

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 12984: 2020

Xuất bản lần 1

**KHÍ THIÊN NHIÊN HÓA LỎNG (LNG) - CÁC YÊU CẦU
KỸ THUẬT VÀ PHƯƠNG PHÁP THỬ PHÙ HỢP ĐỐI
VỚI LNG THƯƠNG MẠI**

*Liquefied natural gas (LNG) – Technical requirements and suitable testing
methods for LNG*

HÀ NỘI – 2020

1. Phạm vi áp dụng.....	4
3. Thuật ngữ và định nghĩa	5
4. Chữ viết tắt	5
5. Đặc tính chung của LNG	6
5.1. Tổng quan	6
5.2. Các tính chất của LNG.....	6
5.2.1. Thành phần	6
5.2.2. Khối lượng riêng.....	6
5.2.3. Nhiệt độ.....	6
5.2.4. Độ nhớt	6
5.2.5. Các mẫu LNG điển hình.....	6
5.3. Chỉ tiêu kỹ thuật của khí được hóa hơi từ LNG.....	7
5.4. Tính chất vật lý.....	8
5.4.1. Các tính chất vật lý của khí hóa hơi (Boil-off gas)	8
5.4.2. Sự bay hơi tức thời	8
5.4.3. Trần LNG.....	9
5.4.4. Giãn nở và khuếch tán của các đám mây khí.....	9
5.4.5. Tính bắt cháy.....	9
5.4.6. Cháy vùng LNG (pool-fire)	10
5.4.7. Sự gia tăng sóng áp suất và hệ quả	10
5.4.8. Việc tồn chứa LNG.....	10
5.4.9. Sự cuộn xoáy (rollover).....	10
5.4.10. Chuyển pha nhanh (RPT)	10
5.4.11. Sự nổ do giãn nở hơi của chất lỏng sôi (BLEVE).....	10
6. Vật liệu sử dụng trong xây dựng.....	10
6.1. Vật liệu sử dụng trong công nghiệp LNG	10
6.1.1. Vật liệu tiếp xúc trực tiếp.....	11
6.1.2. Vật liệu không tiếp xúc trực tiếp với LNG trong điều kiện vận hành bình thường.....	11
6.2. Ứng suất nhiệt	12
7. An toàn và sức khỏe	12
7.1. Tiếp xúc với nguồn lạnh.....	12
7.2. Quần áo bảo hộ	13
7.3. Tiếp xúc với khí.....	13
7.3.1. Tính độc	13
7.3.2. Ngạt khí.....	13
7.4. Các biện pháp phòng chống cháy.....	13
7.5. Mùi	14

Lời nói đầu

TCVN 12984:2020 thay thế TCVN 8610:2010. Khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG) – Hệ thống thiết bị và lắp đặt – Tính chất chung của LNG

TCVN 12984:2020 xây dựng trên cơ sở EN ISO 16903:2015.

TCVN 12984:2020 do Bộ Công thương tổ chức biên soạn và đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ thẩm định và công bố.

Khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG) - Các yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử phù hợp đối với LNG thương mại

Liquefied natural gas (LNG) – Technical requirements and suitable testing methods

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các đặc tính của khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG), phương pháp thử đối với LNG thương mại và các vật liệu được sử dụng trong công nghiệp LNG. Tiêu chuẩn cũng đưa ra hướng dẫn về các biện pháp bảo đảm an toàn và sức khỏe khi làm việc với LNG. Tiêu chuẩn này áp dụng trong công tác thiết kế hoặc vận hành các công trình LNG.

2. Tài liệu viện dẫn

Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các bản sửa đổi (nếu có).

