THỰC HÀNH AN TOÀN TRONG SẢN XUẤT NITƠ OXIT TỪ AMONI NITRAT

SAFE PRACTICES FOR THE PRODUCTION OF NITROUS OXIDE FROM AMMONIUM NITRATE

AIGA 080/25

Sửa đổi từ AIGA 080/16
Revision of AIGA 080/16

Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á
Asia Industrial Gases Association
No 2 Venture Drive, #22-28 Vision Exchange, Singapore 608526
Tel: +65 67055642 Fax: +65 68633379
Internet: https://asiaiga.org/| LinkedIn Profile: https://www.linkedin.com/company/asiaigaorg

AIGA 080/25

THỰC HÀNH AN TOÀN TRONG SẢN XUẤT NITƠ OXIT TỪ AMONI NITRAT

SAFE PRACTICES FOR THE PRODUCTION OF NITROUS OXIDE FROM AMMONIUM NITRATE

Là một phần của chương trình hài hòa hóa các tiêu chuẩn ngành, Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á (AIGA) đã ban hành ấn phẩm AIGA 080, "*Thực hành An toàn trong Sản xuất Nitơ Oxit từ Amoni Nitrat*", được đồng sản xuất bởi các thành viên của Hội đồng Hài hòa Hóa Quốc tế và ban đầu được Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Âu (EIGA) xuất bản dưới dạng Tài liệu EIGA Doc 175 "*Thực hành An toàn trong Sản xuất Nitơ Oxit từ Amoni Nitrat*".

As part of a programme of harmonisation of industry standards, the Asia Industrial Gases Association (AIGA) has issued this publication AIGA 080, "Safe Practices for the Production of Nitrous Oxide from Ammonium Nitrate", jointly produced by members of the International Harmonisation Council and originally published by the European Industrial Gases Association (EIGA) as EIGA Doc 175 "Safe Practices for the Production of Nitrous Oxide from Ammonium Nitrate".

Ấn phẩm này nhằm mục đích trở thành một ấn phẩm hài hòa hóa quốc tế để tất cả các thành viên của Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á (AIGA), Hiệp hội Khí Nén (CGA), EIGA, và Hiệp hội Khí Công nghiệp và Y tế Nhật Bản (JIMGA) sử dụng và áp dụng trên toàn thế giới. Nội dung kỹ thuật của mỗi hiệp hội là giống hệt nhau, ngoại trừ các yêu cầu quy định khu vực và những thay đổi nhỏ về định dạng và chính tả.

This publication is intended as an international harmonised publication for the worldwide use and application by all members of Asia Industrial Gases Association (AIGA), Compressed Gas Association (CGA), EIGA, and Japan Industrial and Medical Gases Association (JIMGA). Each association's technical content is identical, except for regional regulatory requirements and minor changes in formatting and spelling.

Tuyên bố miễn trừ trách nhiệm

Disclaimer

Tất cả các ấn phẩm của AIGA hoặc mang tên AIGA đều chứa thông tin, bao gồm Quy tắc Thực hành, quy trình an toàn và các thông tin kỹ thuật khác được thu thập từ các nguồn mà AIGA tin là đáng tin cậy và/hoặc dựa trên thông tin kỹ thuật và kinh nghiệm hiện có từ các thành viên của AIGA và những người khác tại thời điểm xuất bản. Do đó, chúng tôi không đưa ra bất kỳ tuyên bố hay bảo đảm nào cũng như không chấp nhận bất kỳ trách nhiệm pháp lý nào về tính chính xác, đầy đủ hoặc đúng đắn của thông tin có trong các ấn phẩm này.

All publications of AIGA or bearing AIGA's name contain information, including Codes of Practice, safety procedures and other technical information that were obtained from sources believed by AIGA to be reliable and/ or based on technical information and experience currently available from members of AIGA and others at the date of the publication. As such, we do not make any representation or warranty nor accept any liability as to the accuracy, completeness or correctness of the information contained in these publications.

Mặc dù AIGA khuyến nghị các thành viên của mình tham khảo hoặc sử dụng các ấn phẩm của mình, việc tham khảo hoặc sử dụng đó của các thành viên hoặc bên thứ ba hoàn toàn là tự nguyện và không mang tính ràng buộc.

While AIGA recommends that its members refer to or use its publications, such reference to or use thereof by its members or third parties is purely voluntary and not binding.

AIGA hoặc các thành viên của mình không đảm bảo về kết quả và không chịu bất kỳ trách nhiệm pháp lý hoặc trách nhiệm nào liên quan đến việc tham khảo hoặc sử dụng thông tin hoặc đề xuất có trong các ấn phẩm của AIGA.

AIGA or its members make no guarantee of the results and assume no liability or responsibility in connection with the reference to or use of information or suggestions contained in AIGA's publications.

AIGA không có bất kỳ quyền kiểm soát nào đối với hiệu suất hoặc không hiệu suất, việc hiểu sai, sử dụng đúng hoặc không đúng bất kỳ thông tin hoặc đề xuất nào có trong các ấn phẩm của AIGA bởi bất kỳ cá nhân hoặc tổ chức nào (bao gồm các thành viên AIGA) và AIGA từ chối rõ ràng mọi trách nhiệm pháp lý liên quan đến điều đó.

AIGA has no control whatsoever as regards, performance or non performance, misinterpretation, proper or improper use of any information or suggestions contained in AIGA's publications by any person or entity (including AIGA members) and AIGA expressly disclaims any liability in connection thereto.

Các ấn phẩm của AIGA được xem xét định kỳ và người dùng được khuyến cáo nên lấy phiên bản mới nhất.

AIGA's publications are subject to periodic review and users are cautioned to obtain the latest edition.

© Được sao chép với sự cho phép của Hiệp hội Khí công nghiệp Châu Âu (EIGA). Bảo lưu mọi quyền.
Reproduced with permission from European Industrial Gases Association (EIGA). All Rights Reserved.

HIỆP HỘI KHÍ CÔNG NGHIỆP CHÂU Á
ASIA INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION
No 2 Venture Drive, # 22-28 Vision Exchange, Singapore 608526
Tel: +65 67055642 Fax: +65 68633307
Internet: https://asiaiga.org/ | LinkedIn Profile: https://www.linkedin.com/company/asiaiga

Mục lục / *Table of Contents*

1. Giới thiệu / *Introduction* 5

2. Phạm vi / *Scope* 5

3. Định nghĩa / *Definitions* 6

3.1. Thuật ngữ ấn phẩm / Publication terminology 6

3.2. Định nghĩa kỹ thuật / Technical definitions 6

4. Tính chất và mối nguy / *Properties and hazards* 7

4.1. Amoni nitrat / Ammonium nitrate 7

4.2. Tính chất và mối nguy của Nitơ Oxit / Properties and hazards of nitrous oxide 11

5. Quy trình sản xuất / *Production process* 11

5.1. Giới thiệu và mô tả chung / Introduction and general description 11

5.2. Tóm tắt quy trình sản xuất / Abstract of the production process 13

5.3. Các bộ phận thiết bị / Equipment components 15

6. Kiểm tra và bảo trì định kỳ / *Periodic inspection and maintenance* 24

6.1. Tổng quan / General 24

6.2. Thiết bị giảm áp / Pressure relief devices 25

6.3. Thử nghiệm hệ thống nước làm mát khẩn cấp phản ứng / Reaction emergency cooling water system testing 26

6.4. Thiết bị phụ trợ / Ancillary equipment 27

6.5. Sửa đổi và thay đổi / Modifications and changes 27

7. Đào tạo và bảo vệ nhân sự / *Training and protection of personnel* 27

7.1. Giấy phép làm việc / Work permit 27

7.2. Vào bên trong bồn chứa / Entry into vessels 28

7.3. Đào tạo nhân sự / Training of personnel 28

8. Quy trình / *Procedures* 29

8.1. Vận hành bất thường / Abnormal operation 29

8.2. Quy trình khẩn cấp / Emergency procedures 29

9. Tài liệu tham khảo / *References* 30

Các bảng / *Tables*

Bảng 1 - Amoni nitrat 7
Table 1 - Ammonium nitrate

Bảng 2 - Đặc điểm kỹ thuật điển hình cho amoni nitrat lỏng cấp kỹ thuật 9
Table 2—Typical specification for technical grade liquid ammonium nitrate

Bảng 3 - Đặc điểm kỹ thuật điển hình của amoni nitrat rắn 10
Table 3—Typical specification of solid ammonium nitrate

Các hình / *Figures*

Hình 1 - Sơ đồ sản xuất Nitơ Oxit 14
Figure 1 - Scheme of nitrous oxide production

