

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 8610:2010**

Xuất bản lần 1

**KHÍ THIÊN NHIÊN HÓA LỎNG (LNG) –  
HỆ THỐNG THIẾT BỊ VÀ LẮP ĐẶT –  
TÍNH CHẤT CHUNG CỦA LNG**

*Liquefied natural gas (LNG) –*

*Equipment and installations – General characteristics of LNG*

Hà nội - 2010

## Mục lục

	Trang
Lời nói đầu.....	5
1 Phạm vi áp dụng.....	7
2 Tài liệu viện dẫn.....	7
3 Thuật ngữ và định nghĩa.....	7
4 Chữ viết tắt.....	8
5 Đặc tính chung của LNG.....	8
5.1 Quy định chung.....	8
5.2 Các tính chất của LNG.....	8
5.3 Sự hóa hơi của LNG.....	9
5.4 Rò rỉ LNG.....	10
5.5 Tính bất cháy.....	11
5.6 Việc tồn chứa LNG.....	12
5.7 Các hiện tượng vật lý khác.....	12
6 Vật liệu sử dụng trong xây dựng.....	14
6.1 Vật liệu sử dụng trong công nghiệp LNG.....	14
6.2 Ứng suất nhiệt.....	15
7 An toàn và sức khỏe.....	16
7.1 Tiếp xúc lạnh.....	16
7.2 Tiếp xúc với khí.....	17
7.3 Các biện pháp phòng chống cháy.....	17
7.4 Mùi.....	17
Phụ lục A (Tham khảo).....	18
Thư mục tài liệu tham khảo.....	21

## Lời nói đầu

TCVN 8610:2010 tương đương với EN 1160:1997 với các thay đổi biên tập cho phép.

TCVN 8610:2010 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 58 *Chai chứa khí* phối hợp với Viện Dầu khí Việt Nam biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

# Khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG) – Hệ thống thiết bị và lắp đặt – Tính chất chung của LNG

*Liquefied natural gas (LNG) –*

*Equipment and installations – General characteristics of LNG*

## 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các tính chất của khí thiên nhiên hóa lỏng (LNG) và các vật liệu siêu lạnh được sử dụng trong công nghiệp LNG. Tiêu chuẩn cũng đưa ra hướng dẫn về các vấn đề an toàn và sức khỏe. Tiêu chuẩn này đóng vai trò như một tài liệu tham chiếu nhằm bổ sung cho các tiêu chuẩn khác của TCVN/TC 58, LNG - Hệ thống thiết bị và lắp đặt. Đây là một tài liệu chuẩn để sử dụng cho những người thiết kế hoặc vận hành các nhà máy LNG.

## 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn dưới đây là cần thiết khi áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các 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.*

## 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng định nghĩa sau:

### 3.1

**Khí thiên nhiên hóa lỏng** (Liquefied natural gas, LNG)

Hỗn hợp các hydrocacbon tồn tại ở trạng thái lỏng, không màu, có thành phần chủ yếu là khí metan và có thể gồm một lượng nhỏ etan, propan, nitơ hoặc các thành phần khác thường tìm thấy trong khí thiên nhiên.

## TCVN 8610:2010

### 4 Chữ viết tắt

Tiêu chuẩn này sử dụng các chữ viết tắt sau:

- **LNG**: Khí thiên nhiên hóa lỏng (Liquefied natural gas);
- **RPT**: Sự chuyển pha nhanh (Rapid phase transition);
- **BLEVE**: Sự nổ do giãn nở hơi của chất lỏng sôi (Boiling liquid expanding vapour explosion);
- **SEP**: Công suất phát xạ bề mặt (Surface emissive power).

### 5 Đặc tính chung của LNG

#### 5.1 Quy định chung

Những người làm việc và thao tác liên quan đến LNG cần nắm rõ tính chất của cả hai sản phẩm khí và lỏng.

Nguy cơ tiềm tàng trong quá trình xử lý LNG xuất phát chủ yếu từ 3 tính chất quan trọng sau:

- a) LNG vô cùng lạnh. Tại áp suất khí quyển, tùy thuộc vào thành phần, LNG sôi ở khoảng  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tại nhiệt độ này, hơi sản phẩm nặng hơn so với không khí xung quanh (xem ví dụ ở Bảng 1);
- b) Một lượng rất nhỏ chất lỏng có thể chuyển hóa thành một thể tích khí. Một thể tích lỏng LNG có thể sinh ra xấp xỉ 600 thể tích khí (xem ví dụ trong Bảng 1);
- c) Tương tự các hydrocarbon thể khí khác, khí thiên nhiên dễ bắt cháy. Tại điều kiện môi trường, giới hạn hỗn hợp có thể bắt 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 một 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.