TCVN 8611:2010 (EN 1473), *Khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG) - Hệ thống thiết bị và lắp đặt - Thiết kế hệ thống trên bờ.*

TCVN 9797:2013 (ASTM D 4888 – 06), *Khí thiên nhiên - xác định hơi nước bằng ống detector nhuộm màu.*

TCVN 10142:2013 (ASTM D 5504-12), *Khí thiên nhiên và nhiên liệu dạng khí - xác định các hợp chất lưu huỳnh bằng phương pháp sắc ký khí và quang hóa.*

TCVN 12047-4:2017 (ISO 6974-4:2000), *Khí thiên nhiên - Xác định thành phần và độ không đảm bảo kèm theo bằng phương pháp sắc ký khí - Phần 4: xác định nitơ, cacbon dioxide và các hydrocacbon c1 đến c5 và c6+ đối với hệ thống đo phòng thử nghiệm và đo trực tuyến sử dụng hai cột*

TCVN 12553:2019 (ASTM D 3588-98), *Nhiên liệu dạng khí - Xác định nhiệt trị, hệ số nén và tỷ khối.*

TCVN 9794:2013 (ASTM D 1945 – 03), *Khí thiên nhiên – Phương pháp phân tích bằng sắc ký khí*

NFPA 59A, *Standard for the production, storage, and handling of liquefied natural gas (Tiêu chuẩn về sản xuất, tồn chứa và vận chuyển khí thiên nhiên hóa lỏng).*

ISO 6568:1981, *Natural gas - Simple analysis by gas chromatography (Tiêu chuẩn khí thiên nhiên – phân tích đơn giản bằng sắc ký khí)*

ISO 6578:2017, *Refrigerated hydrocarbon liquids - Static measurement - Calculation procedure (Tiêu chuẩn Chất lỏng hydrocacbon lạnh – đo đếm ở trạng thái tĩnh - quy trình tính toán).*

ISO 8310:2012, *Refrigerated hydrocarbon and non-petroleum based liquefied gaseous fuels - General requirements for automatic tank thermometers on board marine carriers and floating storage (Tiêu chuẩn hydrocacbon lạnh và nhiên liệu khí hóa lỏng – yêu cầu chung với nhiệt kế tự động trên phương tiện vận tải đường biển và kho chứa nổi).*

ASTM D4810, *Standard test method for hydrogen sulfide in natural gas using length of stain detector tubes* (Tiêu chuẩn về phương pháp thử xác định hydro sulfide trong khí thiên nhiên bằng ống detector nhuộm màu).

ASTM D2504-88, *Standard test method noncondensable gases in C₂ and lighter hydrocarbon products by gas chromatography* (Tiêu chuẩn về phương pháp thử với khí không ngưng tụ trong C₂ và các sản phẩm hydrocacbon nhẹ hơn bằng sắc ký khí).

ASTM D6350, *Standard test method for mercury sampling and analysis in natural gas by atomic fluorescence spectroscopy* (Tiêu chuẩn về phương pháp thử với mẫu thủy ngân và phân tích trong khí thiên nhiên bằng quang phổ huỳnh quang nguyên tử).

3. Thuật ngữ và định nghĩa

3.1. Khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG - Liquefied natural gas):

Là lưu chất lỏng, lạnh không màu, không mùi ở áp suất thường, thành phần chủ yếu là methane, ngoài ra có hàm lượng nhỏ ethane, propane, butane, Nitơ và các thành phần khác thường có trong khí thiên nhiên.

3.2. Khí hóa hơi (Boil-off Gas):

Khí được sinh ra trong quá trình tồn chứa hoặc xử lý khí hóa lỏng để bay hơi

3.3. Condensate:

Chất lỏng hydrocacbon tạo thành do sự ngưng tụ khí thiên nhiên, bao gồm chủ yếu là các pentan (C₅H₁₂) và các cấu tử nặng hơn.

Lưu ý: Trong thành phần condensate có thể có một lượng nhỏ butan và propan hòa tan trong pha lỏng.

3.4. Sự cuộn xoáy (Rollover):

Quá trình một lượng lớn khí thoát ra từ bể chứa LNG trong khoảng thời gian ngắn. Đây là hiện tượng bay hơi do hòa trộn các lớp LNG có sự chênh lệch về tỷ trọng và nhiệt độ trong bể chứa.

3.5. Sự chuyển pha nhanh (RPT- Rapid phase transition):

Hiện tượng khi hai chất lỏng ở hai nhiệt độ khác nhau tiếp xúc với nhau, có thể xảy ra nổ ở một vài trường hợp, có thể xảy ra khi LNG và nước tiếp xúc với nhau. Mặc dù không xảy ra cháy nhưng hiện tượng này có tất cả các tính chất khác của sự nổ.