Các sửa đổi đối với 80/16
Amendments to 80/16

Mục ***Section***	**Thay đổi** ***Change***
4.1	Tăng cường phát hiện trực quan sự nhiễm bẩn sắt của amoni nitrat *Reinforced visual detection of iron contamination of ammonium nitrate*
4.1.1.1	Đảm bảo độ sạch của phương tiện vận chuyển amoni nitrat *Ensure cleanliness of ammonium nitrate transport vehicle*
4.1.1.2	Giải quyết việc ngăn ngừa tràn đổ đối với amoni nitrat lỏng *Address spillage prevention for liquid ammonium nitrate*
4.2	Thêm khả năng giám sát N_2O đối với phơi nhiễm lâu dài trong các khu vực làm việc thông gió không đúng cách *Added the possibility of N2O monitoring for long term exposure in improperly ventilated work areas*
5.1.1.3	Hỗ trợ trực quan để xác định sự nhiễm bẩn sắt trong lò phản ứng *Visual aid to determine iron contamination in the reactor*
5.1.1.4	Bổ sung kiểm tra trực quan đối với phương tiện vận chuyển LAN để giảm thiểu nguồn cung bị nhiễm bẩn *Visual inspection added to LAN delivery vehicle to mitigate contaminated supply*
5.3.1	Bổ sung một lớp bảo vệ quá nhiệt bổ sung, kiểm soát nồng độ clorua và cảnh báo quá áp cho quá trình chuyển LAN trong lò nấu chảy *Added an additional layer of overtemperature protection, control of chloride concentration and overpressure caution to LAN transfer in the melter*
5.3.2.3	Bổ sung văn bản về khởi động lại nhiệt an toàn thất bại và bảo vệ các bộ gia nhiệt bằng điện khỏi một vấn đề thiết kế đã biết, chi tiết thiết kế hệ thống nước làm mát và việc đưa hệ thống trở lại hoạt động đúng cách sau bảo trì *Added text for fail safe thermal restart and protection of electrical heater elements from a known design issue, cooling water system design details and proper return to service after maintenance*
5.3.2.5	Bổ sung các yêu cầu thiết kế về giảm áp lò phản ứng dựa trên dữ liệu thực nghiệm *Added design requirements for reactor pressure relief based on experimental data*
5.3.2.6	Bổ sung rủi ro thất thoát nhiệt khi khởi động lại lò phản ứng, cùng rủi ro mức thấp và biện pháp giảm thiểu *Added reactor restart thermal runaway and low level risk and mitigation*
5.3.6	Chuyển tham chiếu đến tài liệu máy nén oxy từ mục yêu cầu sang mục ghi chú để giải quyết ngôn ngữ bắt buộc không áp dụng *Moved reference to oxygen compressor document from requirements to a note to address non-applicable mandatory language*
6.1	Tăng cường các yêu cầu bảo trì đối với việc bảo trì bồn chứa, vòng điều khiển và hệ thống điều khiển an toàn quan trọng *Strengthened maintenance requirements for vessel, control loop and critical safety control system maintenance*
6.3	Bổ sung một mục mới về thử nghiệm hệ thống làm mát bằng nước khẩn cấp *Added a new section for emergency water cooling system testing*
8.1	Bổ sung mục mới về các yêu cầu quy trình vận hành bất thường *Added new section for abnormal operation procedure requirements*
8.2	Viết lại mục quy trình khẩn cấp *Rewrite of the emergency procedure section*

LƯU Ý Các thay đổi kỹ thuật so với phiên bản trước được gạch chân
NOTE Technical changes from the previous edition are underlined

1. Giới thiệu / Introduction

- Khí Nitơ Oxit (N_2O) đã được ngành công nghiệp khí công nghiệp sản xuất và phân phối trong nhiều năm. Nó chủ yếu được sử dụng cho mục đích y tế (gây mê). Nó cũng được sử dụng trong ngành công nghiệp thực phẩm và điện tử.
  Nitrous oxide (N_2O) has been produced and distributed by the industrial gases industry for many years. It is mainly used for medical purposes (anaesthesia). It is also used in the food and electronic industries.

- Các tai nạn nghiêm trọng, chẳng hạn như nổ dữ dội amoni nitrat hoặc phân hủy Nitơ Oxit, đã xảy ra tại các cơ sở sản xuất Nitơ Oxit từ amoni nitrat. Ngoài ra, khí Nitơ Oxit ở nồng độ cao có thể gây ra ảnh hưởng sức khỏe cho người vận hành cần phải được ngăn chặn.
  Severe accidents, such as violent explosion of ammonium nitrate or decomposition of nitrous oxide, have occurred at facilities producing nitrous oxide from ammonium nitrate. In addition nitrous oxide gas in elevated concentrations can cause health effects in operators should be prevented.

- Nguyên nhân chính gây ra tai nạn và ảnh hưởng sức khỏe khi sản xuất Nitơ Oxit từ amoni nitrat là do không chú ý đầy đủ đến các tính chất đặc thù của các vật liệu này khi thiết kế thiết bị và xây dựng quy trình vận hành. Vì lý do đó, ấn phẩm này mô tả các tính chất và mối nguy của amoni nitrat và Nitơ Oxit. Trên cơ sở này, các nguyên tắc và chi tiết liên quan đến việc sản xuất Nitơ Oxit an toàn từ amoni nitrat được xem xét.
  A major cause of accidents and health effects when producing nitrous oxide from ammonium nitrate has been insufficient attention to the specific properties of these materials when designing equipment and developing operating procedures. For that reason, this publication describes the properties and hazards of ammonium nitrate and nitrous oxide. On this basis, the principles and relevant details of safe production of nitrous oxide from ammonium nitrate are considered.

- Các yêu cầu quy định đối với các ứng dụng y tế cũng phải được tuân thủ, thường được quy định trong Dược điển áp dụng cho quốc gia hoạt động. Ví dụ, *Hướng dẫn Thực hành Sản xuất Tốt ở* Châu Âu, *Thực hành sản xuất tốt* của FDA Hoa Kỳ và Health Canada ở Bắc Mỹ, cũng như NFPA 99, *Bộ luật Cơ sở Chăm sóc Sức khỏe ở* Hoa Kỳ và CSA Z305.1, *Hệ thống Đường ống Khí Y tế Không Cháy ở* Canada đối với các hệ thống đường ống khí y tế [1, 2, 3, 4, 5].[1]
  Regulatory requirements for medical applications shall also be followed, usually specified in the applicable Pharmacopeia for the country of operation. For example, the European Guide Good Manufacturing Practice in Europe, U.S. FDA and Health Canada good manufacturing practices in North America, as well as NFPA 99, Health Care Facilities Code in the United States and CSA Z305.1, Nonflammable Medical Gas Piping Systems in Canada for medical gas piping systems [1, 2, 3, 4, 5].

2. Phạm vi / *Scope*

- Ấn phẩm này phục vụ lợi ích của tất cả những người có thể liên quan hoặc quan tâm đến việc sản xuất Nitơ Oxit từ sự phân hủy nhiệt của amoni nitrat. Nó cũng giúp những người không am hiểu về công nghệ amoni nitrat và Nitơ Oxit làm quen với các yếu tố được coi là quan trọng đối với sức khỏe và an toàn.
  This publication serves the interest of all who could in any way be associated or concerned with nitrous oxide manufacturing from the thermal decomposition of ammonium nitrate. It also serves to acquaint persons not versed in ammonium nitrate and nitrous oxide technology with those factors considered important to health and safety.

- Ấn phẩm này áp dụng cho an toàn trong thiết kế, xây dựng, lắp đặt, vận hành và bảo trì các nhà máy Nitơ Oxit sử dụng công nghệ amoni nitrat. Trọng tâm được đặt vào các tính năng về thiết bị, vận hành và bảo trì đặc thù cho các nhà máy Nitơ Oxit.
  This publication applies to safety in the design, construction, installation, operation and maintenance of nitrous oxide plants using ammonium nitrate technology. Emphasis is placed on equipment, operational and maintenance features that are particular to nitrous oxide plants.

- Để biết chi tiết về các ấn phẩm bao gồm các thực hành an toàn cho tồn chứa và thao tác Nitơ Oxit, xem AIGA 081 *Thực hành An toàn cho Tồn chứa và Thao tác Nitơ Oxit* và CGA G-8.1 *Tiêu chuẩn cho Hệ thống Nitơ Oxit tại Cơ sở Khách hàng* [6, 7].
  For details of publications covering the safe practices for storage and handling of nitrous oxide see AIGA 081 Safe Practices for Storage and Handling of Nitrous Oxide and CGA G-8.1 Standard for Nitrous Oxide Systems at Customer Sites [6, 7].

- Ấn phẩm này không áp dụng cho quy trình sản xuất Nitơ Oxit từ các nguyên liệu thô khác nhưng có thể được sử dụng làm hướng dẫn cho việc tinh chế, làm khô, nén, hóa lỏng và tồn chứa khi thích hợp.
  This publication is not applicable to the process of production of nitrous oxide from other raw materials but may

[1] Tài liệu tham khảo được thể hiện bằng số trong ngoặc vuông và được liệt kê theo thứ tự xuất hiện trong phần tài liệu tham khảo.
References are shown by bracketed numbers and are listed in order of appearance in the reference section.

be used as a guideline for the purification, drying, compression, liquefaction and storage as applicable.

– Lượng phát thải Nitơ Oxit trong quá trình sản xuất không thuộc phạm vi của ấn phẩm này, để biết thông tin, xem EIGA Doc. 112 *Tác động Môi trường của Nhà máy Nitơ Oxit* [8]).
Nitrous oxide emissions during production are not covered by the scope of this publication, for information, see EIGA Doc. 112 Environmental Impacts of Nitrous Oxide Plants [8]).

3. Định nghĩa / *Definitions*

– Vì mục đích của ấn phẩm này, các định nghĩa sau đây được áp dụng.
For the purpose of this publication the following definitions apply.

3.1. Thuật ngữ ấn phẩm / *Publication terminology*

3.1.1. Phải / Shall

– Cho biết rằng quy trình là bắt buộc. Nó được sử dụng ở bất cứ nơi nào tiêu chí tuân thủ các khuyến nghị cụ thể không cho phép sai lệch.
Indicates that the procedure is mandatory. It is used wherever the criterion for conformance to specific recommendations allows no deviation.

3.1.2. Nên / Should

– Cho biết rằng một quy trình được khuyến nghị.
Indicates that a procedure is recommended.

3.1.3. Có thể / May

– Cho biết rằng quy trình là tùy chọn.
Indicates that the procedure is optional.

3.1.4. Sẽ / Will

– Chỉ được sử dụng để chỉ tương lai, không phải mức độ yêu cầu.
Is used only to indicate the future, not a degree of requirement.

3.1.5. Có thể / Can

– Cho biết một khả năng hoặc năng lực.
Indicates a possibility or ability.

3.2. Định nghĩa kỹ thuật / *Technical definitions*

3.2.1. Chai / Cylinder

– Bình chịu áp lực có thể vận chuyển được với dung tích nước không vượt quá 150 lít [9].
Transportable pressure receptacle of a water capacity not exceeding 150 litres [9].

3.2.2. Phân hủy / Decomposition

– Sự tách một hợp chất hóa học thành các nguyên tố nhỏ hơn.
Separation of a chemical compound into smaller elements.

– LƯU Ý Amoni nitrat và Nitơ Oxit tách thành các thành phần trong một phản ứng tỏa nhiệt có thể được tăng tốc bởi sự thay đổi áp suất, nhiệt độ, đầu vào năng lượng, sự hiện diện của chất xúc tác hoặc tạp chất.
NOTE Ammonium nitrate and nitrous oxide separates into components in an exothermic reaction that can be accelerated by changes in pressure, temperature, energy inputs, the presence of catalyser or impurities.

