

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 12549:2018

ISO 13734:2013

Xuất bản lần 1

**KHÍ THIÊN NHIÊN –
CÁC HỢP CHẤT HỮU CƠ SỬ DỤNG LÀM CHẤT TẠO MÙI-
YÊU CẦU KỸ THUẬT VÀ PHƯƠNG PHÁP THỬ**

*Natural gas – Organic components used as odorants-
Requirements and test methods*

HÀ NỘI - 2018

Lời nói đầu

TCVN 12549:2018 hoàn toàn tương đương với ISO 13734:2013.

TCVN 12549:2018 do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 193 Sản phẩm khí biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Khí thiên nhiên đã chế biến thông thường có rất ít hoặc không có mùi. Vì những lý do an toàn, khí thiên nhiên được tạo mùi để cho phép phát hiện khí bằng cách ngửi khí trong không khí tại nồng độ rất thấp.

CHÚ THÍCH: Yêu cầu chung là khí thiên nhiên trong không khí cần dễ dàng phát hiện ra được bằng cách ngửi tại nồng độ 20 % giới hạn cháy thấp (LFL). LFL của khí thiên nhiên thường được tính là từ 4 % đến 5 % phần thể tích trong không khí.

Khí thiên nhiên – Các hợp chất hữu cơ sử dụng làm chất tạo mùi – Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử

Natural gas – Organic components used as odorants – Requirements and test methods

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định yêu cầu kỹ thuật và các phương pháp thử đối với các hợp chất hữu cơ phù hợp để tạo mùi cho khí thiên nhiên và các chất thay thế khí thiên nhiên để cung cấp khí dân dụng, sau đây được gọi là chất tạo mùi.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là 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).

ISO 3007:2005, *Petroleum products and crude petroleum – Determination of vapour pressure – Reid method (Sản phẩm dầu mỏ và dầu thô – Xác định áp suất bay hơi – Phương pháp Reid)*¹⁾

ISO 3015:1992, *Petroleum products – Determination of cloud point (Sản phẩm dầu mỏ – Xác định điểm vẫn đục)*²⁾.

ISO 4256:1996, *Liquefied petroleum gases – Determination of gauge vapour pressure – LPG method [Khí dầu mỏ hóa lỏng – Xác định áp suất bay hơi được đo – Phương pháp khí dầu mỏ hóa lỏng (LPG)]*³⁾

ISO 4626:1980, *Volatile organic liquids – Determination of boiling range of organic solvents used as raw materials (Chất lỏng hữu cơ bay hơi – Xác định dải sôi của dung môi hữu cơ được sử dụng làm nguyên liệu thô)*

ISO 14532, *Natural gas – Vocabulary (Khí thiên nhiên – Từ vựng)*.

¹⁾ Hiện nay đã có TCVN 5731 (ASTM D 323) *Sản phẩm dầu mỏ – Xác định áp suất hơi (Phương pháp Reid)*

²⁾ Hiện nay đã có TCVN 7990 (ASTM D 2500) *Sản phẩm dầu mỏ và nhiên liệu lỏng – Xác định điểm vẫn đục*

³⁾ Hiện nay đã có TCVN 8356 (ASTM D 1267) *Khí dầu mỏ hóa lỏng (LPG) – Xác định áp suất hơi (Phương pháp LPG)*

3 Thuật ngữ, định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ, định nghĩa được nêu trong ISO 14532 (cụ thể từ 3.1 đến 3.4) và áp dụng các thuật ngữ sau.

3.1

Tạo mùi (odorization)

Việc bổ sung mùi, thông thường là các hợp chất lưu huỳnh hữu cơ có mùi mạnh, vào khí thiên nhiên (thường không có mùi) để cho phép nhận biết sự rò rỉ khí bằng cách ngửi tại nồng độ rất thấp (trước khi tích tụ thành khí gây nguy hiểm trong nồng độ không khí có thể xảy ra)

CHÚ THÍCH 1: Được chấp thuận từ ISO 14532.