Các tính chất vật lý và nhiệt động học của metan và các thành phần khác của khí thiên nhiên có thể tìm thấy trong các sách tham khảo (xem Phụ lục A) và các quy luật tính toán nhiệt động học.

Các nội dung trong tiêu chuẩn này áp dụng cho LNG có hàm lượng metan lớn hơn 75 % và hàm lượng nitơ nhỏ hơn 5 % (tính theo phần trăm thể tích).

Mặc dù thành phần chính của LNG là metan nhưng không thể giả định rằng LNG là metan tinh khiết để ước đoán các tính chất của nó.

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 phụ thuộc vào thành phần và thường nằm trong khoảng từ 430 kg/m<sup>3</sup> đến 470 kg/m<sup>3</sup>, nhưng trong một vài trường hợp có thể lên tới 520 kg/m<sup>3</sup>. Khối lượng riêng cũng là một hàm của nhiệt độ chất lỏng với gradient vào khoảng 1,35 kg.m<sup>-3</sup>.°C<sup>-1</sup>. Có thể đo trực tiếp khối lượng riêng nhưng thông thường giá trị này được tính toán từ thành phần đã được xác định bằng phương pháp phân tích sắc ký khí. Nên dùng phương pháp như được nêu trong tiêu chuẩn ISO 6578.

CHÚ THÍCH: Phương pháp này thường được biết đến với tên gọi là phương pháp Klosek McKinley.

### 5.2.3 Nhiệt độ

LNG có nhiệt độ sôi phụ thuộc vào thành phần và thường nằm trong dải từ -166 °C đến -157 °C ở áp suất khí quyển. Độ biến thiên nhiệt độ sôi theo áp suất hơi là khoảng 1,25×10<sup>-4</sup> °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 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 <sub>2</sub>	0,50	1,79	0,36
CH <sub>4</sub>	97,50	93,90	87,20
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,80	3,26	8,61
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,20	0,69	2,74
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	–	0,12	0,42
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	–	0,15	0,65
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	–	0,09	0,02
Phân tử lượng, kg/kmol	16,41	17,07	18,52
Nhiệt độ sôi, °C	-162,6	-165,3	-161,3
Khối lượng riêng, kg/m <sup>3</sup>	431,6	448,8	468,7
Thể tích khí (đo ở 0 °C, 101325 Pa)/thể tích chất lỏng, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	590	590	568
Thể tích khí (đo ở 0 °C, 101325 Pa)/khối lượng chất lỏng, m <sup>3</sup> /10 <sup>3</sup> kg	1 367	1 314	1 211

## 5.3 Sự hóa hơi của LNG

### 5.3.1 Tính chất vật lý của khí hóa hơi

## **TCVN 8610:2010**

LNG được tồn chứa khối lượng lớn dưới dạng chất lỏng sôi trong các bể chứa lớn cách nhiệt. Bất cứ sự rò rỉ nhiệt nào vào trong bể chứa sẽ làm cho một lượng chất lỏng hóa hơi thành khí. Khí này được 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 vết etan. Lượng nitơ trong khí hóa hơi có thể gấp khoảng 20 lần so với lượng nitơ trong LNG.

Khí LNG hóa hơi, nitơ và metan nhẹ nên bay lên trước, bỏ lại chất lỏng chiếm đa phần là hydrocarbon lớn hơn.

Khí hóa hơi dưới  $-113^{\circ}\text{C}$  đối với metan nguyên chất và  $-85^{\circ}\text{C}$  đối với metan có 20 % nitơ thì nặng hơn không khí tại điều kiện thường. Ở điều kiện bình thường, tỷ trọng của các khí hóa hơi này so với không khí xấp xỉ bằng 0,6.

### **5.3.2 Sự bay hơi tức thời**

Như các chất lỏng khác, nếu LNG có áp suất bị giảm xuống thấp hơn áp suất sôi của nó, ví dụ khi bị đưa qua một van, một lượng chất lỏng sẽ bay hơi và nhiệt độ chất lỏng sẽ giảm xuống đến điểm sôi mới tại áp suất này. Điều này được gọi là bay hơi tức thời. Vì LNG là một 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 đã nêu trong 5.3.1.