3.2.3. Thu nhiệt / Endothermic

– Phản ứng hóa học hấp thụ nhiệt.
Chemical reaction that absorbs heat.

3.2.4. Tỏa nhiệt / Exothermic

– Phản ứng hóa học tạo ra nhiệt.
Chemical reaction that produces heat.

3.2.5. Khí hóa lỏng / Liquefied gas

– Khí mà khi được đóng gói dưới áp suất để vận chuyển thì ở trạng thái lỏng một phần ở nhiệt độ trên – 50 °C [9].
Gas which when packaged under pressure for carriage is partially liquid at temperatures above – 50 °C [9].

3.2.6. Kỹ thuật viên Nitơ Oxit có trình độ / Qualified nitrous oxide technician

– Người, nhờ vào giáo dục, đào tạo và kinh nghiệm, am hiểu về các tính chất của Nitơ Oxit, quen thuộc với thiết bị được sử dụng để tồn chứa, sang chiết và sử dụng Nitơ Oxit, đồng thời hiểu các biện pháp phòng ngừa cần thiết để sử dụng thiết bị Nitơ Oxit một cách an toàn.
Person who by reason of education, training and experience is knowledgeable of the properties of nitrous oxide, is familiar with the equipment used to store, transfer, and use nitrous oxide and understands the precautions necessary to safely use nitrous oxide equipment.

3.2.7. *Áp suất / Pressure*

– Trong ấn phẩm này, “bar” (“psi”) được ghi chú là (psia; bar, abs; và kPa, abs) đối với áp suất tuyệt đối hoặc (psid; bar, dif; và kPa, dif) đối với áp suất chênh lệch.
In this publication, “bar” (“psi”) noted as (psia; bar, abs; and kPa, abs) for absolute pressure or (psid; bar, dif; and kPa, dif) for differential pressure.

3.2.8. *Bồn / Tank*

– Thuật ngữ chung bao gồm bồn cố định và bồn vận chuyển.
Collective term that includes stationary tanks and transport tanks.

4. Tính chất và mối nguy / *Properties and hazards*

4.1. Amoni nitrat / *Ammonium nitrate*

– Cả hai dạng nguyên liệu đầu vào, amoni nitrat rắn (SAN) và amoni nitrat lỏng (LAN) phải được coi là chất oxy hóa với các tính chất liên quan và yêu cầu các biện pháp phòng ngừa an toàn, xem Bảng 1.
Both forms of the feedstock, solid ammonium nitrate (SAN) and liquid ammonium nitrate (LAN) shall be considered as oxidizing substances with relevant properties and requiring safety precautions see Table 1.

– Trong cả LAN và SAN, nồng độ sắt có thể vượt ngoài thông số kỹ thuật nếu nhà cung cấp amoni nitrat gần đây khởi động lại nhà máy. Vì phân tích thường là phân tích theo lô, nồng độ sắt cao ở đầu lô có thể bị bỏ sót. Điều này có thể được phát hiện tại địa điểm sản xuất khí Nitơ Oxit thông qua kiểm tra trực quan sự đổi màu của amoni nitrat được cung cấp, cũng như giám sát màu sắc trong lò nấu chảy và lò phản ứng (xem thêm 5.1.1.3).
In both LAN and SAN, the iron concentration can be out of specification if the ammonium nitrate supplier has recently restarted the plant. Since the analysis is typically a batch analysis, high iron concentration at the beginning of the batch can be missed. This may be detected at the nitrous oxide production site by visual inspection for discoloration of the supplied ammonium nitrate and by monitoring the color in the melter and in the reactor (see also 5.1.1.3).

– Cả LAN và SAN đều là vật liệu nguy hiểm, nhưng LAN có những lợi thế an toàn sau so với SAN:
LAN and SAN are both hazardous materials, but LAN has the following safety advantages compared with SAN:

- Ít có khả năng bị nhiễm chéo với các chất chống vón cục khi sử dụng LAN;
  Cross contamination with anti-caking substances is less likely with LAN;
- Dễ dàng duy trì chất lượng hơn;
  It is easier to maintain quality;
- Việc vận hành nhà máy an toàn hơn;
  The operation of the plant is safer;
- Do đó, LAN có mức xếp hạng mối nguy thấp hơn trong vận chuyển và luật pháp môi trường; và
  Consequently, LAN has a lower hazard rating in transport and environmental legislation; and
- Giảm thiểu thao tác.
  Handling is minimised.

Bảng 1 - Amoni nitrat
Table 1 - Ammonium nitrate

	Amoni nitrat rắn (SAN) *Solid ammonium nitrate (SAN)*	**Amoni nitrat lỏng** *Liquid ammonium nitrate (LAN)*
Nhận dạng Công thức hóa học Số CAS *Identification Chemical formula* Số CAS / *CAS No.* Số EC / *EC No* Số UN / *UN-No:*	NH_4NO_3 6484-52-2 229-347-8 UN 1942	80 – 93 % NH4NO3 trong nước *80 – 93 % NH4NO3 in water* 6484-52-2 229-347-8 UN 2426

Tên theo [9] *Name according to [9]*	amoni nitrat *ammonium nitrate*	amoni nitrat, lỏng *ammonium nitrate, liquid*
Cấp vận chuyển theo [9] *Transport Class according to [9]*	5.1	5.1
Phân loại theo [9] *Classification according to [9]*	O2 (chất oxy hóa rắn) *O2 (oxidizing substance solid)*	O1 (chất oxy hóa lỏng) *O1 (oxidizing substance liquid)*
Tính chất *Properties*	Tiếp xúc với vật liệu dễ cháy có thể gây cháy. *Contact with combustible material can cause fire.* Gây nổ khi trộn lẫn với vật liệu dễ cháy. *Explosive when mixed with combustible material.* Phân hủy khi được gia nhiệt đến khoảng 170°C (338°F). *Decomposes when heated to about 170°C (338°F).* Hỏa hoạn có thể tạo ra khí nitric độc. *Fire can cause generation of toxic nitric gases.*	Về nguyên tắc, LAN có các tính chất tương tự như amoni nitrat rắn, nhưng do hàm lượng nước nên nó ít nhạy cảm hơn một chút. *LAN has in principle the same properties as solid ammonium nitrate, but due to its water content it is slightly less sensitive.*
Biện pháp phòng ngừa an toàn *Safety precautions*	Tránh xa các nguồn gây cháy – không hút thuốc. *Keep away from sources of ignition – no smoking.* Tránh nhiễm bẩn bởi lỏng dễ cháy, chất dạng bột, chất oxy hóa, kiềm và axit. *Avoid contamination by combustible liquids, powdery substances, oxidizing substances, alkalis and acids.* Tránh tiếp xúc với da và mắt. *Avoid contact with skin and eyes.* Làm sạch amoni nitrat khỏi thiết bị trong quá trình bảo trì trước khi hàn hoặc hàn đồng *Clean ammonium nitrate from equipment during maintenance prior to welding or brazing*	
Nguy cơ sức khỏe *Health hazards*	Chất này có thể được hấp thụ vào cơ thể qua đường hít khí dung của nó. *The substance can be absorbed into the body by inhalation of its aerosol.* Phơi nhiễm ngắn hạn: Gây kích ứng mắt, da và đường hô hấp máu. *Short term exposure: Irritating to the eyes, the skin and the blood respiratory tract.*	

4.1.1. Amoni nitrat lỏng (LAN) / Liquid ammonium nitrate (LAN)

4.1.1.1. Yêu cầu chất lượng / Quality requirements

– Tùy thuộc vào quy trình, dung dịch NH_4NO_3 nồng độ từ 80% đến 96% đang được sử dụng:
Depending on the process 80% to 96% NH_4NO_3 solutions are being used:

– LƯU Ý: Vì mục đích vận chuyển, nồng độ được giới hạn ở mức 93% (UN 2426).
NOTE: For transportation purposes the concentration is limited to 93% (UN 2426).

- Cần có giấy chứng nhận chất lượng khi mua hàng;
  A quality certificate with purchase is required;
- Nhà cung cấp phải đủ tiêu chuẩn và được người dùng chấp thuận;
  The supplier should be qualified and approved by the user;
- Cần có bồn vận chuyển cách nhiệt đã được phê duyệt (một số được trang bị cuộn dây gia nhiệt bằng hơi nước bên ngoài). Tham khảo các quy định vận chuyển hiện hành [9];
  Approved insulated transport container is required (some being equipped with external steam heating coils). Refer to the applicable transport regulations [9];
- Phương tiện vận chuyển amoni nitrat nên được xác nhận đã được làm sạch

trước khi đưa vào sử dụng; và
Ammonium nitrate transport vehicles should be confirmed cleaned for service prior to use; and

- Chất lượng sản phẩm phải được phân tích bởi nhà cung cấp hoặc người sử dụng.
The product quality shall be analysed by either the supplier or consumer.