CHÚ THÍCH 2: Khí thiên nhiên thường không mùi. Bổ sung chất tạo mùi vào khí được nạp trong hệ thống phân phối vì lý do an toàn cho phép phát hiện khí bằng cách ngửi tại nồng độ rất thấp.

3.2

Chất tạo mùi (odorant)

Hợp chất hữu cơ hoặc hỗn hợp của các hóa chất có mùi mạnh được bổ sung vào khí thiên nhiên tại nồng độ thấp và có khả năng gây mùi cảnh báo riêng biệt và đặc trưng (thường khó chịu) để khi rò rỉ khí có thể được phát hiện tại nồng độ thấp dưới giới hạn cháy thấp hơn.

3.3

Đặc tính mùi (odour character)

Đặc tính đặc trưng và có thể nhận biết được của mùi.

[NGUỒN: ISO 14532]

CHÚ THÍCH 1: Đặc tính mùi là một thông số định tính.

3.4

Cường độ mùi (odour intensity)

Cường độ của mùi được nhận biết.

[NGUỒN: ISO 14532]

3.5

Ngưỡng nồng độ (threshold concentration)

Nồng độ mà tại đó cá nhân có khả năng nhận biết mùi 0,5.

CHÚ THÍCH 1: Để phát hiện mùi không có nghĩa là mùi này có thể được xác định.

3.6

Đường cong cường độ mùi (odour intensity curve)

Mối quan hệ giữa cường độ mùi và nồng độ chất tạo mùi trong không khí

CHÚ THÍCH 1: Cường độ mùi chỉ có thể được xác định bằng cơ quan khứu giác của con người.

3.7

Chất pha loãng (diluent)

Chất lỏng hữu cơ, thường bao gồm các hydrocarbon parafin, được sử dụng để làm giảm nồng độ của chất tạo mùi đến một mức phù hợp mà tại đó dung dịch có thể được bơm vào khí thiên nhiên.

3.8

Điểm vẫn đục (cloud point)

Nhiệt độ tại đó có sự vẫn đục do tinh thể đầu tiên xuất hiện trong chất lỏng khi được làm mát theo các điều kiện quy định.

4 Yêu cầu kỹ thuật**4.1 Các khuyến nghị đối với chất tạo mùi hiệu quả**

Chất tạo mùi khí cần đáp ứng các khuyến nghị chung sau:

- a) Chất tạo mùi khí nên có mùi mạnh ở nồng độ rất thấp.
- b) Đặc tính mùi của chất tạo mùi cần phải khó chịu, đặc biệt và không thể nhầm lẫn với các mùi khác thường xuyên xuất hiện sao cho mùi khí rò rỉ là không thể nhầm lẫn được.
- c) Đặc tính mùi cần giống nhau tại các mức pha loãng khác nhau của khí thiên nhiên trong không khí.
- d) Chất tạo mùi cần ổn định trong quá trình lưu giữ và khi được trộn với khí thiên nhiên.
- e) Tính bay hơi của chất tạo mùi phải đủ cao sao cho chất tạo mùi không ngưng tụ đáng kể trong các điều kiện (nhiệt độ và áp suất) tồn tại trong hệ thống đường ống.
- f) Sự bay hơi của chất tạo mùi dạng khí không để lại cặn đáng kể.
- g) Chất tạo mùi cần có thể sử dụng được tại nhiệt độ thấp, khi được yêu cầu.
- h) Đốt cháy chất tạo mùi không để lại cặn cứng
- i) Bổ sung chất tạo mùi vào khí thiên nhiên không gây hại cho khí.

Những khuyến nghị chung này cần được đánh giá dựa trên các điều kiện sử dụng chất tạo mùi cụ thể (các điều kiện của hệ thống vận chuyển khí thiên nhiên, lắp đặt tạo mùi, loại chất tạo mùi, thành phần của khí).

Kinh nghiệm từ các quốc gia cho thấy các hợp chất lưu huỳnh hữu cơ – các sulfua (các thioete) và các mercaptan (thiol) có điểm sôi dưới 130 °C đáp ứng tốt nhất những yêu cầu cơ bản này. Do các mercaptan bậc một dễ bị oxy hóa thành disulfua có cường độ mùi thấp hơn nhiều, các chất tạo mùi gốc mercaptan cần chứa các mercaptan bậc hai và bậc ba.