Mỗi mức giảm  $10^3$  Pa khí bay hơi tức thời của  $1\text{ m}^3$  chất lỏng tại điểm sôi của nó (tương ứng với dải áp suất từ  $1 \times 10^5$  Pa đến  $2 \times 10^5$  Pa) sinh ra xấp xỉ 0,4 kg khí.

Việc tính toán chính xác hơn cả về khối lượng và thành phần sản phẩm lỏng và khí của các lưu chất đa thành phần bay hơi tức thời như LNG là 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 Rò rỉ LNG**

### **5.4.1 Đặc tính của LNG rò rỉ**

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

Suất bay hơi nói trên có thể giảm đi đáng kể nếu sử dụng các bề mặt cách nhiệt ở nơi có khả năng xảy ra rò rỉ như trong Bảng 2 dưới đây. Đây là các số liệu được xác định từ thực nghiệm.

Khí hiện tượng rò rỉ xuất hiện trên mặt nước, sự đối lưu trong nước mạnh đến mức suất bay hơi của LNG trong cùng khu vực vẫn ổn định. Mức độ của quá trình rò rỉ LNG sẽ lớn dần cho đến khi lượng khí bay hơi bằng với lượng khí hóa lỏng sinh ra do sự rò rỉ.

Bảng 2 – Suất bay hơi

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

#### 5.4.2 Giãn nở và khuếch tán các đám mây khí

Đầu tiên, khí hóa hơi có nhiệt độ gần như 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 thu nhiệt từ môi trường và ấm lên. Khi nhiệt độ tăng đến khoảng  $-113^{\circ}\text{C}$  đối với metan tinh khiết hoặc  $-80^{\circ}\text{C}$  đối với LNG (phụ thuộc vào thành phần của nó), khí này trở nên kém đậm đặc hơn không khí. 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 rò rỉ, 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.

#### 5.5 Tính bất cháy

Hỗn hợp không khí/khí thiên nhiên có thể bắt cháy khi nồng độ khí thiên nhiên trong khoảng từ 5 % tới 15 % thể tích.

##### 5.5.1 Cháy vùng LNG (pool-fire)

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



## **TCVN 8610:2010**

tăng thì năng lượng phát xạ bề mặt giảm. Phụ lục A bao gồm một danh sách tham khảo mà có thể dùng để xác định năng lượng phát xạ bề mặt đối với trường hợp đã cho.

### **5.5.2 Sự gia tăng sóng áp suất và hậu quả**

Trong đám mây tự do, khí thiên nhiên cháy ở vận tốc nhỏ tạo ra áp suất dư thấp hơn  $5 \times 10^3$  Pa bên trong đám mây. Áp suất cao hơn có thể xuất hiện trong vùng khí bị tắc nghẽn hoặc bị giam hãm như các khu vực có nhiều thiết bị hoặc nhà cửa.

### **5.6 Việc tồn chứa LNG**

Tại nhiệt độ thường, không thể hóa lỏng khí thiên nhiên bằng cách tăng áp suất. Tại bất kì áp suất nào, phải hạ nhiệt độ của khí xuống dưới  $-80^\circ\text{C}$  trước khi hóa lỏng nó. Điều này có nghĩa là một lượng LNG bất kì 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.

### **5.7 Các hiện tượng vật lý khác**

#### **5.7.1 Cuộn xoáy (rollover)**

Thuật ngữ cuộn xoáy dùng để chỉ quá trình mà một lượng lớn khí thoát ra từ bể chứa LNG trong khoảng thời gian ngắn. Hiện tượng này có thể gây quá áp cho bể chứa nếu không có biện pháp ngăn chặn hay thiết kế dự phòng. 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.