Bảng 2 - Đặc điểm kỹ thuật điển hình cho amoni nitrat lỏng cấp kỹ thuật
Table 2—Typical specification for technical grade liquid ammonium nitrate

Phạm vi nồng độ NH_4NO_3 *NH_4NO_3 concentration range*	tối thiểu 82.0% – tối đa 93.0% *min. 82.0% – max. 93.0%*
NH3 (amoniac tự do) *NH_3 (free ammonia)*	tối đa 500 ppm (500 mg/kg) *max. 500 ppm (500 mg/kg)*
Chất hữu cơ dễ bay hơi (ví dụ: dầu) *Volatile organic matter (for example, oil)*	tối đa < 20ppm (20 mg/kg [tính theo carbon]) *max. < 20ppm (20 mg/kg [as carbon])*
Clorua (Cl) *Chloride (Cl)*	< 5 ppm (<5 mg/kg)
Sắt (Fe) *Iron (Fe)*	< 4 ppm (<4 mg/kg)
Phốt phát (PO4) *Phosphate (PO_4)*	< 10 ppm (<10 mg/kg)
Canxi (Ca) *Calcium (Ca)*	< 10 ppm (<10 mg/kg)
Sulfat (SO4) *Sulphate (SO_4)*	< 50 ppm (< 50 mg/kg)
Độ axit của dung dịch thử 10 % *Acidity of 10 % test solution*	5 < pH < 6.5
Urê *Urea*	< 5 ppm
Vật chất lạ *Foreign matter*	Không nhìn thấy *None visible*
Chất hữu cơ có thể chiết xuất *Extractable organic matter*	< 100 ppm
Chất chống vón cục hoặc phụ gia *Anti-caking agent or additive*	Không *None*

4.1.1.2. Yêu cầu tồn chứa / Storage requirements

– Các yêu cầu tồn chứa sau đây đối với amoni nitrat được áp dụng:
The following storage requirements for ammonium nitrate apply:

- Cần có các bố trí để gia nhiệt (ví dụ: hơi nước, tuần hoàn LAN). Không được phép gia nhiệt bằng điện trực tiếp. Để tránh nhiệt độ cao cục bộ, không được phép sử dụng các điểm nóng như các bộ phận gia nhiệt điện tiếp xúc;
Arrangements for heating (for example, steam, recirculation of LAN) are required. No direct electrical heating is allowed. To avoid localized high temperature, hot points such as exposed electric heating elements shall not be used;
- Nhiệt độ phải được kiểm soát để ngăn ngừa sự kết tinh;
The temperature shall be controlled to prevent crystallization;
- Nếu cần thiết, nồng độ amoni nitrat thực tế nên được kiểm soát và pha loãng theo đặc điểm kỹ thuật yêu cầu. Nước bổ sung nên có hàm lượng clorua và sắt thấp;
If necessary the actual ammonium nitrate concentration should be controlled and diluted to the required specification. Additional water should have low chloride and iron content;
- Số lượng tồn chứa phải tuân theo các quy định của địa phương;
Storage quantity shall be according to local regulations;
- Khu vực bồn chứa LAN phải được bảo vệ chống tràn đổ, và hệ thống xả bồn chứa phải được bảo vệ để ngăn chặn xả ngẫu nhiên vào hệ thống thoát nước, ví dụ như bằng khu vực giữ lại;
The LAN storage tank area shall be protected against spillage and the tank discharge system shall be protected to prevent inadvertent discharge into drains, for example, by

a retention area;

- Hệ thống dỡ hàng LAN, bao gồm ống mềm và phụ kiện, phải được kiểm tra đảm bảo không có hư hỏng trước khi dỡ hàng LAN vào bồn chứa để ngăn ngừa rò rỉ;
  The LAN unloading system, including hose and fittings, shall be inspected for damage before offloading LAN into the storage tank to prevent leaks;
- Hệ thống dỡ LAN, bao gồm cả hệ thống sang chiết, nên được làm sạch kỹ lưỡng để tránh sự tích tụ SAN; thực hành tốt là sử dụng nước có hàm lượng clorua thấp;
  The LAN unloading system, including the transfer system, should be cleaned thoroughly to avoid any SAN build-up; good practice is to use water of low chloride content;
- LAN nên được chuyển từ xe rơ mooc đến bồn bằng cách tăng áp và đến nhà máy Nitơ Oxit bằng trọng lực. Bơm LAN yêu cầu thiết kế bơm cụ thể để tránh chạy khô; và
  LAN should be transferred from the trailer to the tank by pressurization and to the nitrous oxide plant by gravity. Pumping LAN requires a specific pump design to avoid dry running; and
- Toàn bộ tải LAN nên được chuyển vào bồn chứa để ngăn ngừa tràn và kết tinh LAN trong đường ống nạp. Dung tích bồn chứa còn lại trước khi giao hàng có thể được xác minh bằng cách đo mức hoặc khối lượng.
  The entire load of LAN should be delivered into the storage tank to prevent spillage and crystallization of LAN in the transfer line. Remaining storage tank capacity prior to delivery can be verified by level or mass measurements.

4.1.2. Amoni nitrat rắn (SAN) / Solid ammonium nitrate (SAN)

4.1.2.1. Yêu cầu chung / General requirements

- Tùy thuộc vào quy định của địa phương, có thể cần có sự chấp thuận đối với việc mua, vận chuyển và tồn chứa do thực tế là chất nổ có thể được sản xuất từ SAN; và
  Depending on local regulations, approval could be required for purchase, transport and storage due to the fact that explosives can be produced from SAN; and
- Khoảng cách an toàn đến đường công cộng và khu dân cư phải tuân thủ các quy định của địa phương.
  Safety distances to public roads and residential areas shall comply with local regulations.

4.1.2.2. Yêu cầu chất lượng / Quality requirements

- Cần có giấy chứng nhận chất lượng khi mua hàng; và
  A quality certificate with purchase is required; and
- Nhà cung cấp phải đủ tiêu chuẩn và được người dùng chấp thuận.
  The supplier should be qualified and approved by the user.

4.1.2.3. Đặc điểm kỹ thuật điển hình / Typical specification

Bảng 3 - Đặc điểm kỹ thuật điển hình của amoni nitrat rắn
Table 3—Typical specification of solid ammonium nitrate

Hàm lượng N (không có nước) *N-content (free of water)*	> 34.8%
Độ ẩm *Moisture*	< 0.5%
Độ axit (khi pha loãng trong dung dịch 10%) *Acidity (when diluted in a 10% solution)*	5 < pH < 7
Chất không hòa tan *Non solubles*	< 0.002%
Tro *Ashes*	< 0.002%
Clorua và halogen *Chloride and halogen*	< 0.0002%
Sắt *Iron*	< 0.0002%

Tổng carbon hữu cơ *Total organic carbon*	< 0.001%
Chất chống vón cục hoặc phụ gia *Anti-caking agent or additive*	Không (nghĩa là không phải chất lượng phân bón) *None (means not fertilizer quality)*

4.1.2.4. Yêu cầu tồn chứa / Storage requirements

- Theo tính chất hóa học của amoni nitrat (có hại, oxy hóa), cần có khu vực khô ráo và chống cháy chuyên dụng để tồn chứa. Ngoài ra, không được tồn chứa bất cứ thứ gì khác trong cùng phòng. Việc giữ gìn vệ sinh nghiêm ngặt là cần thiết;
  According to the chemical properties of ammonium nitrate (harmful, oxidizing) a dry and a dedicated fire-resistant area is required for storage. In addition nothing else shall be stored in the same room. Strict housekeeping is necessary;
- Túi đã qua sử dụng không được giữ bên trong tòa nhà tồn chứa và phải được xử lý theo bất kỳ quy định hiện hành nào; và
  Used bags shall not be kept inside the storage building and shall be disposed of in compliance with any applicable regulations; and
- Việc ra vào phòng tồn chứa phải được kiểm soát.
  Access to the storage room shall be controlled.

4.2. Tính chất và mối nguy của Nitơ Oxit / *Properties and hazards of nitrous oxide*

- Nồng độ Nitơ Oxit cao trong không khí có thể tăng nhanh khi bị mất kiểm soát, ví dụ, thông qua rò rỉ và xả. Nếu Nitơ Oxit được sản xuất trong các phòng thông gió không đủ, nên lắp đặt hệ thống giám sát khí để theo dõi nồng độ Nitơ Oxit (đối với phơi nhiễm dài hạn) và oxy (đối với thiếu hụt ngắn hạn) trong phòng.
  Elevated concentrations of nitrous oxide in the air can be reached quickly on loss of containment, for example, via leaks and venting. If nitrous oxide is produced in insufficiently ventilated rooms, a gas monitoring system should be installed to monitor the concentration of nitrous oxide (for long term exposure) and oxygen (for short term deficit) in the room.
- Để biết thêm thông tin, xem ấn phẩm AIGA 081 [6].
  For more information, see publication AIGA 081 [6].

5. Quy trình sản xuất / *Production process*

5.1. Giới thiệu và mô tả chung / *Introduction and general description*

- Quy trình công nghiệp phổ biến nhất để sản xuất Nitơ Oxit dựa trên sự phân hủy nhiệt của amoni nitrat. Có một số quy trình sản xuất Nitơ Oxit khác không được đề cập trong ấn phẩm này, ví dụ, oxy hóa trực tiếp amoniac hoặc tinh chế khí thải từ quá trình sản xuất axit adipic (chuỗi polyamit).
  The most common industrial process for the manufacture of nitrous oxide is based upon thermal decomposition of ammonium nitrate. There are a number of other nitrous oxide production processes, which are not covered in this publication, for example, direct oxidation of ammonia or purification of off- gas from adipic acid production (polyamide chain).

5.1.1. Cơ sở hóa học của quy trình phân hủy nhiệt / Chemical background of the thermal decomposition process

- Nitơ Oxit được sản xuất bằng cách phân hủy nhiệt dung dịch nóng của amoni nitrat và nước ở nồng độ khác nhau từ 80% đến 93% tại nhiệt độ khoảng 250°C đến 255°C, (482°F đến 491°F). Sự phân hủy nhiệt của amoni nitrat rất phức tạp và có thể đi theo các con đường khác nhau.
  Nitrous oxide is produced by thermally decomposing a hot solution of ammonium nitrate and water at concentrations varying from 80% to 93% at a temperature of approximately 250°C to 255°C, (482°F to 491°F). Thermal decomposition of ammonium nitrate is complex and can follow different routes.
- Phản ứng chính và mong muốn là: $NH_4NO3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$
  The main and desired reaction is: $NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$
- Phản ứng này là phản ứng tỏa nhiệt, tạo ra 56 Btu/mol (59 kJ/mol) ở nhiệt độ khoảng 250°C, (482°F) và đây là phản ứng bậc một với năng lượng hoạt hóa ước tính từ 142 Btu/mol đến 190 Btu/mol (150 kJ/mol đến 200 kJ/mol) ở điều kiện tiêu chuẩn (273 K, 1013 mbar).
  This reaction is exothermic, generating 56 Btu/mol (59 kJ/mol) at approximately 250°C,(482°F) and it is a first order reaction with an estimated energy of activation of 142 Btu/mol to 190 Btu/mol (150 kJ/mol to 200 kJ/mol) at standard conditions (273 K, 1013 mbar).

