy cao áp. Cũng như vậy, kinh nghiệm cho thấy rằng một số vật liệu có nhiệt độ tự cháy thấp (như polyamide) có thể hoạt động tốt gần như các vật liệu được xếp loại cao hơn trong một số ứng dụng. Vì lý do này, các thiết bị như van điều áp cần phải cho trải qua sốc áp suất đoạn nhiệt được xác định để bảo đảm không xảy ra bắt lửa của các bộ phận phi kim.

#### D.5.1.3 Nhiệt cháy

Cần đánh giá các đặc tính và điều kiện có thể ảnh hưởng sự hư hỏng tiềm tàng xảy ra khi có bắt lửa. Đặc biệt quan trọng là tổng nhiệt lượng giải phóng, nhiệt cháy của vật liệu (xem Bảng D.5) nhân với khối lượng của nó. Do đó cần giữ cho khối lượng của các bộ phận có nhiệt cháy cao càng thấp càng tốt.

#### D.5.1.4 Chỉ số oxy

Chỉ số oxy là thước đo khả năng chống cháy của một vật liệu. Nên sử dụng các vật liệu có chỉ số oxy cao.

#### D.5.1.5 Độ uốn bên trong

Uốn nhanh và liên tục một vật liệu có thể sinh ra nhiệt. Nhiệt đó có thể làm tăng nguy cơ cháy. Một ví dụ là một chiếc đệm thò vào trong luồng khí.

Bảng D.5 - Nhiệt độ tự cháy, chỉ số oxy, và nhiệt cháy của các nhóm polyme tiêu biểu

Nhóm polyme	Nhiệt độ tự cháy °C	Chỉ số oxy	Nhiệt cháy J/g
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	204 <sup>a</sup>	18,8 đến 39	35500
Cao su chloroprene neoprene	175 đến 190 <sup>a</sup>	26,3	12500
Ethylene propylene (EPDM)	200 đến 210 <sup>a</sup>	21,9	39500
Cao su nitrile NBR	290 đến 310 <sup>a</sup>	18	22500 35500
Polyacetal	200 đến 210 <sup>a</sup>	14,2	<sup>b</sup>
Polyamide	200 đến 220 <sup>a</sup>	21 đến 30,1	33000
Polycarbonate	300 đến 315 <sup>a</sup>	22,5 đến 44	<sup>b</sup>
Polychlorotrifluoroethylene (PCTFE)	410 đến 425 <sup>a</sup>	95	9500
Polymethylmethacrylate	430 <sup>a</sup>	16,7 đến 21,5	25000
Polypropylene	150 đến 160 <sup>a</sup>	17,4 đến 29,2	46000
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	460 đến 490 <sup>a</sup>	95	7000
Polyvinylidene fluoride	250 đến 330 <sup>a</sup>	43,7 đến 57	15000
Cao su silicone	300 đến 320 <sup>a</sup>	25,8 đến 39,2	16500
Vinylidene fluoride-hexafluoropropylene	323 <sup>a</sup>	56 đến 100	14000
Polyetheretherketone (PEEK)	300 đến 350 <sup>a</sup>	<sup>b</sup>	<sup>b</sup>
Polyethylene (PE)	180 đến 200 <sup>a</sup>	17,5	<sup>b</sup>
CHÚ THÍCH Nếu giá trị được nêu theo khoảng, giá trị chính xác cần được xác định cho polyme cụ thể.			
<sup>a</sup> Áp suất thử là 12000 kPa			
<sup>b</sup> Không có dữ liệu			
<sup>c</sup> Áp suất thử là 6800 kPa			

Bảng D.6 - Nhiệt độ tự cháy của các chất bôi trơn và hợp chất ren tiêu biểu

Chất bôi trơn hoặc hợp chất ren	Nhiệt độ <sup>a</sup> °C
Bột colloidal graphite	350 đến 360
Xi-măng epoxy	210 đến 230
Dầu fluorocarbon	380 đến 400
Mỡ fluorocarbon	380 đến 420
Mỡ graphite	170 đến 180
Dầu perfluoroalkylpolyether	230 đến 360
Molybdenum disulfide khô	400 đến 500
Mỡ perfluoroalkylpolyether	400 đến 500
Băng dán ống PTFE	420 đến 427
Keo hàn ống polyester	140 đến 150
Mỡ silicone	190 đến 215
<sup>a</sup> Áp suất thử nghiệm là 12000 kPa	

#### D.5.1.6 Độc tính của các sản phẩm cháy

Một trong các nguy cơ đã biết khi sử dụng các thiết bị y tế có oxy cao áp hoặc siêu cao áp là các bộ phận phi kim của chúng có thể bắt cháy do nhiệt tại chỗ gây nên bởi nén đoạn nhiệt. Do đó, các nhà thiết kế có xu hướng lựa chọn các vật liệu có nhiệt độ tự cháy cao nhất có thể nhằm tối đa hóa khả năng chống lại bắt lửa (ví dụ như đo lường bởi thử nghiệm sốc áp suất oxy của thiết bị được lắp ráp). Các polyme tiêu biểu có nhiệt độ tự cháy cao là các polyme có chứa flo và/hoặc clo, ví dụ polytetrafluoroethylene (PTFE) và polychlorotrifluoroethylene (PCTFE) (xem Bảng D.5).

Trong các thiết bị y tế sử dụng với oxy, độc tính của các sản phẩm cháy cũng cần phải xem xét.