Trong bể chứa LNG có khả năng phân thành hai tầng hoặc vùng vật chất ổn định, thường là do kết quả của việc pha trộn không đều giữa LNG mới và các sản phẩm khác dưới đáy với tỷ trọng khác nhau. Nội trong một vùng thì tỷ trọng chất lỏng là đồng nhất nhưng phần phía dưới của vùng lại được hình thành bởi chất lỏng có tỷ trọng cao hơn ở trên. Hệ quả là, do sự rò rỉ nhiệt vào bể chứa, kết hợp với sự truyền khối và truyền nhiệt giữa các vùng cùng với việc hóa hơi ở bề mặt chất lỏng, các vùng sẽ cân bằng về tỷ trọng và cuối cùng trộn lẫn vào nhau. Hỗn hợp tức thời này được gọi là cuộn xoáy và nếu (cũng thường xảy ra) chất lỏng ở phần đáy của vùng có nhiệt độ quá cao so với áp suất trong khoảng hơi của bể chứa, cuộn xoáy sẽ đồng thời tăng lên cùng với sự tăng của hơi sản phẩm. Sự tăng này đôi khi xảy ra nhanh và lan rộng. Đôi khi, áp suất trong bể lên cao tới mức có thể kích hoạt van xả áp.

Trước đây, người ta cho rằng khi khối lượng riêng của lớp trên lớn hơn khối lượng riêng của lớp dưới thì hiện tượng đảo ngược sẽ xuất hiện, do đó có tên là cuộn xoáy. Nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng hệ quả của hiện tượng chênh lệch tỷ trọng không phải sự đảo ngược mà là sự hòa trộn tốc độ cao xảy ra như miêu tả ở trên.

Trước khi các sự cố cuộn xoáy tiềm ẩn xảy ra thường xuất hiện một khoảng thời gian trong đó tốc độ bốc hơi thấp hơn đáng kể so với bình thường. Vì thế nên giám sát chặt chẽ suất bay hơi để đảm bảo

ràng chất lỏng không bị trữ nhiệt bên trong. Nếu nghi ngờ hiện tượng đó xảy ra, cần thiết phải thử tạo dòng luân chuyển để gia tăng quá trình hòa trộn.

Có thể ngăn chặn được hiện tượng cuộn xoáy 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 kĩ 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.

### **5.7.2 Chuyển pha nhanh (RPT)**

Khi hai chất lỏng ở hai nhiệt độ khác nhau tiếp xúc với nhau, có thể xảy ra lực gây nổ ở một vài tình huống. Hiện tượng này được gọi là chuyển pha nhanh (RPT), 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.

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

Sự tương đồng giữa lý thuyết được áp dụng phổ biến với kết quả thực nghiệm có thể tóm tắt như sau: Khi hai chất lỏng ở nhiệt độ khác nhau tiếp xúc trực tiếp với nhau, nếu nhiệt độ (biểu diễn theo K) của chất nóng hơn lớn hơn 1,1 lần nhiệt độ sôi của chất lạnh hơn, mức gia tăng nhiệt độ của chất lạnh hơn nhanh đến mức nhiệt độ bề mặt có thể vượt quá nhiệt độ tức thời ở tâm (khi xuất hiện các bọt khí trong chất lỏng). Trong một số trường hợp, chất lỏng quá nhiệt này bay hơi trong thời gian ngắn thông qua cơ chế phản ứng dây chuyền phức tạp và do đó tạo ra lượng hơi với tốc độ của quá trình nổ.

Ví dụ, va chạm cơ học tạo điều kiện cho các chất lỏng tiếp xúc với nhau tốt hơn và hiện tượng này được sử dụng để tạo ra RPT trong các thí nghiệm với LNG hay nitơ lỏng trên nước.

Nhiều chương trình nghiên cứu đang được tiến hành để có thể lý giải tốt hơn về hiện tượng RPT, đánh giá được độ nghiêm trọng của hiện tượng và xác định các biện pháp phòng ngừa có bảo đảm không.

### **5.7.3 Sự nổ do giãn nở hơi của chất lỏng sôi (BLEVE)**

Bất kì chất lỏng nào gần hoặc tại điểm sôi và vượt qua một giá trị áp suất nhất định sẽ hóa hơi rất nhanh nếu bị giảm áp đột ngột do sự cố ở hệ thống áp suất. Quá trình giãn nở mãnh liệt này có thể đẩy toàn bộ phần bể bị hư hỏng đi xa tới vài trăm mét. Hiện tượng này được gọi là sự nổ do giãn nở hơi của chất lỏng sôi (BLEVE).

BLEVE không chắc sẽ xảy ra đối với hệ thống LNG vì LNG hoặc được chứa trong bể có thể bị hỏng do áp suất thấp (xem Phụ lục A.5) 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

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. Đặc biệt là khi giới hạn bền gãy của thép cacbon lại rất thấp tại nhiệt độ của LNG (-160 °C). Vật liệu được sử dụng khi tiếp xúc với LNG phải được chứng minh có tính chịu gãy giòn.