- Động học phản ứng phân hủy tăng gấp đôi cứ sau mỗi 10°C (18°F) tăng nhiệt độ (hoặc tốc độ phân hủy nhân với hệ số 1.07 cho mỗi °C). Về mặt độ lớn, một khối lượng amoni nitrat nóng chảy sản xuất 200 kg/h Nitơ Oxit trong lò phản ứng ở 250°C (482°F) tạo ra công suất nhiệt khoảng 70 kW; ở 255 °C (491°F), lò phản ứng tương tự sẽ sản xuất 280 kg/h (nhiều hơn 40%), với lượng nhiệt tạo ra là 98 kW.
  The reaction kinetics of decomposition doubles for every 10°C (18°F) incremental increase in temperature (or the rate of decomposition multiplies by a factor of 1.07 for each °C. As an order of magnitude, a mass of molten ammonium nitrate producing 200 kg/h of nitrous oxide in a reactor at 250°C (482°F) develops a thermal power of about 70 kW; at 255 °C (491°F) the same reactor would produce 280 kg/h (40% more), with a heat production of 98 kW.

- Nhiều phản ứng khác nhau diễn ra trong lò phản ứng amoni nitrat được vận hành để sản xuất Nitơ Oxit. Muối amoni nitrat tinh khiết nóng chảy ở 169°C (337°F) và bắt đầu phân hủy ở 190°C (375° F). Ở nhiệt độ lên đến 250°C (482°F), hai phản ứng chiếm ưu thế và được quan tâm hàng đầu đối với việc sản xuất Nitơ Oxit bằng phương pháp phân hủy nhiệt amoni nitrat.
  A variety of reactions take place in an ammonium nitrate reactor being operated to produce nitrous oxide. The pure ammonium nitrate salt melts at 169°C (337°F), and begins decomposing at 190°C (375° F). At temperatures up to 250°C (482°F), two reactions predominate and are of primary interest to the production of nitrous oxide by thermal decomposition of ammonium nitrate.

- Phân hủy:
  Decomposition:

  $$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O \quad \blacktriangle H = -315 \text{ Btu/lbm } (-59 \text{ KJ/g-mol})$$

- Phân ly:
  Dissociation:

  $$NH_4NO_3 \rightarrow NH_3 + HNO_3 \quad \blacktriangle H = +860 \text{ Btu/lbm } (+159 \text{ KJ/g-mol})$$

- LƯU Ý Phản ứng phân hủy là tỏa nhiệt và phản ứng phân ly là thu nhiệt.
  NOTE The decomposition reaction is exothermic and the dissociation reaction is endothermic.

- Phản ứng phân hủy là phản ứng mong muốn, tạo ra Nitơ Oxit. Phản ứng phân ly trở nên đáng kể ở 210°C (410°F) và tiếp tục chiếm ưu thế hơn khi nhiệt độ tăng. Áp suất tăng sẽ ức chế phản ứng phân ly. Nếu lò phản ứng được cung cấp hệ thống xả đầy đủ, trong trường hợp lò phản ứng bị mất kiểm soát, với nhiệt độ tăng nhanh, phản ứng phân ly cuối cùng sẽ kiềm chế sự tăng nhiệt độ vì nó có khả năng hấp thụ nhiệt sinh ra từ tất cả các phản ứng tỏa nhiệt khác cộng lại. Nếu không có hệ thống xả đầy đủ, sự tăng áp sẽ ức chế sự phân ly và áp suất cùng nhiệt độ sẽ tiếp tục tăng cho đến khi amoni nitrat được tiêu thụ hết hoặc xảy ra một vụ nổ.
  The decomposition reaction is the desired reaction, producing nitrous oxide. The dissociation reaction becomes appreciable at 210°C (410°F) and continues to become more predominant with increasing temperature. Increasing pressure suppresses the dissociation reaction. If adequate venting is provided for the reactor, in the event of loss of control of the reactor, with rapidly rising temperat ure, the dissociation reaction eventually checks the temperature rise as it is capable of absorbing the heat generated by all of the other exothermic reactions combined. If adequate venting is not provided, pressure rise suppresses dissociation and the pressure and temperature will continue to rise until the ammonium nitrate is consumed or there is an explosion.

5.1.1.1. Các phản ứng phụ / Side reactions

- Ngoài các phản ứng chính đã thảo luận ở trên, các phản ứng phụ nhỏ cũng xảy ra, tạo ra nitơ và các nitơ oxit ở bậc cao hơn.
  In addition to the primary reactions discussed above, minor side reactions take place producing nitrogen and the higher nitrogen oxides.

- Các thao tác cần thiết để loại bỏ các thành phần phụ được tạo ra bởi các phản ứng này sẽ được thảo luận dưới đây.
  The unit operations required to remove the minor components produced by these reactions are discussed below.

5.1.1.2. Phân hủy được xúc tác bằng clorua / Chloride catalyzed decomposition

- Sự phân hủy amoni nitrat trong pha nóng chảy sẽ nhanh hơn và có thể xảy ra ở nhiệt độ dưới điểm nóng chảy khi amoni nitrat chứa các thành phần clorua hoặc khi nước thêm vào chứa các ion clorua. Các phản ứng này khi có mặt các thành phần clorua chủ yếu tạo ra nitơ. Các bộ phận bằng thép và đồng thau gia công tiếp xúc với clorua trong điều kiện độ ẩm cao và/hoặc nhiệt độ cao có thể dẫn đến nứt do ăn mòn ứng suất clorua.

The decomposition of ammonium nitrate in the melted phase will be faster and can occur at temperatures below the melting point when the ammonium nitrate contains chloride components or when the added water contains chloride ions. These reactions in the presence of chloride components produce principally nitrogen. Steel and machined brass components exposed to chlorides in the presence of high moisture and/or high temperatures can result in chloride stress corrosion cracking.

- Các thành phần khác có tác dụng xúc tác tương tự, xem AIGA 081 [6].
  Other components have a similar catalytic effect, see AIGA 081 [6].

5.1.1.3. Ăn mòn – Sử dụng chất ổn định / Corrosion – Use of stabilizers

- Dung dịch amoni nitrat có tính ăn mòn cao đối với một số kim loại, bao gồm đồng, đồng thau, kẽm và thép carbon. Ngay cả thép không gỉ sau thời gian tiếp xúc kéo dài cũng bị tấn công ở mức độ hạn chế, làm chuyển các ion sắt (III) vào dung dịch. Việc thêm một lượng nhỏ điamoni photphat ($(NH_4)_2HPO_4$) hoặc amoni đihidro photphat ($NH_4H_2PO_4$) (còn được gọi là mono-amoni photphat), hoặc axit photphoric (H_3PO_4) vào amoni nitrat sẽ hạn chế phản ứng này.
  Ammonium nitrate solution is very corrosive to several metals, including copper, brass, zinc and carbon steel. Even stainless steel after prolonged periods of contact undergoes limited attack, which transfers ferric ions into the solution. Addition of small quantities of di-ammonium phosphate ($(NH_4)2HPO_4$) or ammonium dihydrogen phosphate (NH_4H2PO_4) also known as mono-ammonium phosphate), or phosphoric acid (H3PO4) in ammonium nitrate limits this reaction.

- Trong trường hợp độ tinh khiết của amoni nitrat hoặc chất lượng nước có thể dẫn đến ăn mòn trong thiết bị nấu chảy hoặc lò phản ứng, axit photphoric thường được sử dụng để ngăn ngừa ăn mòn.
  Where the purity of ammonium nitrate or water quality could lead to corrosion in the melter or reactor, phosphoric acid is often used to prevent corrosion.

- Sự ăn mòn trong lò phản ứng hoặc thiết bị nấu chảy có thể giải phóng sắt vào amoni nitrat, gây mất ổn định hoặc mất kiểm soát phản ứng. Màu nâu nhạt của amoni nitrat trong thiết bị nấu chảy hoặc trong lò phản ứng cho thấy sự nhiễm bẩn sắt.
  Corrosion in the reactor or melter can release iron into the ammonium nitrate causing instability or loss of control in the reaction. A brownish tint to the ammonium nitrate in the melter or in the reactor indicates iron contamination.

5.1.1.4. Nhiễm bẩn / Contamination

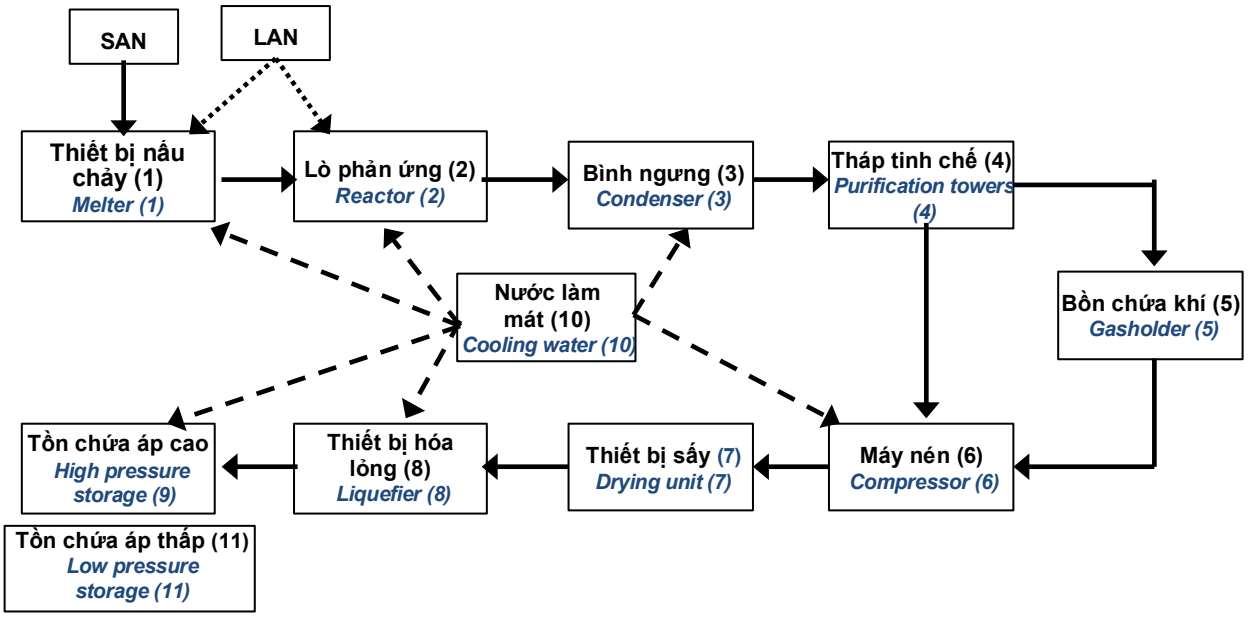
- Phải tránh sự nhiễm bẩn ngẫu nhiên amoni nitrat bởi các vật liệu dễ cháy, ví dụ như dầu, bằng cách thực hiện các biện pháp thích hợp, bao gồm kiểm tra trực quan thiết bị sang chiết LAN từ phương tiện vận chuyển.
  Accidental contamination of ammonium nitrate by combustible materials, for example, oil shall be avoided by taking appropriate measures, including visual inspection of LAN transfer equipment from the delivery vehicle.