Tất cả các polyme đều có thể cháy trong oxy, đặc biệt khi áp suất oxy cao, và có thể tạo ra các sản phẩm cháy dạng khí. Các hydrocarbon chỉ chứa C, H, và O có thể tạo ra chủ yếu CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>O trong khi cháy ở các nồng độ oxy cao nhưng đốt cháy không hoàn toàn có thể tạo ra CO. Các polyme có chứa N hoặc S cũng có thể tạo ra nhiều loại khí hữu cơ trung tính và khí vô cơ axit đơn giản. Đốt cháy các polyme có nhiệt độ tự cháy cao (ví dụ các loại có chứa flo và/hoặc clo) có thể tạo ra các hỗn hợp các sản phẩm khí. Bảng D.7 nêu danh sách các polyme chọn lọc và các sản phẩm tiềm tàng do đốt cháy chúng, cùng với các số liệu về độc tính và phơi nhiễm của người.

Việc đốt cháy toàn bộ hay một phần của bộ phận phi kim trong các thiết bị y tế có thể không diễn ra rõ ràng ngay lập tức và các sản phẩm cháy có thể bị lưu giữ trong thiết bị. Trong trường hợp này, các sản

phẩm độc này có thể hoặc được đưa vào theo từng đợt với nồng độ cao hoặc được hấp thụ sang các vật liệu khác rồi được giải phóng ra từ từ. Các loại khí được tạo ra trong khi đốt cháy không chỉ phụ thuộc vào thành phần hóa học của polyme, mà còn vào các điều kiện của sự đốt cháy, đặc biệt là nhiệt độ, áp suất và nồng độ oxy.

Bảng D.7 nêu danh sách các sản phẩm cháy có thể của một số vật liệu phi kim cùng với giá trị giới hạn ngưỡng (TLV) và nồng độ chí tử ( $LC_{50}$ ) của chúng. Danh sách này không nêu hết nhưng cũng có các sản phẩm độc chủ yếu đã biết có thể tạo ra trong khi đốt cháy.  $LC_{50}$  là thước đo độc tính nên giá trị càng thấp chứng tỏ độc tính càng cao. TLV là biểu thị về số của nồng độ của một chất mà gần như toàn bộ công nhân khỏe mạnh có thể phơi nhiễm lặp đi lặp lại mà không có tác dụng ngoại ý về sức khỏe và giá trị càng thấp chứng tỏ chất đó càng có hại.

Một phương pháp thử nghiệm khuyến cáo cho việc đốt cháy các vật liệu phi kim được nêu trong Phụ lục E. Phương pháp này nhằm mục đích mô phỏng các điều kiện cháy trong một đường oxy cao áp. Cũng có một phương pháp khuyến cáo cho việc phân tích định lượng các sản phẩm cháy (xem Phụ lục E). Không có sẵn số liệu được kiểm chứng đối với phương pháp thử nghiệm nêu trong Phụ lục E.

#### **D.5.1.7 Độ dẫn nhiệt**

Độ dẫn nhiệt của phi kim thấp hơn nhiều so với kim loại. Việc tỏa nhiệt từ các bộ phận phi kim có thể được hỗ trợ bằng cách cho tiếp xúc sát với các bộ phận kim loại và giới hạn khối lượng của các bộ phận phi kim.

#### **D.5.1.8 Thoái hóa**

Các phi kim tiếp xúc với các khí, đặc biệt là oxy, có thể trải qua các thay đổi về hóa học có thể ảnh hưởng đến các đặc tính hóa học của chúng. Việc bảo dưỡng định kỳ cần xem xét đến các thay đổi như thế.

#### **D.5.1.9 Va đập cơ học**

Một vài phản ứng có thể xảy ra khi thử nghiệm bằng va đập cơ học.

#### **D.5.1.10 Nhiệt độ ngọn lửa**

Ưu tiên sử dụng vật liệu có nhiệt độ ngọn lửa thấp.

#### **D.5.1.11 Tốc độ cháy lan**

Ưu tiên sử dụng vật liệu có tốc độ cháy lan thấp.

**Bảng D.7 - Số liệu về độc tính của các sản phẩm cháy tiềm tàng và/hoặc do phân hủy các vật liệu phi kim chọn lọc**

Vật liệu	Sản phẩm cháy tiềm tàng <sup>a</sup>	LC <sub>50</sub> <sup>b</sup> ml/m <sup>3</sup>	TLV <sup>c</sup>	
			ml/ m <sup>3</sup>	mg/ m <sup>3</sup>
Polytetrafluoroethylene (PTFE) <sup>d</sup>	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> O <sub>2</sub> diphosgene	2		
	COCl <sub>2</sub> phosgene	5	0,05	0,2
Polychlorotrifluoroethylene (PCTFE)	F <sub>2</sub> O difluoride oxy	2,6	0,05	0,1
	F <sub>2</sub> flo	185	1	2
Polyvinylchloride (PVC)	Cl <sub>2</sub> clo	293	1	3
	COF <sub>2</sub> carbonyl fluoride	360		
	HF flo-hydric	966	3	2,5
	HCl clo-hydric	3120	5	7,5
	ClF <sub>5</sub> chlorine pentafluoride	122		
	ClF <sub>3</sub> chlorine trifluoride	299	0,1	0,4
Polyamide (PA) <sup>e</sup> Polyurethane (PU)	NO oxit nito	115	25	30
	NO <sub>2</sub> dioxit nito	115	5	9
	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> trioxit nito	57		
	HCN xyanua-hydric	140	10	10
	(CN) <sub>2</sub> xyanua	350	10	
Polyethylene (PE) <sup>f</sup>	CO monoxit cacbon <sup>g</sup>	3760	50	55
Sulfua polypropylene (PPS) <sup>h</sup>	H <sub>2</sub> S sulfua hydro	712	10	15
	CH <sub>3</sub> SH methyl mercaptan	1350		
	COS sulfua cacbon	1700		
	SO <sub>2</sub> dioxit lưu huỳnh	2520	5	13
Polyetheretherketone (PEEK) <sup>f</sup>	CO monoxit cacbon <sup>g</sup>	3760	50	55
Ethylene-propylene (EPDM) <sup>f</sup>	CO monoxit cacbon <sup>g</sup>	3760	50	55
	SO <sub>2</sub> dioxit lưu huỳnh <sup>l</sup>	2520	5	13