Các hợp chất lưu huỳnh ở trên đáp ứng các yêu cầu cơ bản được liệt kê ở mục a) đến i), mặt khác, các chất tạo mùi không lưu huỳnh đã được xây dựng và có sẵn.

4.2 Thành phần của chất tạo mùi

Tỷ lệ khối lượng của sản phẩm hóa học được công bố trong chất tạo mùi chưa pha loãng phải ít nhất là 95 %. Thành phần của chất tạo mùi, và khi áp dụng dải pha loãng, phải được nhà sản xuất hoặc nhà phân phối công bố. Nó phải ổn định trong thời gian tối đa như nhà sản xuất công bố.

Trong chất tạo mùi có chứa lưu huỳnh, phần khối lượng của các sulfua (các thioete) hoặc các mercaptan bậc hai hoặc bậc ba (thiol) phải ít nhất là 80 %. Các mercaptan bậc một dễ bị oxy hóa hơn các mercaptan bậc hai hoặc bậc ba.

Đối với các chất tạo mùi không lưu huỳnh có gốc acrylate, cần cảnh trọng ví dụ bằng cách sử dụng phụ gia phù hợp để tránh polyme hóa.

4.3 Điểm vẫn đục

Điểm vẫn đục của chất tạo mùi chưa khô, được xác định theo 6.4, phải dưới $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.4 Các đặc tính pha

4.4.1 Điểm sôi

Điểm sôi của các cấu tử của chất tạo mùi và chất pha loãng, được đo theo 6.5, không được cao hơn $130\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.4.2 Đường cong áp suất hơi

Đường cong áp suất hơi của chất tạo mùi và thậm chí chất pha loãng phải được đưa ra. Nó phải được xác định theo 6.5.

4.5 Cận bay hơi

Phần khối lượng của cận bay hơi, được xác định theo 6.6, phải nhỏ hơn 0,2 %.

4.6 Tạp chất không tan

Các chất tạo mùi không được chứa bất kỳ chất không hòa tan nào có thể nhìn thấy được, được xác định theo 6.7.

4.7 Độ tan trong nước

Khi chất tạo mùi được bổ sung vào nước theo phương thức được quy định trong 6.8, thể tích chất tạo mùi ít hơn 2 % phải được hòa tan.

5 Xử lý và vận chuyển

Khi được vận chuyển, các chất tạo mùi phải được kèm theo bảng dữ liệu an toàn phù hợp với các yêu cầu của quốc gia sử dụng.

Thiết bị bảo vệ cá nhân thích hợp, như được quy định trong bảng dữ liệu an toàn, phải được sử dụng khi thao tác với chất tạo mùi. Bảng dữ liệu an toàn phải đưa ra thông tin về thao tác, vận chuyển và bảo quản an toàn.

6 Thử nghiệm

6.1 Mẫu thử

Đối với các phép thử nghiệm kiểm soát và phê duyệt kiểu, nhà sản xuất hoặc nhà cung cấp phải chuyển ít nhất 0,5 L mẫu đại diện của chất tạo mùi dạng lỏng tới phòng thử nghiệm đạt chuẩn, được cả nhà sản xuất và người mua chấp nhận.

6.2 Tài liệu thử nghiệm

Nhà sản xuất hoặc nhà cung cấp phải cung cấp tài liệu sau:

- Bảng dữ liệu an toàn của vật liệu (MSDS) tuân thủ các yêu cầu của nước sử dụng;
- Chi tiết hoàn chỉnh của thành phần chất tạo mùi.

6.3 Xác định thành phần

Thành phần của chất tạo mùi phải được xác định bằng phân tích sắc ký khí. Có thể sử dụng bất kỳ phương pháp sắc ký khí nào có được sự phân tách và phát hiện cấu tử đầy đủ.