3.6. Sự nổ do giãn nở hơi của chất lỏng tại điểm sôi (BLEVE- Boiling liquid expanding vapour explosion):

Hiện tượng khi nhiệt độ chất lỏng ở gần nhiệt độ sôi của nó và vượt qua một giá trị áp suất nhất định sẽ hóa hơi sẽ hóa hơi rất nhanh nếu bị giảm áp suất đột ngột.

4. Chữ viết tắt

Tiêu chuẩn này sử dụng các chữ viết tắt sau:

- SEP: Năng lượng phát xạ bề mặt (Surface emissive power).

5. Đặc tính chung của LNG

5.1. Tổng quan

Những người làm việc liên quan đến LNG cần nắm rõ tính chất của sản phẩm này ở dạng khí và dạng lỏng.

Các yếu tố rủi ro tiềm ẩn trong quá trình làm việc với LNG do các tính chất quan trọng sau:

- a) LNG siêu lạnh. Tại áp suất khí quyển, tùy thuộc vào thành phần, LNG sôi ở khoảng -160°C . Tại nhiệt độ này, hơi sản phẩm nặng hơn so với không khí xung quanh.
- b) Một lượng rất nhỏ chất lỏng có thể chuyển hóa thành một thể tích lớn khí. 1m^3 LNG có thể được hóa hơi thành 600 m^3 khí thiên nhiên.
- c) Tương tự các hydrocarbon ở thể khí khác, khí thiên nhiên dễ bắt cháy. Tại điều kiện môi trường, giới hạn cháy với không khí xấp xỉ từ 5% đến 15% thể tích.

5.2. Các tính chất của LNG

5.2.1. Thành phần

LNG là hỗn hợp các hydrocarbon, gồm chủ yếu là metan và có thể bao gồm một lượng nhỏ etan, propan, nitơ hay các thành phần khác thường tìm thấy trong khí thiên nhiên.

Khi phân tích thành phần LNG, cần đặc biệt quan tâm đến việc lấy mẫu đại diện để tránh gây ra kết quả phân tích sai do các tác động của việc chưng cất. Phương pháp thông dụng nhất là phân tích một dòng khí nhỏ của sản phẩm được hóa hơi liên tục bằng thiết bị chuyên dụng được thiết kế để cung cấp một mẫu khí đại diện của chất lỏng mà không cần cất phân đoạn. Phương pháp khác là lấy mẫu ở đầu ra của thiết bị hóa hơi sản phẩm chính. Mẫu này sau đó có thể được phân tích bằng các phương pháp sắc ký khí thông thường, như được quy định trong tiêu chuẩn ISO 6568 hoặc ISO 6974.

5.2.2. Khối lượng riêng

Khối lượng riêng của LNG thường nằm trong khoảng từ 420 kg/m^3 đến 470 kg/m^3 , nhưng trong một vài trường hợp có thể lên tới 520 kg/m^3 . Có thể đo trực tiếp khối lượng riêng nhưng thông thường giá trị này được tính toán từ thành phần được xác định bằng phương pháp phân tích sắc ký khí. Nên dùng phương pháp phân tích sắc ký khí như được nêu trong tiêu chuẩn ISO 6578.

5.2.3. Nhiệt độ

LNG có nhiệt độ sôi thường trong khoảng từ -166°C đến -157°C ở áp suất khí quyển. Độ biến thiên nhiệt độ sôi theo áp suất hơi là khoảng $1,25 \times 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C/Pa}$.

Nhiệt độ LNG thường được đo bằng cặp nhiệt điện đồng /niken-đồng hoặc dùng nhiệt kế điện trở platin như mô tả trong tiêu chuẩn ISO 8310.

5.2.4. Độ nhớt

Độ nhớt của LNG thường nằm trong khoảng 10^{-4} đến $2 \times 10^{-4}\text{ P}$ tại nhiệt độ -160°C , tương đương với 1/10 đến 1/5 độ nhớt của nước.

5.2.5. Các mẫu LNG điển hình

Ba mẫu điển hình của LNG được trình bày ở Bảng 1 dưới đây cho thấy rõ sự biến đổi tính chất theo thành phần.