Bảng D.7 (kết thúc)

Vật liệu	Sản phẩm cháy tiềm tàng <sup>a</sup>	LC <sub>50</sub> <sup>b</sup> ml/m <sup>3</sup>	TLV <sup>c</sup>	
			ml/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
Cao su chloroprene (NR, Neoprene) <sup>j</sup>				
Cao su nitrile (NBR, Buna N) <sup>j</sup>				
Cao su fluocacbon (FKM, vinylidene fluoride hexafluoropropylene, Viton, Fluorel) <sup>j</sup>				

<sup>a</sup> Giả thiết là cháy hoàn toàn.

<sup>b</sup> Nồng độ chỉ từ theo ISO 10298<sup>[4]</sup>.

<sup>c</sup> Giá trị giới hạn ngưỡng.

<sup>d</sup> Các vật liệu trong nhóm này có chứa cacbon, oxy, hydro, clo và flo.

<sup>e</sup> Các vật liệu trong nhóm này có chứa cacbon, oxy, hydro, và nitơ.

<sup>f</sup> Các vật liệu trong nhóm này có chứa cacbon, oxy, và hydro.

<sup>g</sup> Thường chuyển thành CO<sub>2</sub> do dư thừa oxy.

<sup>h</sup> Có chứa cacbon, oxy, hydro, và lưu huỳnh.

<sup>i</sup> Khả năng có vết lưu huỳnh, tùy theo quy trình sản xuất.

<sup>j</sup> Không có số liệu.

## D.5.2 Phương pháp chọn phi kim

### D.5.2.1 Lựa chọn

Để lựa chọn một vật liệu cho một ứng dụng, ứng dụng đó cần được xem xét để đánh giá khả năng vật liệu được chọn sẽ bị ảnh hưởng bởi hiện tượng cháy nổ đáng kể trong khi dùng. Độ nhạy của vật liệu đối với cháy nổ, tiềm lực phá hủy của nó hay khả năng làm ảnh hưởng đến vật liệu khác khi cháy cần được xem xét cùng với các ảnh hưởng tiềm tàng của cháy nổ đối với môi trường hệ thống. Cuối cùng, nhu cầu của ứng dụng và mức độ vận hành mong đợi của vật liệu cần được so sánh trong bối cảnh cần tránh bất lửa.

### D.5.2.2 Nguyên tắc

Cần sử dụng vật liệu ít phản ứng nhất phù hợp với thiết kế hợp lý và hoạt động kinh tế. Cần tối đa hóa nhiệt độ tự cháy, chỉ số oxy, sự bất lửa do va chạm cơ học và ngưỡng áp suất va chạm khí. Cần giảm



thiếu nhiệt cháy, tổng nhiệt giải phóng và độc tính của các sản phẩm cháy. Một số yêu cầu này có thể đưa đến tình trạng xung đột trong việc lựa chọn vật liệu, gây ra nguy cơ tồn dư đáng kể, thậm chí khi đã áp dụng việc hoạt động tốt nhất. Lời khuyên là nên dựa vào nhiều phương pháp thử nghiệm để lựa chọn vật liệu. Vì tính chất cũng như kết quả thử nghiệm vật liệu không phải là các chỉ số tốt nhất để đánh giá khả năng hoạt động, việc thử nghiệm thiết bị đã lắp ráp (nếu có phương pháp thử nghiệm) cần tạo thành một phần của quá trình lựa chọn vật liệu.

Nếu có nguy cơ tương đối cao xảy ra một hay nhiều cơ chế cháy nổ, chỉ nên sử dụng các vật liệu có sức đề kháng rất cao đối với các cơ chế này. Áp suất vận hành tối đa càng cao, thì sức đề kháng với bất lửa càng quan trọng. Điều này có thể tạo nên xung đột với nhu cầu giảm thiểu độc tính của các sản phẩm cháy. Có thể sẽ không thể giải quyết được xung đột này dựa vào các số liệu và phương pháp thử nghiệm hiện có.

Ưu tiên nhiệt cháy thấp; nhiệt cháy từ 41000 J/g trở lên không thích hợp trừ các ứng dụng nhẹ.

Các vật liệu có chỉ số oxy cao được ưa chuộng hơn các vật liệu có chỉ số oxy thấp. Việc sử dụng các vật liệu có chỉ số oxy trung bình là vấn đề cần cân nhắc, bao gồm xem xét tất cả các yếu tố quan trọng trong ứng dụng cụ thể.

Kinh nghiệm với một vật liệu nào đó trong cùng ứng dụng hoặc với cùng vật liệu trong cùng ứng dụng thường là cơ sở cho việc lựa chọn vật liệu. Tuy nhiên, cần thận trọng khi suy xét các điều kiện.

Vì một số vật liệu thay đổi theo từng lô, có thể cần phải thử nghiệm từng lô một trong một số ứng dụng.