#### 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 tổng quan của chúng được liệt kê trong Bảng 3. Danh sách này còn chưa đầy đủ. Thành phần hóa học và đặc tính của thép không gỉ và các hợp kim nhiệt độ thấp chính được đưa ra trong Phụ lục B.

**Bảng 3 – Các vật liệu chính sử dụng tiếp xúc trực tiếp với LNG và ứng dụng chung**

Vật liệu	Ứng dụng chính
Thép không gỉ	Bồn chứa, cần trục xuất hàng, đai ốc và bulông, đường ống và khớp nối, máy bơm, bộ trao đổi nhiệt
Hợp kim niken, hợp kim sắt–niken	Bồn chứa, đai ốc và bulông
Hợp kim nhôm	Bồn chứa, bộ trao đổi nhiệt
Đồng và hợp kim đồng	Gioăng, mặt chịu mài mòn
Sợi amiăng <sup>1)</sup> , chất đàn hồi (elastome)	Gioăng, miếng đệm
Bê tông (dự ứng lực)	Bể chứa
Epoxit (keo, nhựa)	Vỏ máy bơm
Nhựa epoxy	Vật liệu cách điện
Sợi thủy tinh	Vỏ máy bơm
Than chì (Graphite)	Gioăng, hộp nắp bit
Floetylen propylen (FEP)	Vật liệu cách điện
Polytetrafloetylen (PTFE)	Gioăng, hộp nắp bit, bề mặt chịu lực
Polytriflomonocloetylen (Kel F)	Bề mặt chịu lực
Hợp kim cứng stelit <sup>2)</sup>	Bề mặt chịu lực

<sup>1)</sup> Không sử dụng sợi amiăng cho các lắp đặt mới.  
<sup>2)</sup> 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 còn chưa đầy đủ.

**Bảng 4 – 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	Ô bi
Bê tông (cốt thép chịu lực)	Bể chứa
Bê tông keo	Đê ngăn
Gỗ (gỗ mềm, gỗ dán, gỗ xốp nhẹ)	Vật liệu cách nhiệt
Chất đàn hồi (elastome)	Matit, keo
Len 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	Đê ngăn
Canxi silicat	Vật liệu cách nhiệt
Silic dioxit (thủy tinh)	
Thủy tinh bột	Vật liệu cách nhiệt, đê ngăn
Peclit	Vật liệu cách nhiệt

### 6.1.3 Thông tin khác

Do đồng, đồng thau và nhôm có nhiệt độ nóng chảy thấp và có thể bị hỏng khi LNG rò rỉ bị bắt lửa nên thường sử dụng thép không gỉ và thép 9 % niken. Bộ trao đổi nhiệt thường được làm bằng nhôm. Ống và tấm trao đổi nhiệt của nhà máy hóa lỏng được bảo vệ bởi một buồng thép gọi là hộp lạnh. Các mái treo bên trong bể chứa cũng có thể được làm bằng nhôm.

Thông thường thì các thiết bị được thiết kế chuyên dụng cho oxy lỏng hoặc nitơ lỏng cũng phù hợp đối với LNG.

Cần phải tính đến độ sụt giảm nhiệt độ của chất lỏng khi có hiện tượng giảm áp trong thiết kế các thiết bị cho LNG ở điều kiện vận hành thông thường tại áp suất và nhiệt độ cao hơn.

### 6.2 <sup>1</sup> Ứng suất nhiệt

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

## **TCVN 8610:2010**

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 độ gãy giòn.

## **7 An toàn và sức khỏe**

Dưới đây là các hướng dẫn cho người tham gia vận hành nhà máy LNG.

### **7.1 Tiếp xúc lạnh**

LNG ở nhiệt độ thấp có thể gây nhiều ảnh hưởng tới các bộ phận của cơ thể tiếp xúc với nó. Nếu người tiếp xúc 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.

#### **7.1.1 Cách xử lý các vết bỏng lạnh**

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.

#### **7.1.2 Bỏng lạnh**

Khi tiếp xúc với hơi và khí lạnh có thể gây bỏng lạnh nặng. Vùng vết thương thường có cảm giác lạnh buốt nhưng kinh nghiệm cho thấy đôi khi lại không đau.