6.4 Xác định điểm vẫn đục

Điểm vẫn đục phải được xác định theo ISO 3015 ngoại trừ, trái với phương pháp được quy định trong tiêu chuẩn đó, sự tạo thành vẫn đục do nước sẽ được tính đến; vì vậy mẫu không được lọc hoặc làm khô. Bình thử trong ống bao được ngâm trực tiếp trong bồn số 4 được quy định trong Bảng 2 của ISO 3015:1992 có dải nhiệt độ $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $-49\text{ }^{\circ}\text{C}$. Khi nhiệt độ của chất tạo mùi đạt đến $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, lấy nhanh bình thử ra khỏi ống bao mà không khuấy mẫu và kiểm tra tình trạng vẫn đục.

6.5 Xác định các đặc tính pha

Điểm sôi của hợp chất được sử dụng làm chất tạo mùi phải được xác định theo ISO 4626.

Đường cong áp suất hơi phải được xác định hoặc theo ISO 3007 hoặc, đối với các chất tạo mùi có thể áp dụng để tạo mùi khí dầu mỏ hóa lỏng (LPG), theo ISO 4256.

6.6 Xác định cặn bay hơi

Lắp ống nạp khí có khóa vòi vào một cổ bình đáy tròn hai cổ có dung tích khoảng 25 mL sao cho ống gắn với đáy bình. Đóng kín cổ còn lại bằng ống dẫn khí ra có khóa vòi. Sử dụng polytetrafluoroethylen (PTFE) hoặc lớp bọc bằng vật liệu khác không hấp thụ/không phản ứng để bịt kín các khớp nối thủy tinh mà thay cho sử dụng mỡ và khóa vòi với nút làm bằng PTFE. Cân phần lắp ráp chính xác đến hơn 1 mg (m_0). Sử dụng pipet hoặc xylanh, chuyển khoảng 5 mL chất tạo mùi vào bình. Cân bình đã được bịt kín (m_1) để xác định khối lượng của mẫu chất tạo mùi.

Nối ống nạp khí với nguồn cung khí trơ, ví dụ nitơ, để tránh sự oxy hóa của các mercaptan. Nối ống dẫn khí với bể lạnh hoặc thiết bị hấp thụ được đổ đầy than hoạt tính để hấp chất tạo mùi bay hơi. Bay hơi chất tạo mùi bằng cách đưa qua dòng khí trơ có tốc độ khoảng 20 mL/min qua bình được gia nhiệt trong bồn cách thủy ở nhiệt độ thấp hơn điểm sôi của chất tạo mùi khoảng 20 °C đến 30 °C. Đối với các chất tạo mùi có điểm sôi cao, phép xác định có thể được đẩy nhanh bằng cách giảm áp suất. Thực hiện việc này bằng cách nối đầu ra của bể lạnh hoặc thiết bị hấp thụ với bơm chân không và thay thế ống nạp khí bằng mao quản để tránh chậm trễ sôi. Đuổi khí trong mao quản bằng khí trơ, ví dụ nitơ, để tránh sự oxy hóa các mercaptan.

Khí tất cả chất tạo mùi có thể nhìn thấy được đã bay hơi, khóa vòi, cẩn thận làm khô bình, để bình đến nhiệt độ phòng và cân ($m_{E(n)}$). Sau đó tiếp tục quá trình bay hơi trong 15 min theo các điều kiện được nêu trên. Tiếp tục cân và bay hơi cho đến khi chênh lệch về khối lượng giữa hai lần cân cuối ($m_{E(n+1)} - m_{E(n)}$) nhỏ hơn 1 mg. Tính cận bay hơi R từ giá trị cuối cùng ($m_{E(n+1)}$) và khối lượng của mẫu được sử dụng, chính xác đến 0,01 %, từ công thức sau:

$$R = \frac{m_{E(n+1)} - m_o}{m_1 - m_o} \times 100$$

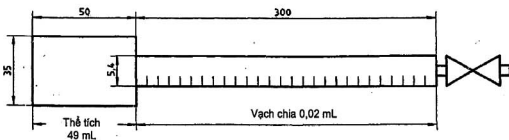
6.7 Kiểm tra bằng mắt đối với chất rắn hoặc tạp chất lơ lửng

Lấy mẫu khoảng 20 mL chất tạo mùi trong ống thử nghiệm thông thường có đường kính trong khoảng 15 mm và kiểm tra sau khi lắc và kiểm tra lại sau thời gian lắng 15 min, dưới nguồn sáng, đối với chất không tan.