Vì các lý do này, các thiết bị y tế sử dụng trong môi trường giàu oxy cần được thiết kế sao cho ít phải sử dụng vật liệu phi kim nhất.

## Phụ lục E

(tham khảo)

### Phương pháp đốt khuyến cáo và phân tích định lượng các sản phẩm cháy của các vật liệu phi kim

#### E.1 Tổng quát

Một phương pháp được mô tả đối với sự đốt cháy các vật liệu phi kim trong các điều kiện xác định và việc phân tích các sản phẩm cháy.

#### E.2 Nguyên tắc

Có thể đạt được sự đốt cháy trong oxy nguyên chất bằng cách nén đoạn nhiệt tại 24000 kPa và 60 °C. Nếu không biết hoặc không biết chính xác bản chất của vật liệu thử nghiệm, điều quan trọng là vật liệu phải được thử nghiệm trước để đánh giá số năng lượng tương đối giải phóng trong khi thử nghiệm nén đoạn nhiệt. Phương pháp thử nghiệm dùng dây nóng cho phép đánh giá điều này.

#### E.3 Phép thử bằng đốt nóng

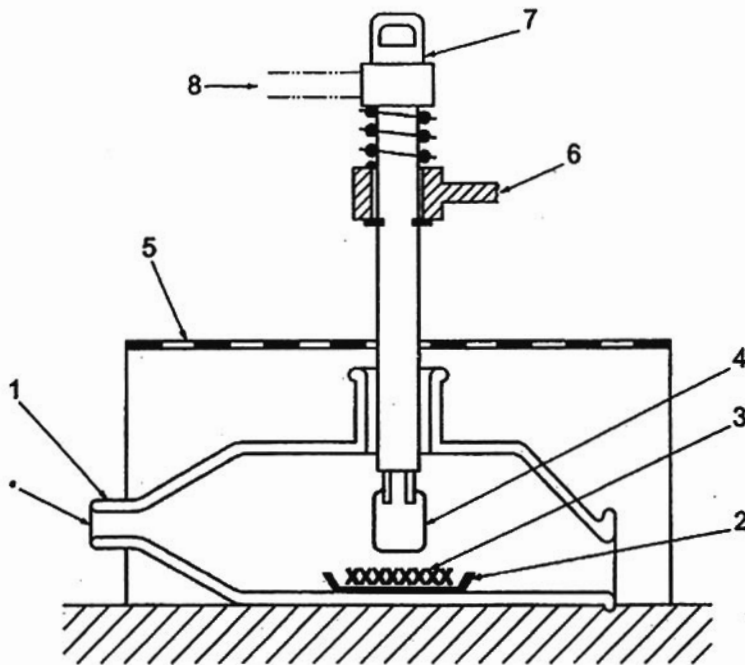
Sơ đồ thử nghiệm được nêu trong Hình E.1.

Cho 0,5 g vật liệu cần thử đã chia thành các phần nhỏ vào trong một khay rồi đặt nó vào trong một buồng kín trong đó có một luồng khí oxy nén có nhiệt độ bằng nhiệt độ xung quanh chạy qua với tốc độ 6 l/min. Cho một sợi tungsten có thể nung lên 3 nhiệt độ khác nhau (500 °C, 900 °C, và 1200 °C) tiếp xúc với vật liệu.

Xem xét tình trạng phản ứng với vật liệu, theo thứ tự phản ứng giảm dần như sau:

- Nổ;
- Cháy mạnh;
- Cháy;
- Khó cháy;
- Chậm cháy;
- Không cháy.

Ghi chép lại kiểu phản ứng cho mỗi nhiệt độ.

**CHÚ DẪN**

- |                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1 - Buồng thủy tinh         | 5 - Lưới bảo vệ       |
| 2 - Khay chứa mẫu           | 6 - Bộ đỡ ren cố định |
| 3 - Mẫu thử                 | 7 - Tay cầm           |
| 4 - Dây nóng (sợi tungsten) | 8 - Biện trở          |
| a Nguồn cấp oxy             |                       |