#### **7.1.3 Ảnh hưởng của hơi lạnh tới phổi**

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

#### **7.1.4 Hạ thân nhiệt**

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.

#### **7.1.5 Quần áo bảo hộ**

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 bắt lửa.

Người vận hành nên biết rằng quần áo bảo hộ chỉ là một biện pháp bảo vệ đối với LNG tình cờ vắng trúng và cần tránh tiếp xúc với LNG.

## **7.2 Tiếp xúc với khí**

### **7.2.1 Tính độc**

LNG và khí thiên nhiên đều không độc.

### **7.2.2 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 bỏ nơi tiếp xúc, 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.

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

## **7.3 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.

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

## **7.4 Mùi**

Hơi LNG không mùi.

## Phụ lục A

(Tham khảo)

## Vật liệu có thể sử dụng tiếp xúc với LNG

Đây là phụ lục phân loại những vật liệu chính có thể tiếp xúc với LNG.

Thành phần hóa học hoặc tính chất cơ học của các vật liệu được biểu thị trong các Bảng A.1 đến A.6 tuân theo các tiêu chuẩn quốc tế.

Bảng A.1 đưa ra giá trị năng lượng va đập KV (J) ở  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Bảng A.1 – Thép không gỉ ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp để làm các lá/bản và thanh**

Kí hiệu loại thép		Năng lượng va đập KV(J) <sup>1)</sup> ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	
		Đọc	Ngang
Mác thép	Số hiệu		
X2CrNi18-9	1.4307	-	$\geq 70$
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	90	70
X2CrNiMo17-12-3	1.4432	90	70
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	90	70
X5CrNi18-10	1.4301	90	70
X6CrNiTi18-10	1.4541	90	70
X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580	90	70
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	90	70
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	90	70
X2CrNiMo18-15-4	1.4438	90	70
X2CrNiN18-10	1.4311	90	70
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	90	70
X2CrNiMoN18-12-4	1.4434	90	70
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	90	70
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	90	70

<sup>1)</sup> Các giá trị năng lượng tác động KV (J) ở  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  đều tuân theo tiêu chuẩn của Pháp vì hiện chưa có tiêu chuẩn Châu Âu cho thép không gỉ chịu áp.

CHÚ THÍCH: Thành phần hóa học xem EN 10088-1. Tính chất cơ học xem EN 10088-2.

**Bảng A.2 – Thép không gỉ ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp để làm đai ốc và bulông**

Mác thép
X5CrNi18-10
X4CrNi18-12
X5CrNiMo17-12-2
X3CrNiMo17-13-3
CHÚ THÍCH: Tính chất cơ học xem EN 10088-1.

**Bảng A.3 – Thép không gỉ ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp cho các thanh**

<b>Kí hiệu loại thép</b>	
<b>Mác thép</b>	<b>Số hiệu</b>
X2CrNi18-9	1.4307
X2CrNiMo17-12-2	1.4404
X2CrNiMo17-12-3	1.4432
X2CrNiMo18-14-3	1.4435
X5CrNi18-10	1.4301
X6CrNiTi18-10	1.4541
X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580
X5CrNiMo17-12-2	1.4401
X3CrNiMo17-13-3	1.4436
X2CrNiMo18-15-4	1.4438
X8CrNiS18-9	1.4305
X2CrNiN18-10	1.4311
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539
CHÚ THÍCH: Tính chất cơ học xem EN 10088-3. Tính chất hóa học xem EN 10088-1.	

**Bảng A.4 – Thép không gỉ ở nhiệt độ môi trường và nhiệt độ thấp cho rên thép**

<b>Kí hiệu loại thép</b>	
<b>Mác thép</b>	<b>Số hiệu</b>
X2CrNi18-9	1.4307
X2CrNiMo17-12-2	1.4404
X2CrNiMo17-12-3	1.4432
X5CrNi18-10	1.4301
X6CrNiTi18-10	1.4541
X4CrNiMo17-12-2	1.4401
X2CrNiN18-10	1.4311
X6CrNiNb18-10	1.4550
CHÚ THÍCH: Tính chất cơ học xem EN 10222-6. Tính chất hóa học xem EN 10088-1.	