6.8 Xác định độ tan trong nước

Cho 5 mL chất tạo mùi vào 50 mL dung dịch natri clorua 10 % trong nước trong ống đong (xem Hình 1) có nút mài. Đo thể tích chất tạo mùi bằng thang chia độ của ống đong với ống đong ở vị trí thẳng đứng (V_1).

Kích thước tính bằng milimét



Hình 1 – Ống đong để xác định độ tan

Giữ ống đong nằm ngang trong bể ổn nhiệt có kiểm soát nhiệt tĩnh ở nhiệt độ $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ trong 24 h. Sau đó đo lại thể tích chất tạo mùi bằng thang chia độ của ống đong (V_2) và tính độ tan S chính xác đến 0,1 % từ công thức sau:

$$S = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100$$

7 Dán nhãn và lưu tài liệu

7.1 Dán nhãn

Bình chứa chất tạo mùi phải được ghi nhãn rõ ràng, áp dụng các quy định về vận chuyển và an toàn. Các thông tin thường sẽ bao gồm:

- Tên và/hoặc nhãn hiệu thương mại đăng ký của nhà sản xuất chất tạo mùi;
- Ký hiệu và thành phần chất tạo mùi;
- Các hướng dẫn về thao tác và an toàn tuân theo các yêu cầu của nước sử dụng (ví dụ phân loại độc hại).

7.2 Tài liệu

Nhà cung cấp chất tạo mùi phải cung cấp cho mỗi người sử dụng chất tạo mùi (ví dụ công ty phân phối khí) tài liệu về dữ liệu an toàn và tài liệu bổ sung có các thông tin về:

- Đường cong cường độ mùi của chất tạo mùi bao gồm ngưỡng phát hiện của chất tạo mùi được xác định theo các tiêu chuẩn ISO (khí và nếu những tiêu chuẩn này được ban hành);
- Các điều kiện về tồn trữ để bảo toàn các đặc tính hóa lý và mùi của chất tạo mùi;
- Tính tương thích của chất tạo mùi dạng lỏng với các vật liệu có thể tiếp xúc trước khi bay hơi;
- Biểu thị về độ ổn định chất tạo mùi trong các điều kiện đường ống;
- Biểu thị về độ ổn định chất tạo mùi trong đất và với nước;
- Biểu thị về phản ứng của chất tạo mùi bay hơi với vật liệu đường ống bao gồm các vòng đệm.

Nguồn gốc thông tin (nghĩa là quy trình thử nghiệm, nguồn số liệu) phải được đưa ra. Có thể thể hiện thông tin này liên quan đến chất tạo mùi thông dụng như THT.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Các đặc tính của chất tạo mùi

A.1 Thành phần chất tạo mùi

Thành phần của các chất tạo mùi được sử dụng thông dụng là các hợp chất hữu cơ có chứa lưu huỳnh tuân theo các khuyến nghị cơ bản được liệt kê trong Điều 4. Chúng thuộc các loại chất sau:

- a) Alkyl sulfua (alkyl thioete): các sulfua đối xứng, ví dụ $C_2H_5-S-C_2H_5$; các sulfua không đối xứng, ví dụ $CH_3-S-C_2H_5$;
- b) Các sulfua mạch vòng (thioete mạch vòng): ví dụ C_4H_8S ;
- c) Alkyl mercaptan (alkane thiol): mercaptan bậc một, ví dụ C_2H_5-SH ; mercaptan bậc hai, ví dụ $(CH_3)_2CH-SH$; mercaptan bậc ba, ví dụ $(CH_3)_3C-SH$.