Bảng 1 - Ví dụ về các mẫu LNG điển hình

Tính chất tại điểm sôi ở áp suất thường	Mẫu LNG 1	Mẫu LNG 2	Mẫu LNG 3
Hàm lượng mol, %			
N ₂	0,13	1,79	0,36
CH ₄	99,80	93,90	87,20
C ₂ H ₆	0,07	3,26	8,61
C ₃ H ₈	-	0,69	2,74
i-C ₄ H ₁₀	-	0,12	0,42
n-C ₄ H ₁₀	-	0,15	0,65
C ₅ H ₁₂	-	0,09	0,02
Khối lượng Phân tử, kg/kmol	16,07	17,07	18,52
Nhiệt độ sôi, °C	-161,9	-166,5	-161,3
Khối lượng riêng, kg/m ³	422,0	448,8	468,7
Thể tích khí (đo ở 0 °C, 101325 Pa)/thể tích chất lỏng, m ³ /m ³	588	590	568
Thể tích khí (đo ở 0 °C, 101325 Pa)/khối lượng chất lỏng, m ³ /10 ³ kg	1 392	1 314	1 211
Nhiệt hóa hơi (KJ/Kg)	525,6	679,5	675,5
Nhiệt trị toàn phần (MJ/m ³)	37,75	38,76	42,59

5.3. Chỉ tiêu kỹ thuật của khí được hóa hơi từ LNG

Khí được hóa hơi từ LNG phải đáp ứng các yêu cầu về chỉ tiêu kỹ thuật như được quy định trong bảng sau đây:

Bảng 2 – Chỉ tiêu kỹ thuật của khí được hóa hơi từ LNG

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Yêu cầu	Phương pháp thử
1	Nhiệt độ điểm sương của hơi nước ở 45 barg	°C	max 5	TCVN 9797:2013 (ASTM D4888-06)
2	Nhiệt độ điểm sương của Hydrocacbon ở 45 barg	°C	max 5	Tính toán theo thành phần khí
3	Hàm lượng lưu huỳnh tổng (H ₂ S và mercaptan)	ppmv (mg/Sm ³)	max 36 (max 50)	TCVN 10142:2013 (ASTM D5504-12)
4	Hàm lượng lưu huỳnh H ₂ S	ppmv (mg/Sm ³)	max 24 (max 33.4)	ASTM D4810
5	Nhiệt trị toàn phần	MJ/Sm ³	min 37; max 47	TCVN 12553:2018 (ASTM D3588)
6	Hàm lượng O ₂	ppmv (mg/Sm ³)	max 7.5 (max 10.6)	ASTM D2504-88
7	Hàm lượng N ₂ và CO ₂	%mol	max 6.6	TCVN 9794:2013 (ASTM D1945-03)
8	Hàm lượng Hg	µg/Sm ³	max 20	ASTM D6350
9	Hàm lượng tạp chất dạng có kích cỡ hạt ≥ 10 µm	ppmw	max 30	Phương pháp khối lượng

5.4. Tính chất vật lý

5.4.1. Các tính chất vật lý của khí hóa hơi (Boil-off gas)

LNG được tồn chứa khối lượng lớn dưới dạng lỏng ở nhiệt độ sôi trong các bể chứa lớn cách nhiệt. Bất cứ sự xâm nhập nhiệt vào trong bể chứa sẽ làm cho một lượng chất lỏng hóa hơi thành khí (gọi là khí hóa hơi). Thành phần của khí hóa hơi sẽ phụ thuộc vào thành phần của chất lỏng. Ví dụ, khí hóa hơi có thể gồm 20 % nitơ, 80 % metan và một lượng nhỏ etan. Lượng nitơ trong khí hóa hơi có thể gấp khoảng 20 lần so với lượng nitơ trong LNG.

Khi LNG hóa hơi, nitơ và metan nhẹ nên bay lên trước, bỏ lại chất lỏng, đa phần là hydrocacbon nặng hơn.

5.4.2. Sự bay hơi tức thời

Như các chất lỏng khác, nếu áp suất LNG thấp hơn áp suất sôi của LNG, ví dụ khi LNG được đưa qua van, một lượng lỏng sẽ bay hơi và nhiệt độ chất lỏng sẽ giảm đến điểm sôi mới tại áp suất này. Hiện tượng này gọi là sự bay hơi tức thời. Vì LNG là hỗn hợp nhiều thành phần, thành phần khí bay hơi tức thời và chất lỏng còn lại sẽ khác với khí hóa hơi và chất lỏng như nêu trong

5.4.1. Mỗi mức giảm 10^3 Pa khí bay hơi tức thời của 1 m³ chất lỏng tại điểm sôi của nó (tương ứng với áp suất trong khoảng từ 1×10^5 Pa đến 2×10^5 Pa) sinh ra xấp xỉ 0,4 kg khí.