**Bảng A.5 – Hợp kim niken và hợp kim sắt - niken**

Mác thép	Thành phần hóa học Tiêu chuẩn tham khảo	Tính chất cơ học Tiêu chuẩn tham khảo
FeNi40LC	EN 26501	EN 26501
X8Ni9 (1.5662)	EN 10028-4	EN 10028-4
FeNi32Cr21AlTi	ISO 9722	ISO 6208 ISO 9723
FeNi32Cr21AlTiHC	ISO 9722	ISO 6208 ISO 9723
NiCr15Fe8	ISO 9722	ISO 6208 ISO 9723
NiMo16Cr15Fe6W4	ISO 9722	ISO 6208 ISO 9723
NiMo28	ISO 9722	ISO 6208 ISO 9723

**Bảng A.6 – Hợp kim nhôm**

Kí hiệu hợp kim		Thành phần hóa học	Tính chất cơ học
Số hiệu	Công thức hóa học	Tiêu chuẩn tham khảo	Tiêu chuẩn tham khảo
EN AW-5083	EN AW-AlMg <sub>4,5</sub> Mn <sub>0,7</sub>	EN 573-3	EN 482 prEn 754-2 prEN 755-2
EN AW-5086	EN AW-AlMg <sub>4</sub>	EN 573-3	EN 482 prEn 754-2 prEN 755-2

### Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] M. Baudino (SNAM), *LNG tank filling: Operational procedures to prevent stratification*, Paper H5, 16<sup>th</sup> World Gas Conference, Munich, 1985.
- [2] F. Bellus, Y. Réveillard, C. Bonnaure, L. Chevalier (Gaz de France), *Tests on LNG behaviour in large scale tank at Fos-sur-Mer terminal*, Paper 9, Session III, LNG 5, May 1977.
- [3] D.J. Chatlos, R.C. Reid, *Boiling and spreading rates of instantaneous spills of liquid methane on water*, Gas Research Institute 81/0045, April 1982.
- [4] K.A. Hopfer, *Grundlagen sicherheitstechnischer Erfordernisse im Umgang mit Flüssigerdgas (LNG)*, gwf Gas-Erdgas 130,1989, S 27-32.
- [5] G.W. Hoftljer, *Methods of calculation of the physical effects of the escape of dangerous material*, Chapter 6 – Heat radiation, TNO Organization for Industrial Research – Division of Technology for Society, P.O. Box 342,7300 AH Apeldoorn, Netherlands.
- [6] B.J. Lowesmith, J. Moorhouse, P. Robert, *Fire safety assessment for LNG storage facilities*, Paper 2, Session III, Intern. Conference on LNG (LNG 10), Kuala Lumpur, 1992.
- [7] O. Marcel, A. Girard-Laot, P. Langry (Gaz de France), *Management of LNG storage tanks. Stratification, mixing and ageing of LNG*, Paper 9, Session II, LNG 10, Kuala Lumpur, May 1992.
- [8] G.A. Mizner and J.A. Eyre, *Large scale LNG and LPG pool fires in the assessment of major hazards*, Institution of Chemical Engineer Symposium, series No.71, 1982.
- [9] L. Montenegro Formiguera (Catalana de Gas y Electricidad), *LNG and explosions of BLEVE type*, Gas National Conference XIII, Madrid, May 1987.
- [10] D. Nédelka, B. Weiss, B. Bauer (Gaz de France), *Safety tools for LNG risk evaluation: cloud dispersion and radiation*, IGU H12-91, Berlin, July 1991.
- [11] D. Nédelka (Gaz de France), *Calculation of radiation effects*, Eurogas Trondheim, 1990.
- [12] D. Nédelka, A. Goy (Gaz de France), *Methodology of Gaz de France concerning matters of LNG terminals*, Paper 1, Session III, LNG 10, Kuala Lumpur, May 1992.
- [13] D. Nédelka, J. Moorhouse, R.F. Tucker (Gaz de France, British Gas, Shell Research), *The 35 m diameter LNG pool fire experiments*, Paper 3, Session III, LNG 9, Nice, Nov 1989.
- [14] J.D. Sainson, C. Baradel, M. Rouleau, J. Leblon (Gaz de France, ESPCI, ENS), *Rapid phase transitions of cryogenic liquids boiling on water surface*, Paper 9, Session II, Eurotherm Louvain, May 1990.
- [15] J.D. Sainson, M. Gabillard, T. Williams (Gaz de France, Gas Research Institute), *Propagation of vapor explosion in a stratified geometry. Experiments with liquids nitrogen and water*, CSNI – Fuel Coolant Interaction – Santa Barbara, Jan 1993.