**Hình E.1 - Sơ đồ thử nghiệm dây nóng****E.4 Thử nghiệm nén đoạn nhiệt**

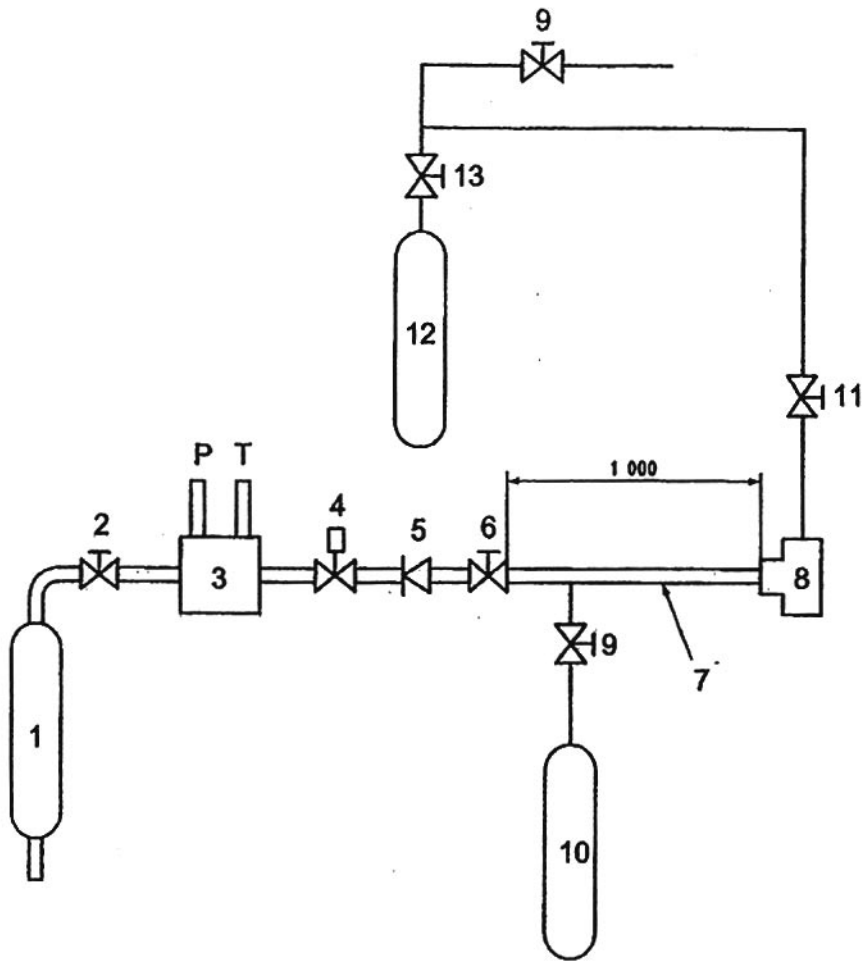
**CẢNH BÁO** - Thử nghiệm nén đoạn nhiệt đối với một vật liệu tại 24000 kPa và 60 °C có thể giải phóng ra năng lượng đáng kể tùy theo loại vật liệu thử nghiệm và do đó có nguy cơ cháy, nổ, hoặc phá hủy thiết bị thử nghiệm.

**E.4.1 Thiết bị thử nghiệm**

Sơ đồ thử nghiệm được nêu trong Hình E.2.

Thiết bị thử nghiệm gồm có một nguồn cấp oxy (1) được kết nối qua một van (2) với một bình có lắp một thiết bị làm nóng trước (3) có tác dụng làm nóng oxy tới 60 °C.

Oxy ở 60 °C được cho tiếp xúc với vật liệu cần thử thông qua một ống nối bằng đồng (7) có đường kính 5 mm và dài 1000 mm, được đóng mở bằng một van mở nhanh (4).

**CHÚ DẪN**

- |                                     |                      |
|-------------------------------------|----------------------|
| 1 - Nguồn cấp oxy                   | 9 - Van tháo         |
| 2 - Van vào                         | 10 - Xylanh tháo     |
| 3 - Bình có thiết bị làm nóng trước | 11 - Van ngắt        |
| 4 - Van mở nhanh                    | 12 - Xylanh lấy mẫu  |
| 5 - Van kiểm tra                    | 13 - Van xylanh      |
| 6 - Van ngắt                        | P - Cảm biến áp suất |
| 7 - Ống nối                         | T - Nhiệt kế         |
| 8 - Nơi giữ mẫu (xem Hình E.3)      |                      |

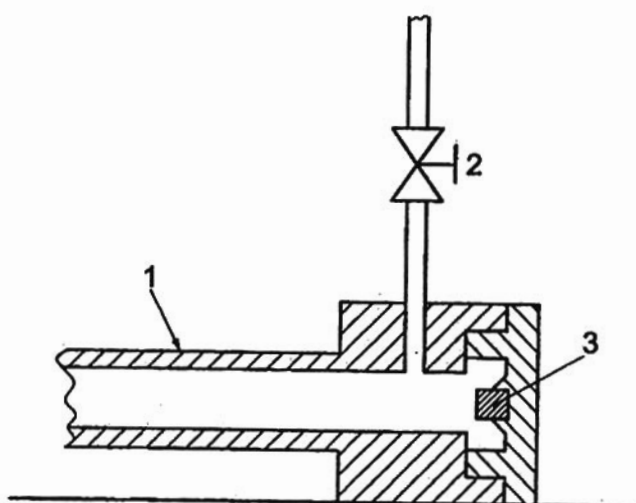
**Hình E.2 - Sơ đồ đốt cháy bằng nén đoạn nhiệt**

Một van kiểm tra (5) và một van ngắt (6) được lắp để ngăn cách mẫu thử và các sản phẩm cháy giải phóng ra.

Nơi giữ mẫu (8) cho phép lấy mẫu của các tồn dư đặc hoặc lỏng, không có nguy cơ mất và càng ít góc cạnh hoặc ngóc ngách càng tốt để bảo đảm nén đoạn nhiệt có tác động trực tiếp lên trên mẫu. Mặt cắt của một nơi giữ mẫu điển hình được nêu trong Hình E.3.

Một hệ thống tháo (9 và 10) được sử dụng để làm thoát ống nối, nơi giữ mẫu và đường lấy mẫu các sản phẩm cháy cùng với oxy trước khi bắt đầu thử nghiệm nén đoạn nhiệt.

Trong khi nén đoạn nhiệt, bộ giữ mẫu được ngăn cách ở phía đầu ra bằng một van ngắt (11). Sau khi nén đoạn nhiệt, van này mở ra để cho các sản phẩm cháy đi vào hệ thống lấy mẫu. Hệ thống lấy mẫu có thể thay đổi, tùy theo phương pháp phân tích.



#### CHÚ DẪN

- 1 - Ống nối
- 2 - Van ngắt
- 3 - Mẫu thử

Hình E.3 - Mặt cắt của một thiết bị giữ mẫu điển hình.