Một số các sản phẩm không phải lưu huỳnh đã được đề xuất đối với chất tạo mùi khí, ví dụ, norbornene và các dẫn xuất, acrylaten pentanone, pyrazine aldehyde và hỗn hợp của chúng. Cho đến nay chỉ một số những sản phẩm này được sử dụng là các sản phẩm trên cơ sở các acrylaten.

A.2 Các đặc tính của chất tạo mùi lưu huỳnh

A.2.1 Các đặc tính khứu giác

Các mercaptan và sulfua được sử dụng làm chất tạo mùi khí thiên nhiên do mùi đặc trưng và mạnh. So với các hợp chất khác của loại sulfua, ví dụ các alkyl sulfua đơn giản như dimetylsulfua, metyletylsulfua và dietylsulfua, tetrahydrothiophen sulfua mạch vòng (THT) (thiacyclopentane) cho cường độ mùi mạnh hơn. Các mercaptan có cường độ mùi mạnh nhất.

A.2.2 Các đặc tính hóa lý

Trong số các đặc tính hóa lý của chất tạo mùi, tính bay hơi, liên quan mật thiết với điểm sôi, là quan trọng nhất. Để tránh sự ngưng tụ, nên sử dụng các hợp chất có điểm sôi thấp. Khi được sử dụng trong các thiết bị tạo mùi bay hơi, sự khác biệt giữa các điểm sôi của các thành phần chất tạo mùi trong hỗn hợp cần phải nhỏ.

Không nên sử dụng riêng tert-butylmercaptan (TMB) làm chất tạo mùi vì chất này có điểm băng cao. Tại nhiệt độ thấp, TBM không bay hơi đủ và do vậy không phát hiện được.

Các sulfua về mặt hóa học ổn định hơn các mercaptan. Các mercaptan có thể bị oxy hóa bởi sắt oxit (gì) thành disulfua. Sắt oxit cũng hoạt động như chất xúc tác cho quá trình oxy hóa mercaptan bởi oxy. Do phản ứng này, các mercaptan chuyển thành disulfua có cường độ mùi thấp hơn đáng kể và cũng

có đặc tính mùi khác biệt. Các mercaptan bậc ba (ví dụ TBM) có độ bền oxy hóa hơn các mercaptan bậc hai (ví dụ iso-propylmercaptan) và các mercaptan bậc hai có độ bền hơn các mercaptan bậc một. Các hỗn hợp của các mercaptan phân nhánh hoặc không nhánh dễ bị oxy hóa hoặc nhanh bị oxy hóa hơn các mercaptan phân nhánh.

Đối với tạo mùi khí đường ống, nên sử dụng các sulfua và các mercaptan phân nhánh. Các mercaptan thường được sử dụng là các hỗn hợp với sulfua. Tuy nhiên, ví dụ về các sản phẩm tinh khiết được sử dụng làm các chất tạo mùi là THT và butylmercaptan bậc hai (SBM).

Khí bắt đầu phân phối khí qua đường ống khí mới hoặc khi thay đổi chất tạo mùi, có thể mất thời gian để đạt được nồng độ chất tạo mùi theo yêu cầu tại cuối đường ống. Điều này có thể do chất tạo mùi bị hấp thụ trên vách đường ống, do bụi đường ống, gỉ và lớp phủ hoặc do sự ngưng khí (mất mùi). Độ hấp thụ phụ thuộc vào một số yếu tố, ví dụ điều kiện của mạng lưới đường ống, áp lực, nhiệt độ, tốc độ dòng chảy và các đặc tính hóa lý của chất tạo mùi.

Khí được tạo mùi rò rỉ khỏi đường ống ngầm có thể mất chất tạo mùi do bị hấp thụ trong đất. Các chất tạo mùi có điểm sôi cao hơn như THT có khả năng bị hấp thụ nhiều hơn là các chất tạo mùi có điểm sôi thấp hơn như TBM. Các mercaptan có thể bị oxy hóa do đất có chứa sắt oxit tạo thành chất có mùi kém hơn nhưng hấp thụ các disulfua mạnh hơn. Hấp thụ và oxy hóa của các chất tạo mùi có thể biến đổi theo hàm lượng hơi ẩm và loại đất. Sự phân hủy các chất tạo mùi do các vi sinh vật cũng có thể xảy ra.