Việc tính toán chính xác hơn về khối lượng và thành phần các sản phẩm lỏng, khí của các lưu chất đa thành phần bay hơi tức thời như LNG rất phức tạp. Các phép tính cho quá trình bay hơi tức thời này cần phải sử dụng đến các phương pháp nhiệt động lực học đã được công nhận hay các chương trình phần mềm mô phỏng thiết bị trên máy vi tính kết hợp với cơ sở dữ liệu thích hợp.

5.4.3. Trần LNG

Khi LNG chảy tràn trên mặt đất (sự cố tràn), chất lỏng ban đầu sôi mạnh, sau đó suất bay hơi giảm nhanh đến một giá trị không đổi, giá trị này có thể xác định bởi tính chất nhiệt của mặt đất và thu nhiệt từ môi trường xung quanh.

Suất bay hơi giảm đi đáng kể nếu sử dụng các bề mặt cách nhiệt ở nơi có khả năng xảy ra rò rỉ như trong bảng dưới đây.

Bảng 3 - Suất bay hơi

Vật liệu	Suất bay hơi trên một đơn vị diện tích sau 60 s đầu tiên sau rò rỉ, kg/(m ² .h)
Vật liệu tổng hợp	480
Cát ướt	240
Cát khô	195
Nước	190
Bê tông chuẩn	130
Bê tông keo nhẹ	65

Khi hiện tượng tràn xuất hiện trên mặt nước, sự đối lưu trong nước diễn ra mạnh, suất bay hơi của LNG trong khu vực đó không đổi. Mức độ của quá trình tràn LNG sẽ lớn dần cho đến khi lượng khí bay hơi bằng với lượng khí hóa lỏng sinh ra do sự rò rỉ.

5.4.4. Giãn nở và khuếch tán của các đám mây khí

Ban đầu, khí được sinh ra bởi sự hóa hơi có nhiệt độ tương tự như nhiệt độ LNG và có mật độ phân tử cao hơn không khí. Khí này trước tiên sẽ tạo thành một lớp trên mặt đất cho đến khi nó hấp thụ nhiệt từ môi trường và ấm lên.

Sự pha loãng với không khí ấm làm tăng nhiệt độ và giảm trọng lượng phân tử của hỗn hợp. Đám mây sẽ đặc hơn so với không khí xung quanh đến khi được pha loãng. Tuy nhiên, chỉ khi nhiệt độ của hỗn hợp khí hóa hơi và không khí tăng thì nó mới bay lên cao và làm cho hỗn hợp đó loãng hơn không khí.

Sự tràn, giãn nở và khuếch tán của các đám mây khí là rất phức tạp và thường được dự đoán qua các mô hình trên máy tính. Các dự báo như trên được thực hiện bởi nhóm chuyên gia trong lĩnh vực này.

Tiếp theo sự rò rỉ, các đám sương mù được hình thành bởi sự ngưng tụ của hơi nước trong không khí. Nếu có thể nhìn rõ được (vào ban ngày và không có sương mù tự nhiên), các đám sương mù này giúp nhận biết quãng đường di chuyển của khí hóa hơi và đám mây sẽ đưa ra dấu hiệu về mức độ bất lửa của hỗn hợp không khí và khí hóa hơi.

Khi bể chứa chịu áp hoặc đường ống bị rò rỉ, LNG sẽ phun thành tia vào không khí và đồng thời vừa giãn nở vừa hóa hơi. Quá trình này giống như quá trình trộn cường độ lớn với không khí. Phần lớn LNG được chứa trong mây khí lúc ban đầu như một khối khí. Lượng LNG này cuối cùng cũng bay hơi hết khi trộn lẫn với không khí.

5.4.5. Tính bắt cháy

Hỗn hợp không khí /khí thiên nhiên có thể bắt cháy khi nồng độ khí thiên nhiên trong phạm vi 5 % + 15 % thể tích.