- Amoni nitrat phải được kiểm soát kỹ lưỡng (xem 4.1). Dấu vết của các chất chống đóng vón từ sự nhiễm chéo với amoni nitrat cấp phân bón sẽ làm cho phản ứng trở nên dữ dội và tạo ra lượng lớn carbon monoxide, carbon dioxide và nitơ. Do đó, cần phải kiểm soát chất lượng amoni nitrat thô.
  Ammonium nitrate shall be controlled thoroughly (see 4.1). Traces of anticaking substances from cross contamination with fertilizer grade ammonium nitrate will make the reaction violent and produce high amounts of carbon monoxide, carbon dioxide, and nitrogen. Therefore quality control of raw ammonium nitrate is required.

5.2. Tóm tắt quy trình sản xuất / *Abstract of the production process*

- Có nhiều thiết kế khác nhau của nhà máy sản xuất Nitơ Oxit, nhưng sơ đồ tổng quan chung về sản xuất được thể hiện trong Hình 1.
  Several different designs of nitrous oxide process plants exist, but the general schematic overview of production is as shown in Figure 1.

Hình 1 - Sơ đồ sản xuất Nitơ Oxit
Figure 1 - Scheme of nitrous oxide production



– Để sản xuất Nitơ Oxit, amoni nitrat có thể được sử dụng dưới hai dạng:
For the production of nitrous oxide the ammonium nitrate can be used in two forms:

  - LAN, được cung cấp dưới dạng dung dịch được đun nóng trong nước. Bồn tồn chứa LAN phải được cách nhiệt và kiểm soát nhiệt độ để tránh làm mát có thể gây đông đặc hoặc kết tinh.
    LAN, is supplied as a heated solution in water. The LAN storage tank shall be insulated and temperature controlled to avoid cooling that could cause solidification or crystallization.
  - SAN được thêm vào thiết bị nấu chảy, nơi nước được thêm vào để tạo thành dung dịch lỏng. Đây là một bước xử lý bổ sung trước quy trình LAN được liệt kê ở trên. (Đã có báo cáo rằng một số nhà máy cấp liệu rắn nấu chảy và phân hủy SAN mà không cần thêm nước; công nghệ này không được khuyến nghị và không được đề cập trong ấn phẩm này.
    SAN is added to a melter where water is added to form a liquid solution. This is an additional processing step ahead of the LAN process listed above. (It has been reported that some solid feed plants melt and decompose SAN without any addition of water; this technology is not recommended and not covered by this publication.

– Cần có khu vực tồn chứa hàng rắn và thiết bị nấu chảy (1) đối với các nhà máy cấp liệu rắn. Cần có các bồn dung dịch nóng, lỏng đối với các nhà máy cấp liệu lỏng. Trong cả hai trường hợp, cần sử dụng amoni nitrat cấp kỹ thuật, với hàm lượng clorua và kim loại thấp. Lỏng được bơm vào lò phản ứng (2). Tại đây, LAN trải qua quá trình phân hủy nhiệt thành Nitơ Oxit và hơi nước.
Solid storage and a melter (1) are required for solid feed plants. Liquid hot solution tanks are required for liquid feed plants. In both cases, technical grade of ammonium nitrate, with low amounts of chloride and metals, is required. The liquid is injected into the reactor (2). Here the LAN undergoes a thermal decomposition into nitrous oxide and water vapour.

– Việc kiểm soát phản ứng đạt được bằng cách duy trì cân bằng khối lượng và nhiệt thông qua việc giám sát và điều chỉnh lưu lượng amoni nitrat và/hoặc công suất gia nhiệt.
Control of the reaction is achieved by maintaining the mass and thermal balances by monitoring and adjusting the flow rate of ammonium nitrate and / or the heating power.

– Các thông số kiểm soát khác là:
Other control parameters are:

  - mức LAN trong lò phản ứng;
    LAN level in the reactor;
  - nhiệt độ của LAN;
    temperature of the LAN;
  - kiểm soát áp suất trong pha khí; và
    pressure control in the gas phase; and
  - lưu lượng khí thoát ra khỏi lò phản ứng.

gas flow rate exiting the reactor.

- Nhiệt độ của LAN sau đó được duy trì bằng cách gia nhiệt và làm mát lò phản ứng.
  The temperature of the LAN is then maintained by heating and cooling the reactor.

- Nhiệt lượng sinh ra từ phản ứng có thể được sử dụng để làm nóng sơ bộ LAN trong thiết bị nấu chảy hoặc LAN trước khi đi vào lò phản ứng.
  The heat produced by the reaction may be used for preheating the LAN in the melter or the LAN before entering the reactor.

- Khí được tạo ra được làm mát và hơi nước được ngưng tụ trong bộ ngưng tụ làm mát bằng nước ngược dòng (3). Dòng khí sau đó đi qua một số bước loại bỏ hóa chất bằng cách sử dụng các tháp tinh chế (4). Các tạp chất như nitơ oxit (NOx), axit nitric (HNO_3) và amoniac (NH_3) được rửa sạch trong một chuỗi các tháp hấp thụ sử dụng nước, hỗn hợp kali permanganat và natri hydroxit, axit sulfuric và cuối cùng là nước. Một số nhà máy hoạt động mà không có bước tinh chế bằng axit sulfuric.
  The produced gas is cooled and the water vapour is condensed in a counter-current water cooled condenser (3). The gas stream passes then through a number of chemical removal steps using purification towers (4). Impurities such as nitrogen oxides, (NOx), nitric acid, (HNO3), and ammonia, (NH3) are washed out in a sequence of absorption towers employing water, a mixture of potassium permanganate and sodium hydroxide, sulphuric acid and finally water. Some plants operate without the sulphuric acid purification step.

- Nitơ Oxit đã được tinh chế có thể được tích trữ trong bình chứa khí (5), tùy thuộc vào thiết kế nhà máy. Thiết bị tích trữ này hoạt động như một bộ bù cho các biến động trong sản xuất. Khí được nén đến áp suất hóa lỏng (6) và, sau khi sấy khô (7), nó được hóa lỏng (8) bằng nước làm mát (10) hoặc chất làm lạnh không cháy khác. Sản phẩm sau đó được tồn chứa (9, 11) và sẵn sàng để tinh chế thêm, nạp vào chai hoặc vận chuyển số lượng lớn.
  The purified nitrous oxide can be accumulated in a gasholder (5), depending upon the plant design. This accumulation device acts as a compensator for variations in production. The gas is compressed to liquefaction pressure (6) and, after drying (7), it is liquefied (8) with cooling water (10) or other non- flammable refrigerant. The product is then stored (9, 11) and ready for further purification, filling cylinders or for bulk transport.

5.3. Các bộ phận thiết bị / *Equipment components*

5.3.1. Thiết bị nấu chảy / Melter

- Những điều sau đây áp dụng cho các nhà máy sử dụng SAN.
  The following applies to plants using SAN.

- SAN được nấu chảy bằng cách thêm khoảng 8% nước và gia nhiệt đến nhiệt độ từ 125°C đến 130°C (257°F đến 266°F). Việc thêm điamoni photphat hoặc amoni đihidro photphat (còn được gọi là mono-amoni photphat) được thực hiện để ổn định phản ứng (xem thêm 6.1).
  The SAN is melted by addition of approximately 8% water and by heating up to a temperature of 125°C to 130°C (257°F to 266°F). Addition of di-ammonium phosphate or ammonium dihydrogen phosphate (also known as mono-ammonium phosphate) is made to the stabilize reaction (see also 6.1).

- Thiết bị nấu chảy được chia thành hai phần:
  The melter is divided into two sections:

  - Phần nấu chảy hoặc tiêu thụ. Đối với LAN, phần này có thể được sử dụng để làm nóng sơ bộ.
    Melting or consumption section. For LAN this section can be used for preheating.
  - Phần truyền tải, từ đó LAN được cấp vào lò phản ứng. Mỗi phần được gia nhiệt độc lập.
    Transfer section from which the LAN is fed to the reactor. Each section is heated independently.

- Việc vận chuyển LAN từ phần pha loãng sang phần truyền tải có thể đạt được bằng áp suất thủy tĩnh hoặc bơm khí nén.
  Passage of LAN from dilution to transfer section can be achieved by hydrostatic pressure or pneumatic pumps.