## TCVN 8610:2010

- [16] Salvadori, J.C. Lediraison, D. Nédelka (Gaz de France), *Contribution to the study of LNG spilled onto the sea*, Session III, LNG 7, Djakarta, May 1983.
- [17] J.A. Sarsten, *LNG stratification and rollover*, Pipeline and Gas Journal, vol. 199, p.37, Sep 1972.
- [18] Schonbucher et al, *Das experimentell validierte Ballen-Strahlungsmodell Osrano*, Teil 1: Theoretische Grundlagen, Tu 33, 1992,137/140.
- [19] Schonbucher et al, *Das experimentell validierte Ballen-Strahlungsmodell Osrano*, Teil 2: Sicherheitstechnische Anwendung (Sicherheitsabstände), Tu 33, 1992, 219/223.
- [20] Schonbucher et al, *Prediction of the heat radiation and safety distances of large fires with the models Osrano*, 7<sup>th</sup> Int. Symp. on Loss Prevention and Safety Promotion in the process industries, 68-1/68-16, Proceedings, Taormina, 1992.
- [21] *Encyclopédie de gaz*, L'Air Liquide, Elsevier, 1976.
- [22] *LNG fire: A thermal radiation model for LNG fires*, Topical report, June 29, 1990, Gas research Institute, 8600, West Bryn Mawr Avenue, Chicago, Illinois 60631.
- [23] *LNG materials and fluids: A users manual of property data in graphic format*, National Bureau of Standards, Boulder, Colorado, USA, Douglas Man, 1977.
- [24] *Thermal radiation from LNG trench fires*, Volume III, Final report, September 1982 - September 1984, Gas research Institute, 8600, West Bryn Mawr Avenue, Chicago, Illinois 60631.
- [25] *Verein Deutscher Ingenieure*, Arbeitsblatt VDI 3783, Blatt 1: Ausbreitung von stofffallbedingten Freisetzungen, Sicherheitsanalyse.
- [26] *Verein Deutscher Ingenieure*, Arbeitsblatt VDI 3783, Blatt 2: Ausbreitung von stofffallbedingten Freisetzungen schwerer Gase, Sicherheitsanalyse.
- [27] EN 485-2, *Aluminium and aluminium alloys – Sheet, strip and plate – Part 2: Mechanical properties*.
- [28] EN 515, *Aluminium and aluminium alloys – Wrought products – Temper designations*.
- [29] EN 573-3, *Aluminium and aluminium alloys – Chemical composition and form of wrought products – Part 3: Chemical composition*.
- [30] EN 10028-4, *Flat products made of steels for pressure purposes – Part 4: Nickel alloy steels with specified low temperature properties*.
- [31] EN 10045-1, *Metallic materials – Charpy impact test – Part 1: Test method*.
- [32] EN 10088-1, *Stainless steels – Part 1: List of stainless steels*.
- [33] EN 10088-2, *Stainless steels – Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip for general purposes*.

- [34] EN 10088-3, *Stainless steels – Part 3: Technical delivery conditions for semi-finished products, bars, rods and sections for general purposes.*
- [35] EN 26501, *Ferronickel – Specifcation and delivery requirements (ISO 6501:1988).*
- [36] prEN 754-2, *Aluminium and aluminium alloys – Cold drawn rod/bar and tube – Part 2: Mechanical properties.*
- [37] prEN 755-2, *Aluminium and aluminium alloys – Extruded rod/bar, tube and profile – Part 2: Mechanical properties.*
- [38] prEN 10222-6, *Steel forging for pressure purposes – Part 6: Austenitic, martensitic and austenitic –ferritic stainless steels.*
- [39] ISO 6208, *Nickel and nickel alloy plate, sheet and strip.*
- [40] ISO 6568, *Natural gas – Simple analysis by gas chromatography.*
- [41] ISO 6578, *Refrigerated hydrocarbon liquids – Static measurement – Calculation procedure.*
- [42] ISO 6974, *Natural gas Determination of hydrogen, inert gases and hydrocarbons up to C<sub>8</sub> - Gas chromatographic method.*
- [43] ISO 8310, *Refrigerated light hydrocarbon fluids – Measurement of temperature in tanks containing liquefied gases – Resistance thermometers and thermocouples.*
- [44] ISO 9722, *Nickel and nickel alloys – Composition and form of wrought products.*
- [45] ISO 9723, *Nickel and nickel alloy bars.*
-