A.3 Dữ liệu hóa lý của các hợp chất lưu huỳnh tinh khiết

Một số dữ liệu về các hợp chất lưu huỳnh được sử dụng rộng rãi nhất làm chất tạo mùi tinh khiết hoặc hỗn hợp được liệt kê trong Bảng A.1.

A.4 Các đặc tính của chất tạo mùi không phải hợp chất lưu huỳnh

Một số dữ liệu về các hợp chất không chứa lưu huỳnh được sử dụng rộng rãi nhất được sử dụng làm chất tạo mùi tinh khiết hoặc trong hỗn hợp được liệt kê trong Bảng A.2.

Bảng A.1 – Danh mục các đặc tính hóa lý của các hợp chất lưu huỳnh tinh khiết

Hợp chất lưu huỳnh	Công thức	Khối lượng phân tử g/mol	Điểm sôi °C	Điểm băng °C	Khối lượng riêng (tại 20 °C) g/cm ³
Sulfua (thioete)					
Dimetyl sulfua (DMS)	CH ₃ SCH ₃	62,14	37,3	-98,3	0,8483
Metyl ethyl sulfua (MES)	CH ₃ SC ₂ H ₅	76,16	66,7	-105,9	0,8422
Dietyl sulfua (DES)	(C ₂ H ₅) ₂ S	90,19	92,1	-103,9	0,8362
Tetrahydrothiophen (THT)	C ₄ H ₈ S	88,17	121,0	-96,1	0,9987
Mercaptan (thiols)					
Metylmercaptan (MM) ^a (methanliol)	CH ₃ SH	48,11	5,9	-123	0,8665
Etylmercaptan (EM) ^c (ethanliol)	C ₂ H ₅ SH	62,14	35,1	-147,8	0,8315 ^b
n-Propylmercaptan (NPM) (1-propanthiol)	C ₃ H ₇ SH	76,16	67 đến 68	-113,3	0,8411
Iso-Propylmercaptan (IPM) (2-propanthiol)	(CH ₃) ₂ CHSH	76,16	52,6	-130,5	0,8143
n-Butylmercaptan (NBM) (1-butanthiol)	C ₄ H ₉ SH	90,19	98,5	-115,7	0,8416
sec.-Butylmercaptan (SBM) (2-butanthiol)	CH ₃ CH(SH)C ₂ H ₅	90,19	85	-165	0,8295
iso-Butylmercaptan (IBM) (2-metylpropan-1-thiol)	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ SH	90,19	88,5	<-70	0,8357
tert.-Butylmercaptan (TBM) (2-metylpropan-2-thiol)	(CH ₃) ₃ CSH	90,19	64,3	-0,5	0,7943 ^b
Các giá trị được lấy từ Sổ tay hóa học và vật lý, bản in lần thứ 87, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA					
^a Không được sử dụng để tạo mùi khí thiên nhiên, nhưng có thể tồn tại tự nhiên trong khí thiên nhiên.					
^b Giá trị tại 25 °C.					
^c Thông thường chỉ áp dụng là chất tạo mùi đối với LPG nhưng có thể có trong khí thiên nhiên sau khi điều hòa liên quan đến propan hoặc butan.					

Bảng A.2 – Các thông số vật lý của các chất tạo mùi không phải hợp chất lưu huỳnh

Chất tạo mùi	Công thức	Khối lượng phân tử g/mol	Điểm sôi °C	Điểm băng °C	Khối lượng riêng (tại 20 °C) g/cm ³
Metyl acrylat	$C_2H_3CO_2CH_3$	86	80	-75	0,956
Etyl acrylat	$C_2H_3CO_2C_2H_5$	100,12	100	-72	0,922

CHÚ THÍCH: Các acrylat có mùi khác với mùi của các hợp chất lưu huỳnh. Cần chú ý khi chuyển đổi khí này bằng khí kia vì có thể chúng không đáp ứng 4.1 b).