- Các yêu cầu đối với thiết bị nấu chảy:
  Melter requirements:

  - Đảm bảo phần pha loãng ở nhiệt độ môi trường trước khi đưa amoni nitrat vào và luôn luôn đưa nước vào trước, không bao giờ đưa SAN vào thiết bị nấu chảy đang rỗng và nóng;
    Ensure the dilution section is at ambient temperature before introducing the ammonium nitrate

and always introduce the water first, never introduce SAN into an empty and hot melter;

- Đảm bảo kiểm soát mức cao/thấp bằng quy trình hoặc tự động;
  Ensure a high / low level control either by procedure or automatically;
- Hệ thống gia nhiệt phải được thiết kế sao cho không có sự tiếp xúc giữa nguồn nhiệt và LAN.
  Heating systems shall be such that there is no contact between the heating source and the LAN.
- Nếu sử dụng hệ thống gia nhiệt bằng điện không tự giới hạn, việc thiết kế nên bao gồm một phương tiện giám sát thứ cấp để ngắt nguồn điện cấp cho bộ gia nhiệt trong trường hợp nhiệt độ quá cao;
  If using electrical heating systems which are not self-limiting, the design should include some means of secondary monitoring to shut down the power to the heaters in case of overtemperature;
- Cung cấp một hệ thống tuần hoàn/đồng hóa dung dịch trong quá trình gia nhiệt và nấu chảy, để đảm bảo không có điểm nào nóng hơn nhiệt độ đo được;
  Provide a system for re-circulating / homogenizing the solution during the heating and melting process, to make sure there is no hotter point than the measured temperature;
- Trang bị cho thiết bị nấu chảy hệ thống kiểm soát nhiệt độ (T = 125°C - 130°C (257°F - 266°F)) ở chế độ sản xuất). Nhiệt độ của phần tiêu thụ và phần truyền tải phải được kiểm soát bởi hai hệ thống kiểm soát nhiệt độ độc lập.
  Equip the melter with temperature control (T = 125°C - 130°C (257°F - 266°F)) in production mode). The temperatures of the consumption section and the transfer section shall each be controlled by two independent temperature control systems.
- Gia nhiệt đường ống bơm (đường ống nối giữa thiết bị nấu chảy và lò phản ứng) để tránh sự kết tinh lại, có thể gây mất khả năng làm mát và kiểm soát phản ứng;
  Heat the injection line (pipe connection between melter and reactor) to avoid re-crystallization, which can cause loss of cooling and control of the reaction;
- Giới hạn nhiệt độ thiết bị nấu chảy ở 130°C (266°F) trong thời gian không sản xuất và 140°C (284°F) trong thời gian sản xuất;
  Limit the melter temperature to 130°C (266°F) during non-production periods and 140°C (284°F) during production;
- Để chuẩn bị dung dịch nước, nước phải có hàm lượng clorua và sắt thấp (mỗi chất < 10 ppm). Nước nên được phân tích nồng độ clorua. Nếu phát hiện >10 ppm, nên sử dụng thiết bị tinh chế nước để giảm nồng độ clorua xuống mức chấp nhận được. Nồng độ clorua quá mức được biết là ảnh hưởng đến độ ổn định của phản ứng;
  For the preparation of the aqueous solution the water shall have low chloride and iron content (each< 10 ppm). The water should be analyzed for chloride concentration. If found to be >10 ppm, a water purification unit should be used to reduce the chloride concentration to an acceptable level. Excessive chloride concentration is known to affect the stability of the reaction;
- Nên cân nhắc sử dụng bộ lọc để loại bỏ các chất rắn không mong muốn;
  Use of a strainer to remove unwanted solids should be considered;
- Khi thiết bị nấu chảy ngừng hoạt động trong khoảng thời gian đủ dài để bắt đầu quá trình đông đặc hoặc trong quá trình bảo trì, thiết bị nấu chảy và hệ thống đường ống phải được làm sạch bằng nước hoặc hơi nước; và
  When the melter is shut down for a period long enough to start solidification or during maintenance, the melter and piping system shall be cleaned with water or steam; and
- Phải cẩn thận khi gia nhiệt cho đường ống LAN kín vì việc bổ sung nhiệt không kiểm soát có thể dẫn đến sự hình thành nitơ oxit trong đường ống và khả năng vỡ đường ống do quá áp.
  Care shall be taken when applying heat to a closed LAN line since uncontrolled heat addition can lead to formation of nitrous oxide in the piping and possible line burst due to overpressure.

5.3.2. Lò phản ứng / Reactor

– Lò phản ứng phải được vận hành sao cho giảm thiểu rủi ro cho nhân viên.
The reactor shall be operated such that the risks to personnel are minimized.

5.3.2.1. Khởi động phản ứng / Reaction start-up

– Amoni nitrat bị phân hủy trong lò phản ứng theo công thức:
The ammonium nitrate is decomposed in the reactor according to the formula:

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2\ H_2O + \underline{56\ Btu/mol}\ (59\ kJ/mol)$$

– Sự phân hủy amoni nitrat trong nước có thể bắt đầu ở nhiệt độ khoảng 210°C

(410°F) tùy thuộc vào thiết kế lò phản ứng, nồng độ amoni nitrat, độ tinh khiết của amoni nitrat, chất xúc tác và nồng độ chất ổn định (xem 5.1.1.3). Quá trình này mất thời gian tương đối dài để tự nhiên đạt điểm cân bằng nhiệt (thường giữa 250°C và 255°C (482°F và 491°F)). Để tăng tốc khởi động, dung dịch amoni nitrat được đun nóng trong lò phản ứng đến khoảng 240°C (464°F).
This decomposition of ammonium nitrate in water can start at temperatures around 210°C (410°F) depending on reactor design, concentration of ammonium nitrate, purity of ammonium nitrate catalysts and stabilizer concentration (see 5.1.1.3). It takes a relatively long time to naturally reach the thermal equilibrium set point (generally between 250°C and 255°C (482°F and 491°F)). To accelerate the starting process the ammonium nitrate solution is heated in the reactor to approximately 240°C (464°F).

5.3.2.2. Cân bằng nhiệt quá trình / Process thermal equilibrium

- Vì phản ứng là phản ứng tỏa nhiệt, nhiệt độ trong khối phản ứng phải được kiểm soát chặt chẽ. Nhiệt độ tối ưu cho sự phân hủy là khoảng 250°C (482°F) ở áp suất cao hơn một chút so với áp suất khí quyển. Lò phản ứng được cân bằng nhiệt giữa phản ứng tỏa nhiệt và tổng các hiệu ứng làm mát đến từ:
Since the reaction is exothermic, the temperature in the reaction mass has to be strictly controlled. The optimum temperature for decomposition is approximately 250°C (482°F) at a pressure slightly higher than atmospheric pressure. The reactor is thermally balanced between an exothermic reaction, and the sum of the cooling effects coming from:

  - sự hóa hơi của nước;
  water vaporization;
  - nhiệt dung của nguồn cấp LAN mới; và
  heat capacity of fresh LAN feed; and
  - tổn thất nhiệt qua thành lò phản ứng.
  heat losses through the reactor walls.

- Lò phản ứng được thiết kế cho nhiệt độ và áp suất danh định, và cho một phạm vi mức chất phản ứng và hàm lượng nước của nguồn cấp amoni nitrat. Không được phép có bất kỳ sai lệch đáng kể nào so với các điều kiện vận hành thiết kế ban đầu, trừ khi các điều kiện vận hành mới đã được xác nhận.
Reactors are designed for a nominal temperature and pressure, and for a range of reactant level and water content of the ammonium nitrate feed. Any significant deviation from the original design operating conditions shall not be permitted, unless the new operating conditions have been validated.

- Việc kiểm soát phản ứng bằng cách bơm LAN được điều chỉnh bởi áp suất tĩnh trong lò phản ứng hoặc nhiệt độ, vốn phụ thuộc vào lượng khí được tạo ra bởi phản ứng.
The control of the reaction by injection of LAN is regulated by the static pressure in the reactor or the temperature, which depend on the quantity of gas produced by the reaction.

- Một hệ thống được thiết kế phù hợp nên cho phép cân bằng nhiệt tự nhiên này đạt trạng thái cân bằng gần. Cân bằng nhiệt cuối cùng và kiểm soát lò phản ứng đạt được bằng cách gia nhiệt và làm mát bổ sung vừa phải.
A properly designed system should allow for this natural thermal balance to be in close equilibrium. The final thermal balance and reactor control is achieved by moderate additional heating and cooling.

- Lò phản ứng được thiết kế để hoạt động gần 250°C (482°F); người ta thường đồng ý rằng nhiệt độ này tối ưu hóa cả động học phân hủy (không quá nhanh, không quá chậm) và giảm thiểu các phản ứng phụ.
Reactors are designed to operate close to 250°C (482°F); it is generally agreed that this temperature optimises both the kinetics of decomposition (not too fast, not too slow), and a minimum of side reactions.

- Lý tưởng nhất, nhiệt độ và mức nên được kiểm soát và ổn định. Trong quá trình này, sự cân bằng khối lượng và cân bằng nhiệt có liên quan với nhau. Việc bổ sung amoni nitrat mới không chỉ làm thay đổi mức mà còn đóng vai trò là chất làm mát. Do hiệu ứng ghép nối này, khó có thể đạt được và duy trì các điều kiện ổn định chính xác ở mức danh định và nhiệt độ danh định. Khả năng cao hơn là lò phản ứng có thể được ổn định tại một số điểm cài đặt với nhiệt độ và mức gần với danh định. Điểm ổn định này có thể dao động nhẹ theo thời gian, tùy thuộc vào nhiệt độ bên ngoài và nồng độ hoặc nhiệt độ của LAN mới.
Ideally, temperature and level should be controlled and stable. In this process, mass and thermal balances are linked. Addition of fresh ammonium nitrate not only varies the level,

but also acts as a cooling agent. Due to this coupled effect, it is difficult to obtain and maintain stable conditions exactly at the nominal level and the nominal temperature. More likely, the reactor can be stabilized at a number of set points with temperatures and levels close to the nominal. This stability point can fluctuate slightly with time, subject to external temperature and the concentration or temperature of fresh LAN.

5.3.2.3. Thiết bị gia nhiệt và làm mát / Heating and cooling equipment

- Thiết bị gia nhiệt có thể là điện gián tiếp hoặc bằng đầu đốt ngọn lửa trực tiếp hoặc gián tiếp. Hệ thống gia nhiệt phải được thiết kế cho cả tải nhiệt cao cần thiết trong quá trình khởi động và tải nhiệt thấp cần thiết cho việc kiểm soát điều biến trong quá trình vận hành trạng thái ổn định. Bộ gia nhiệt quá trình phải được thiết kế để chuyển sang trạng thái an toàn khi có điện trở lại sau khi mất điện.
  Heating equipment can be either indirect electrical or by direct or indirect flame burners. The heating system shall be designed for both the high thermal load required during start-up and for the low thermal load required for modulated control during steady state operations. Process heaters shall be designed to fail into a safe state when power is resumed after a power outage.