TCVN 12984:2020

5.4.6. Cháy vùng LNG (pool-fire)

Năng lượng phát xạ bề mặt (SEP) của ngọn lửa từ cháy vùng LNG có đường kính lớn hơn 10m có thể rất cao và được tính bằng giá trị đo của dòng bức xạ và diện tích cháy vùng xác định. Năng lượng phát xạ bề mặt phụ thuộc vào kích thước cháy vùng, sự bốc khói và các phương pháp đo.

5.4.7. Sự gia tăng sóng áp suất và hệ quả

Trong đám mây ktự do, khí thiên nhiên cháy ở vận tốc nhỏ tạo ra áp suất dư thấp hơn 5×10^3 Pa bên trong đám mây. Áp suất cao hơn có thể xuất hiện trong vùng khí bị tắc nghẽn hoặc bị giữ trong không gian hạn chế như các khu vực có nhiều thiết bị hoặc nhà cửa.

5.4.8. Việc tồn chứa LNG

Tại nhiệt độ môi trường, không thể hóa lỏng khí thiên nhiên bằng cách tăng áp suất. Tại bất kỳ áp suất nào, phải hạ nhiệt độ của khí xuống dưới -80°C trước khi hóa lỏng khí thiên nhiên. Điều này có nghĩa là một lượng LNG bất kỳ bị giam giữ, chẳng hạn giữa hai van hoặc trong bể chứa không có thông hơi, và sau đó được làm nóng lên, thì áp suất sẽ tăng lên đến khi làm cho hệ thống bồn chứa bị hỏng. Do đó, cần phải thiết kế hệ thống thông hơi và/hoặc van xả áp phù hợp cho nhà máy và các thiết bị vận hành LNG.

5.4.9. Sự cuộn xoáy (rollover)

Hiện tượng này có thể gây quá áp cho bể chứa nếu không có biện pháp ngăn chặn hay thiết kế dự phòng.

Có thể ngăn chặn được sự cuộn xoáy của LNG bằng cách quản lý tốt việc tồn chứa sản phẩm. LNG từ nhiều nguồn và có thành phần khác nhau cần phải được bảo quản trong các bể chứa riêng biệt. Nếu biện pháp này không khả thi, việc pha trộn cần phải được tiến hành kỹ lưỡng cùng với quá trình nạp chất lỏng vào bể.

Hàm lượng nitơ cao trong LNG dự phòng có thể cũng là nguyên nhân gây ra hiện tượng cuộn xoáy ngay sau khi dừng nạp nhiên liệu vào bể chứa. Thử nghiệm cho thấy rằng có thể ngăn chặn hiện tượng cuộn xoáy này bằng cách duy trì hàm lượng nitơ trong LNG dưới 1% và giám sát chặt chẽ suất bay hơi.

5.4.10. Chuyển pha nhanh (RPT)

Các hiện tượng chuyển pha nhanh do LNG rò rỉ trên nước hiếm khi xảy ra và không gây ra hậu quả nghiêm trọng.

5.4.11. Sự nổ do giãn nở hơi của chất lỏng sôi (BLEVE)

BLEVE bất thường xảy ra đối với hệ thống khí LNG được chứa trong bồn bị hỏng có áp suất thấp và tốc độ tiến trình bay hơi nhỏ, hoặc được chứa và vận chuyển trong các bồn chịu áp cách nhiệt và đường ống vốn đã được bảo vệ khỏi các thiệt hại do hỏa hoạn.

6. Vật liệu sử dụng trong xây dựng

6.1. Vật liệu sử dụng trong công nghiệp LNG

Vật liệu được sử dụng khi tiếp xúc với LNG phải được chứng minh có tính chịu gãy giòn. Phần lớn các vật liệu thông thường dùng trong xây dựng sẽ bị hỏng do gãy giòn khi tiếp xúc với nhiệt độ cực thấp, độ dẻo của thép cacbon rất thấp tại nhiệt độ khoảng -160 °C.

6.1.1. Vật liệu tiếp xúc trực tiếp

Các vật liệu chính không bị hóa giòn khi tiếp xúc trực tiếp với LNG và các ứng dụng phổ biến của chúng được liệt kê trong Bảng 3 (danh sách này có thể được bổ sung).