#### E.4.2 Phương pháp thử nghiệm

##### E.4.2.1 Mẫu thử

Chuẩn bị số mẫu thử cần thiết (ít nhất 3) để kết quả phân tích sản phẩm cháy có độ tin cậy chấp nhận được. Trừ khi kết quả của thử nghiệm dây nóng có kết quả khác, sử dụng các mẫu dạng khối ( $0,5 \pm 0,05$ ) g. Nếu thử nghiệm dây nóng cho thấy mẫu 0,5 g giải phóng ra quá nhiều năng lượng, giảm khối lượng của mẫu cho phù hợp. Không được cắt nhỏ mẫu.

Cho mẫu thử vào trong bộ giữ mẫu (8). Đặt mẫu sao cho nó không làm tắc hoặc cản trở luồng khí thoát vào đường lấy mẫu. Điều quan trọng là phải bảo đảm rằng bất kỳ vật liệu nào dùng để đệm bộ giữ mẫu (ví dụ băng PTFE) không bắt cháy trong khi nén đoạn nhiệt.

#### **E.4.2.2 Thử nghiệm cháy**

Làm sạch hệ thống thử nghiệm và lấy mẫu bằng oxy.

Đóng van ngắt (11) ở phía dưới của bộ giữ mẫu.

Làm nóng oxy lên ( $60 \pm 3$ ) °C trong dụng cụ làm nóng oxy. Mở van mở nhanh (4) để cho mẫu thử tiếp xúc với áp lực ngày càng tăng từ áp lực khí quyển lên áp lực thử nghiệm tối đa (24000 kPa) trong thời gian (20 ± 5) ms. Sau khi nén đoạn nhiệt, đóng van ngắt (6) để phòng rò rỉ các sản phẩm cháy.

Mở van ngắt (11) để đổ đầy xy-lanh lấy mẫu (12) và xả các sản phẩm đốt dạng khí từ ống nối và bộ giữ mẫu (8) vào trong xy-lanh lấy mẫu (12).

Đóng van ngắt (11) để cách ly hệ thống lấy mẫu.

Tháo bộ giữ mẫu (8), rửa sạch bằng dung môi phù hợp và thu lượm các chất tồn dư dạng rắn hoặc dạng lỏng để đi phân tích.

Làm khô bộ giữ mẫu (8), nạp mẫu thứ hai và lắp nó vào hệ thống.

Mở lại van ngắt (6), làm sạch hệ thống, thay xy-lanh lấy mẫu và lặp lại quá trình thử nghiệm.

#### **E.4.2.3 Phân tích định lượng**

Cần tiến hành phân tích định lượng các sản phẩm cháy. ISO 19701<sup>[52]</sup> nêu các hướng dẫn định lượng nồng độ khí thu được.

Toàn bộ việc định lượng (cân bằng khối lượng) cần được thực hiện trên cơ sở khối lượng sản phẩm thực sự bị cháy.

## Phụ lục F

(tham khảo)

### Thuyết minh

Nội dung sau tương ứng với các điều khoản trong tiêu chuẩn này được đánh dấu bằng hoa thị. Do đó việc đánh số không liên tục nhau.

**F.1** Giá trị 50 kPa được dựa trên kinh nghiệm thực tế rằng các bộ phận của các hệ thống thờ không tạo ra nguy cơ cháy nổ trong điều kiện bình thường hoặc hỏng hóc duy nhất. Đối với các bộ phận của thiết bị điện tử y tế hoạt động tại các áp suất dưới 50 kPa, việc phòng cháy được quy định trong các tiêu chuẩn cụ thể.

**F.4.1** Một số giá trị về mức độ sạch được nêu trong ASTM G93-03<sup>[21]</sup>, dao động từ 11 mg/m<sup>2</sup> đến 550 mg/m<sup>2</sup> hydrocacbon. Tuy nhiên, kinh nghiệm cho thấy rằng đối với các ứng dụng được bảo hộ bằng Tiêu chuẩn này, các giá trị nêu trong điều khoản này trích từ "Trường hợp giới hạn trên thông thường" trong ASTM G93-03 là thỏa đáng và tương đương với các giá trị nêu trong các hướng dẫn thực hành trong công nghiệp (ví dụ, xem EIGA IGC 33/06/E<sup>[49]</sup>).

**F.4.1 a)** Trong phạm vi áp suất từ 50 kPa đến 3000 kPa, sự xuất hiện của các phần tử không được coi là có nguy cơ cháy, nhưng các vấn đề khác như rò rỉ qua hệ thống đệm lót có thể cần đến kiểm soát sự nhiễm bẩn do phần tử.

**F.4.1 b)** Việc kiểm soát nhiễm bẩn do phần tử rất quan trọng để làm giảm nguy cơ bắt lửa tại các áp suất trên 3000 kPa.

**F.5** Các thiết bị (ví dụ van điều áp trong các hệ thống đường dẫn khí y tế) bình thường có thể được cung cấp khí với áp suất đầu vào tới 1500 kPa. Khi có hỏng hóc duy nhất xảy ra, các thiết bị vẫn có thể được cung cấp với áp suất tới 3000 kPa. Tuy nhiên, nhiệt độ được trông đợi là chỉ tăng rất ít do sự tăng áp suất như vậy. Do đó, các thiết bị thiết kế để sử dụng tại các áp suất dưới 3000 kPa không cần phải trải qua thử nghiệm tác động do nén khí.

### Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ISO 4135, *Anaesthetic and respiratory equipment – Vocabulary* (Thiết bị gây mê và hô hấp - Từ vựng).
- [2] ISO 7291, *Gas welding equipment – Pressure regulators for manifold systems used in welding, cutting and allied processes up to 300 bar* (Thiết bị hàn khí - Bộ điều áp trong các hệ thống đa năng dùng trong hàn, cắt và các quy trình tương tự đến 30 Mpa (300 bar)).
- [3] TCVN 7163 (ISO 10297), *Chai chứa khí - Van dùng cho chai chứa khí nạp lại được - Đặc tính kỹ thuật và thử kiểu*.
- [4] TCVN 6716 (ISO 10298: 2010), *Xác định tính độc của khí hoặc hỗn hợp khí*.
- [5] TCVN 7741-1 (ISO 10524-1), *Bộ điều áp dùng cho khí y tế - Phần 1: Bộ điều áp và bộ điều áp có thiết bị đo lưu lượng*.
- [6] TCVN 7741-2 (ISO 10524-2), *Bộ điều áp dùng cho khí y tế - Phần 2: Bộ điều áp manifold và bộ điều áp thẳng*.
- [7] TCVN 7741-3 (ISO 10524-3), *Bộ điều áp dùng cho khí y tế - Phần 3: Bộ điều áp có van điều chỉnh*.
- [8] TCVN 6874-1 (ISO 11114-1), *Chai chứa khí di động - Tính tương thích của vật liệu làm chai chứa và làm van với khí chứa - Phần 1: Vật liệu kim loại*.
- [9] TCVN 6874-3 (ISO 11114-3), *Chai chứa khí di động - Tính tương thích của vật liệu làm chai chứa và làm van với khí chứa - Phần 3: Thử độ tự bốc cháy trong khí oxy*.
- [10] ISO 4589-1, *Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index – Part 1* (Chất dẻo - Đánh giá tính chất cháy bằng chỉ số oxy - Phần 1: Hướng dẫn).
- [11] ISO 4589-2, *Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index – Part 1* (Chất dẻo - Đánh giá tính chất cháy bằng chỉ số oxy - Phần 2: Thử nhiệt độ xung quanh).
- [12] ISO 4589-3, *Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index – Part 1* (Chất dẻo - Đánh giá tính chất cháy bằng chỉ số oxy - Phần 3: Thử nhiệt độ tăng).
- [13] EN 13348, *Copper and copper alloys – Seamless, round copper tubes for medical gases or vacuum* (Đồng và hợp kim của đồng - Ống đồng tròn trơn dùng cho khí và máy hút y tế).
- [14] ASTM B819-00, *Standard Specification for Seamless Copper Tube for Medical Gas Systems* (Đặc tính tiêu chuẩn của ống đồng trơn dùng trong các hệ thống khí y tế).
- [15] ASTM D2863-00, *Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index)* (Phương pháp thử tiêu chuẩn đo lường nồng độ oxy tối thiểu để hỗ trợ đốt cháy nhựa kiểu đốt nến (chỉ số oxy)).



- [16] ASTM G63-99, *Standard Guide for Evaluating Nonmetallic Materials for Oxygen Service* (Hướng dẫn quy chuẩn cho việc đánh giá các vật liệu phi kim dùng trong dịch vụ oxy).
- [17] ASTM G72-01, *Standard Test Method for Autogenous Ignition Temperature of Liquids and Solids in a High-Pressure Oxygen-Enriched Environment* (Phương pháp thử tiêu chuẩn đối với nhiệt độ tự cháy của các chất lỏng và chất rắn trong môi trường giàu oxy cao áp).
- [18] ASTM G74-08, *Standard Test Method for Ignition Sensitivity of Materials to Gaseous Fluid Impact* (Phương pháp thử tiêu chuẩn độ nhạy với lửa của các vật liệu đối với tác động của khí lỏng)
- [19] ASTM G86-98a, *Standard Test Method for Determining Ignition Sensitivity of Materials to Mechanical Impact in Ambient Liquid Oxygen and Pressurized Liquid and Gaseous Oxygen Environments* (Phương pháp thử tiêu chuẩn xác định độ nhạy với lửa của các vật liệu đối với va đập cơ học trong oxy lỏng và các môi trường oxy thể khí và thể lỏng bị nén).
- [20] ASTM G88-05, *Standard Guide for Designing Systems for Oxygen Service* (Hướng dẫn quy chuẩn thiết kế các hệ thống sử dụng dịch vụ oxy).
- [21] ASTM G93-03, *Standard Practice for Cleaning Methods and Cleanliness Levels for Material and Equipment Used in Oxygen-Enriched Environments* (Thực hành quy chuẩn đối với các phương pháp làm sạch và mức độ sạch đối với các vật liệu và thiết bị dùng trong các môi trường giàu oxy).
- [22] ASTM G94-05, *Standard Guide for Evaluating Metals for Oxygen Service* (Hướng dẫn quy chuẩn đánh giá các kim loại dùng trong dịch vụ oxy).
- [23] ASTM G114-07, *Standard Practices for Evaluating the Age Resistance of Polymeric Materials Used in Oxygen Service* (Thực hành quy chuẩn đánh giá độ bền theo thời gian của các vật liệu polyme dùng trong dịch vụ oxy).
- [24] ASTM G120-01, *Standard Practice for Determination of Soluble Residual Contamination in by Soxhlet Extraction* (Thực hành quy chuẩn xác định nhiễm cặn hòa tan bằng phương pháp chiết tách Soxhlet).
- [25] ASTM G122-96, *Standard Test Method for Evaluating the Effectiveness of Cleaning Agents* (Phương pháp thử tiêu chuẩn đánh giá hiệu quả của các chất làm sạch).
- [26] ASTM G124-95, *Standard Test Method for Determining the Combustion Behavior of Metallic Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres*. Phương pháp thử tiêu chuẩn đánh giá tính chất cháy của các vật liệu kim loại trong các môi trường giàu oxy.
- [27] ASTM G125-00, *Standard Test Method for Measuring Liquid and Solid Material Fire Limits in Gaseous Oxidants* (Phương pháp thử tiêu chuẩn đo lường ngưỡng cháy của chất lỏng và rắn trong các chất oxy hóa dạng khí).

- [28] ASTM G126-00, *Standard Terminology Relating to the Compatibility and Sensitivity of Materials in Oxygen Enriched Atmospheres* (Thuật ngữ quy chuẩn liên quan đến độ tương thích và độ nhạy của các vật liệu trong môi trường giàu oxy).
- [29] ASTM G127-95, *Standard Guide for the Selection of Cleaning Agents for Oxygen Systems* (Hướng dẫn quy chuẩn cho việc lựa chọn các chất làm sạch cho các hệ thống oxy).
- [30] ASTM G128-02, *Standard Guide for Control of Hazards and Risks in Oxygen Enriched Systems* (Hướng dẫn quy chuẩn cho việc kiểm soát các hiểm họa và nguy cơ trong các hệ thống giàu oxy).
- [31] ASTM G131-96, *Standard Practice for Cleaning of Materials and Components by Ultrasonic Techniques* (Thực hành quy chuẩn đối với làm sạch các vật liệu và bộ phận bằng các kỹ thuật siêu âm).
- [32] ASTM G144-01, *Standard Test Method for Determination of Residual Contamination of Materials and Components by Total Carbon Analysis Using a High Temperature Combustion Analyzer* (Phương pháp thử tiêu chuẩn xác định nhiễm bẩn tồn dư của các vật liệu và bộ phận bằng phân tích tổng lượng cacbon sử dụng máy phân tích đốt cháy ở nhiệt độ cao).
- [33] ASTM G145-08, *Standard Guide for Studying Fire Incidents in Oxygen Systems* (Hướng dẫn quy chuẩn nghiên cứu các tai nạn cháy trong các hệ thống oxy).
- [34] *ASTM Manual Series: MNL 36, 2nd ed. Safe Use of Oxygen and System: Guidelines for Oxygen System Design, Materials Selection, Operation, Storage, and Transportation* (Loạt cẩm nang ASTM: MNL 36, ấn bản lần 2, Sử dụng an toàn oxy và các hệ thống oxy: Các hướng dẫn thiết kế hệ thống oxy, lựa chọn vật liệu, vận hành, bảo quản, và vận chuyển).
- [35] ASTM G175-03, *Standard Test Method for Evaluating the Ignition Sensitivity and Fault Tolerance of Oxygen Regulators Used for Medical and Emergency Applications* (Phương pháp thử tiêu chuẩn đánh giá độ nhạy lửa và khả năng dung nạp với hỏng hóc của bộ điều chỉnh oxy dùng trong các ứng dụng y tế và cấp cứu).
- [36] ASTM STP812, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 1: 1983).
- [37] ASTM STP910, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 2: 1986).
- [38] ASTM STP986, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 3: 1988).
- [39] ASTM STP1040, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 4: 1989).

- [40] ASTM STP1111, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 5: 1991).
- [41] ASTM STP1197, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 6: 1993).
- [42] ASTM STP1267, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 7: 1995).
- [43] ASTM STP1319, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 8: 1997).
- [44] ASTM STP1395, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 9: 2000).
- [45] ASTM STP1454, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 10: 2003).
- [46] ASTM STP1479, *Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen* (Khả năng cháy và độ nhạy của các vật liệu trong các môi trường giàu oxy. Quyển 11: 2006).
- [47] BS6869:1987, Code of practice for procedures for ensuring the cleanliness of industrial-process measurement and control equipment in oxygen service (*Quy trình kỹ thuật các phương pháp bảo đảm độ sạch của đo lường quy trình công nghiệp và thiết bị kiểm soát trong dịch vụ oxy*).
- [48] CGA V-9:2009, Compressed gas association standard for compressed gas cylinder valves (*Tiêu chuẩn của Hội Khí nén đối với van xy-lanh khí nén*).
- [49] EIGA IGC 33/06/E, Cleaning of equipment for oxygen service - Guideline (*Làm sạch thiết bị dùng trong dịch vụ oxy - Hướng dẫn*).
- [50] NFPA 53, *Recommended practice on materials, equipment, and systems used in oxygen-enriched atmospheres, 2004* (*Khuyến cáo thực hành đối với vật liệu, thiết bị, và các hệ thống dùng trong các môi trường giàu oxy, 2004*).
- [51] Proceeding of ASTM G4: Toxicity of Fluorinated Polymers Used in Breathing Gas Service, Pittsburgh, PA, March 12, 2002 (*Kỷ yếu của ASTM G4: Độc tính của các polyme có flo và clo dùng trong dịch vụ khí thở, Pittsburgh, PA, 12/3/2002*).
- [52] ISO 19701, *Methods for sampling and analysis of fire effluents* (*Các phương pháp lấy mẫu và phân tích khí thải cháy*).
- [53] TCVN 7303-1 (IEC 60601-1), *Thiết bị điện y tế - Phần 1: Các yêu cầu chung về an toàn cơ bản và tính năng thiết yếu*.
- [54] TCVN 8392 (ISO 21969), *Mối nối mềm áp suất cao dùng cho hệ thống khí y tế*.