Bảng 4 - Các vật liệu chính sử dụng tiếp xúc trực tiếp với LNG và các ứng dụng phổ biến

Vật liệu	Ứng dụng chính
Thép không gỉ auxtenit	Bồn chứa, tay móc cho cần trục, đai ốc và bulông, đường ống và khớp nối, máy bơm, bộ trao đổi nhiệt
Thép 9% Niken	Bồn chứa
Hợp kim niken, hợp kim sắt-niken	Bồn chứa, đai ốc và bulông
Thép sắt – 36% Niken	Đường ống, bồn chứa
Hợp kim nhôm	Bồn chứa, bộ trao đổi nhiệt
Đồng và hợp kim đồng	Gioăng, mặt chịu mài mòn
chất đàn hồi (elastome)	Gioăng, miếng đệm
Bê tông (dự ứng lực)	Bể chứa
Than chì (Graphite)	Gioăng, hộp nắp bít
Floetylen propyolen (FEP)	Vật liệu cách điện
Polytetrafloetylen (PTFE)	Gioăng, hộp nắp bít, bề mặt chịu lực
Polytriflomonocloetylen (Kel F)	Bề mặt chịu lực
Hợp kim cứng stelit ^{a)}	Bề mặt chịu lực
^{a)} Stelit: Co 55 %, Cr 33 %, W 10 %, C 2 %.	

6.1.2. Vật liệu không tiếp xúc trực tiếp với LNG trong điều kiện vận hành bình thường

Các vật liệu chính được sử dụng ở nhiệt độ thấp nhưng không được thiết kế để tiếp xúc trực tiếp trong điều kiện vận hành bình thường được đưa ra ở Bảng 4 (danh sách này có thể được bổ sung).

Bảng 5 - Các vật liệu chính không tiếp xúc trực tiếp với LNG trong điều kiện vận hành bình thường

Vật liệu	Ứng dụng chính
Thép không gỉ hợp kim thấp	Ố bi
Bê tông (cốt thép chịu lực)	Bể chứa
Bê tông keo	Đê ngăn

TCVN 12984:2020

Vật liệu	Ứng dụng chính
Gỗ (gỗ mềm, gỗ dán, gỗ xốp nhẹ)	Vật liệu cách nhiệt
Chất đàn hồi (elastome)	Matit, keo
Thủy tinh	Vật liệu cách nhiệt
Bông khoáng	Vật liệu cách nhiệt
Mica tróc mảnh	Vật liệu cách nhiệt
PVC	Vật liệu cách nhiệt
PS	Vật liệu cách nhiệt
Polyuretan	Vật liệu cách nhiệt
Polyisoxyanurat	Vật liệu cách nhiệt
Cát	Để ngăn
Canxi silicat	Vật liệu cách nhiệt
Silic dioxit (thủy tinh)	Vật liệu cách nhiệt
Thủy tinh bột	Vật liệu cách nhiệt, để ngăn
Peclit	Vật liệu cách nhiệt

6.2. Ứng suất nhiệt

Hầu hết thiết bị sử dụng trong hệ thống thiết bị LNG sẽ trải qua quá trình làm lạnh nhanh từ nhiệt độ môi trường xuống nhiệt độ của LNG.

Các biến thiên nhiệt độ xảy ra trong quá trình làm lạnh gây ra các ứng suất nhiệt nhất thời, tuần hoàn và có giá trị lớn nhất dọc theo thành bể tiếp xúc trực tiếp với LNG. Các ứng suất này gia tăng theo chiều dày của vật liệu, và khi chiều dày này vượt quá khoảng 10 mm thì giá trị các ứng suất trở nên đáng kể. Tại các điểm tới hạn đặc biệt, ứng suất chuyển tiếp hay va chạm có thể được tính bằng phương pháp đã được công nhận và được kiểm tra về độ gãy giòn.

7. An toàn và sức khỏe

7.1. Tiếp xúc với nguồn lạnh

LNG ở nhiệt độ thấp có thể gây nhiều ảnh hưởng tới các bộ phận của cơ thể khi tiếp xúc. Nếu người tiếp xúc với LNG không được bảo vệ thích hợp trong môi trường nhiệt độ thấp, có thể ảnh hưởng bất lợi tới các phản xạ và khả năng vận động.

Hít phải khí cực lạnh có thể làm tổn thương tới phổi. Tiếp xúc trong thời gian ngắn có thể gây ra khó thở.

Ở 10 °C, việc hạ thấp thân nhiệt có thể gây nguy hiểm. Người bị hạ thân nhiệt nên được đưa ra khỏi khu vực lạnh và nhanh chóng làm ấm trong một bồn tắm nóng với nhiệt độ khoảng từ 40 °C đến 42 °C. Không được làm ấm thân nhiệt bằng cách sưởi.

Tiếp xúc với LNG có thể gây các hiệu ứng rộp da gần giống như vết bỏng. Khí thoát ra từ LNG rất lạnh và có thể gây bỏng lạnh. Các mô nhạy cảm như ở mắt có thể bị hư hại do tiếp xúc với khí lạnh này cho dù thời gian tiếp xúc rất ngắn không ảnh hưởng đến phần da ở mặt và tay.

Các bộ phận cơ thể không được bảo vệ thì không được phép chạm vào đường ống hoặc bể chứa LNG không có cách nhiệt. Các thành phần kim loại cực lạnh có thể dính chặt vào da thịt và có thể làm rách da khi cố gắng gỡ ra.

7.2. Phương tiện bảo hộ cá nhân

Trong trường hợp có thể phải tiếp xúc với LNG khi vận hành, phải bảo vệ mắt bằng một tấm chắn phù hợp hoặc bằng kính bảo hộ.

Khi làm việc với khí hay chất lỏng lạnh nên thường xuyên mang găng tay da. Găng tay nên đeo lỏng để có thể dễ dàng tháo bỏ khi chất lỏng dính vào hoặc bắn vào chúng. Ngay cả khi sử dụng găng tay, chỉ nên cầm, nắm thiết bị trong một thời gian ngắn.

Nên sử dụng quần yếm không thấm hoặc loại quần áo tương tự, tốt nhất là không có túi hoặc túi kín, và quần nên được đi trùm ra bên ngoài giày ống hoặc giày da. Nếu quần áo bị dính chất lỏng hoặc hơi lạnh cần được hong khô trước khi đi vào một khu vực kín hoặc gần nguồn bất lửa.

Quần áo bảo hộ chỉ là một biện pháp bảo vệ đối với LNG tinh cờ văng trúng và cần tránh tiếp xúc với LNG.

7.3. Tiếp xúc với khí

7.3.1. Tính độc

LNG và khí thiên nhiên đều không độc.

7.3.2. Ngạt khí

Khí thiên nhiên vốn là một khí gây ngạt. Hàm lượng oxy bình thường của không khí chiếm 20,9% thể tích. Môi trường chứa ít hơn 18 % oxy là có khả năng gây ngạt. Trong trường hợp nồng độ khí thiên nhiên cao có thể gây buồn nôn hoặc chóng mặt do bị giảm oxy trong máu. Tuy nhiên nếu rời khỏi nơi đó, các triệu chứng sẽ mất đi nhanh chóng. Phải đo hàm lượng oxy và hydrocarbon trong không khí tại nơi có thể có khí thiên nhiên trước khi vào.

Ngay cả khi hàm lượng oxy đủ để không gây ngạt, vẫn phải kiểm tra khả năng bắt cháy trước khi đưa người vào. Phải kiểm tra hàm lượng oxy bằng dụng cụ chuyên dụng.

7.4. Các biện pháp phòng chống cháy

Nên sử dụng bình chữa cháy dạng bột khô (tốt nhất là kali cacbonat) khi vận hành LNG. Người tham gia vận hành LNG phải được đào tạo cách sử dụng bình chữa cháy dạng này khi có hỏa hoạn do chất lỏng gây ra.

Có thể sử dụng bột chữa cháy có bội số nở cao hoặc bột chữa cháy tạo màng để chữa cháy vùng.

Phải có một nguồn cấp nước để làm mát và tạo bọt nếu có sẵn thiết bị cần thiết. Không nên dùng nước để dập lửa.

TCVN 12984:2020

Việc thiết kế phòng và chống cháy tuân theo TCVN 8611 (EN 1473).

7.5. Mùi

Hơi LNG không mùi.