- Tùy thuộc vào thiết kế lò phản ứng, có thể có một khe hở giữa lò phản ứng và các bộ phận gia nhiệt, qua đó LAN bị rò rỉ có thể tiếp xúc với các bộ phận gia nhiệt. Khe hở này có thể được bịt kín bằng vật liệu (chẳng hạn như băng nhôm chịu nhiệt độ cao) để ngăn LAN rò rỉ vào các bộ phận gia nhiệt.
  Depending on the reactor design there may be a gap present between the reactor and the heating elements through which a LAN leak can contact the heater elements. This gap can be sealed with material (such as high temperature aluminum tape) to prevent the LAN from leaking into the heater elements.

- Công suất làm mát là cần thiết cho cả việc kiểm soát điều biến nhiệt độ lò phản ứng trong quá trình sản xuất, để dừng sản xuất và cho các tình huống khẩn cấp. Việc làm mát có thể được cung cấp bằng bộ trao đổi nhiệt bên trong (cuộn dây bên trong) hoặc phun nước sạch bên ngoài lên thành lò phản ứng.
  Cooling power is required for both modulated control of reactor temperature during production, for stopping the production and for emergency situations. Cooling can be provided either by internal heat exchanger (internal coils) or external spray of fresh water on the reactor's wall.

- Phải cung cấp một thiết bị làm mát thứ hai để làm mát khẩn cấp. Nếu phát hiện nhiệt độ cao bất thường, thiết bị làm mát phải tự động dập tắt phản ứng. Nguồn cấp nước này phải được thiết kế và kiểm tra thường xuyên để đảm bảo rằng trong trường hợp nguồn cấp nước, khí điều khiển và/hoặc điện bị hỏng, nước làm mát khẩn cấp vẫn hoạt động.
  A second cooling device shall be provided for emergency cooling. Should an abnormally high temperature be detected the cooling device shall automatically quench the reaction. This water supply shall be designed and frequently checked to ensure that in the event of a breakdown of the supply of water, instrument air and/or power, the emergency cooling water is still operational.

- Các yếu tố thiết kế của hệ thống nước làm mát khẩn cấp nên bao gồm:
  Design elements of the emergency cooling water system should include:

  - nguồn cấp nước làm mát tách biệt với nguồn cấp nước chính (ví dụ: bồn cấp liệu bằng trọng lực);
    a cooling water supply separate from the main water supply (for example, gravity fed tank);
  - áp suất dự phòng bằng nitơ hoặc khí điều khiển;
    backup pressure by nitrogen or instrument air;
  - van khóa mở nếu được trang bị van cách ly;
    locked open valves if equipped with isolation valves;
  - khóa liên động hoặc kiểm soát hành chính để đảm bảo có đủ nước trong bồn trước khi khởi động lò phản ứng; và
    interlock or administrative control to ensure that there is adequate water in the tank before starting the reactor; and
  - Nếu bồn được điều áp bằng nitơ hoặc khí điều khiển, phải có khóa liên động hoặc kiểm soát hành chính để đảm bảo có đủ áp suất để cấp liệu cho bồn trước khi khởi động lò phản ứng.
    If the tank is pressurized by nitrogen or instrument air, an interlock or administrative control to ensure that there is adequate pressure to feed the tank before starting the reactor.

- Sau khi bảo trì, phải cẩn thận để đưa bất kỳ van cách ly nào trở lại trạng thái khóa mở trước khi vận hành lò phản ứng.
  Following maintenance, care shall be taken to return any isolation valves to their locked open state before reactor operation.

5.3.2.4. Đo lường nhiệt độ / Temperature measurements

- Các chỉ báo nhiệt độ được đặt trên bảng điều khiển và cho biết nhiệt độ trong khối amoni nitrat trong lò phản ứng. Phải cung cấp ít nhất hai cảm biến độc lập để tăng độ tin cậy và tránh lỗi chế độ chung. Các cảm biến nhiệt độ tương ứng nên được nhúng vào khối LAN và kết nối với hệ thống kiểm soát nhiệt độ.
  Temperature indicators are located on the control board and indicate the temperature in the ammonium nitrate mass in the reactor. At least two independent sensors shall be provided to increase reliability and to avoid common mode failure. The corresponding temperature sensors should be immersed in the bulk LAN and connected to the temperature control system.

- Cảm biến được lựa chọn tùy theo cách chúng được sử dụng. Độ chính xác, độ tin cậy và độ nhạy là quan trọng, nếu tín hiệu được sử dụng để điều chỉnh quá trình. Hệ thống kiểm soát nhiệt độ phải đáng tin cậy và được bảo vệ khỏi sự dao động của nguồn điện.
  Sensors are selected according to how they are used. Accuracy, reliability and sensitivity are important, if the signal is to be used for the process regulation. The temperature control system shall be reliable and protected from electrical power fluctuation.

5.3.2.5. Kiểm soát và xả áp / Pressure control and release

- Lò phản ứng phải được thiết kế để vận hành ở áp suất cao hơn áp suất khí quyển một chút. Trong điều kiện bất thường, lò phản ứng có thể xảy ra phản ứng mất kiểm soát, dẫn đến một sự cố thảm khốc. Do đó, lò phản ứng phải được trang bị các thiết bị giảm áp suất thích hợp (PRD) được thiết kế cho các điều kiện quá trình, bao gồm đĩa nổ và/hoặc thiết bị an toàn quá áp thủy lực.
  Reactors shall be designed to be operated slightly above atmospheric pressure. In upset conditions the reactor can have a runaway reaction which could lead to catastrophic failure. Consequently reactors shall be equipped with appropriate pressure relief devices (PRDs) designed for the process conditions, including bursting disk and / or hydraulic overpressure safety device.

- Diện tích tối thiểu của hệ thống giảm áp phải là 0.0527 in²/lbm (75 mm²/kg). Đối với các lò phản ứng mới, nên sử dụng diện tích ít nhất là 0.1055 in²/lbm (150 mm²/kg). Diện tích này có thể được chia giữa thiết bị an toàn quá áp thủy lực và đĩa nổ.
  The minimum relief system area shall be 0.0527 in2/lbm (75 mm²/kg). For new reactors, an area of at least 0.1055 in2/lbm (150 mm²/kg) should be used. This area can be split between hydraulic overpressure safety device and bursting disc.

- LƯU Ý Dữ liệu thực nghiệm cho thấy rằng với diện tích mặt cắt ngang của hệ thống giảm áp nhỏ hơn 0.0352 in²/lbm (50 mm²/kg) dung lương amoni nitrat trong lò phản ứng, lò phản ứng có khả năng nổ trong trường hợp xảy ra phản ứng mất kiểm soát.
  NOTE Experimental data suggests that with a relief system cross sectional area of less than 0.0352 in2/lbm (50 mm²/kg) ammonium nitrate capacity in the reactor, a reactor rupture is likely in the event of a runaway reaction.

- Đối với các lò phản ứng được trang bị thiết bị an toàn quá áp thủy lực không có dòng liên tục và quá dòng, mức và mật độ của nước phải được theo dõi để duy trì áp suất giảm áp thích hợp.
  For reactors equipped with a hydraulic overpressure safety device without continuous flow and overflow, the level and density of the water should be monitored to maintain the proper relief pressure.

- Việc giám sát quá trình dựa trên áp suất cũng có thể được sử dụng thay vì giám sát nhiệt độ. Trong trường hợp này, sự dao động áp suất được đo lường và chúng có thể được tương quan với sự tiến triển nhiệt của lò phản ứng.
  Process monitoring based on pressure can also be used instead of temperature monitoring. In this case pressure fluctuations are measured and these can be correlated with reactor thermal evolution.

- Các PRD của lò phản ứng có thể xả một lương đáng kể hơi nước nóng và amoni nitrat lỏng và phải được thiết kế để xả đến một vị trí an toàn. Phải chú ý đến chiều dài của ống xả để đảm bảo rằng sự giảm áp không giới hạn khối lượng giảm đi

từ lò phản ứng.
Reactor PRDs can vent significant quantities of hot steam and liquid ammonium nitrate and shall be designed to vent to a safe location. Attention shall be given to the length of the vent pipe to ensure that the pressure drop does not limit the mass relieved from the reactor.

5.3.2.6. Gián đoạn phản ứng / Reaction interruption

- Phản ứng có thể cần phải bị gián đoạn vì các lý do sau:
  The reaction may need to be interrupted for the following reasons:
  - tạm thời để ở chế độ chờ (ví dụ: cuối tuần hoặc ban đêm);
    temporarily for stand-by mode (for example, week-end or at night);
  - ngừng hoạt động hoàn toàn để bảo trì hoặc vệ sinh; hoặc.
    complete shutdown for maintenance or cleaning; or.
  - ngay lập tức trong trường hợp khẩn cấp.
    immediately for an emergency.
- Quy trình thông thường trong các hoạt động gián đoạn là tạm thời dừng phản ứng bằng cách giảm nhiệt độ của amoni nitrat trong lò phản ứng xuống mức mà phản ứng không thể tự phát khởi động lại. Thao tác này phải được thực hiện một cách thận trọng. Vì động học phản ứng tăng gấp đôi gần như với mỗi lần tăng nhiệt độ 10°C (50 °F), một phản ứng dường như đã dừng có thể khởi động lại sau 45 đến 60 phút. Do đó, điều rất quan trọng là trong suốt quy trình này, các thao tác phải được giám sát liên tục cho đến khi xác nhận việc gián đoạn phản ứng dứt khoát đã được xác định (dưới 180°C (356°F)). Để tránh sự kết tinh của amoni nitrat, nhiệt độ trong lò phản ứng không nên giảm xuống dưới 160 °C (320°F).
  The normal procedure in discontinuous operations is to stop the reaction temporarily by decreasing the temperature of ammonium nitrate in the reactor to a level under which the reaction cannot spontaneously restart. This operation shall be carried out with caution. Since the reaction kinetics are roughly doubling with each 10°C(50 °F) temperature increment, a reaction seemingly stopped, can restart after 45 to 60 minutes. It is consequently very important that during this procedure the operations are under constant surveillance until confirmation of the definite interruption of the reaction has been ascertained (below 180°C (356°F)). To avoid crystallization of ammonium nitrate the temperature in the reactor should not decrease below 160 °C (320°F).
- Trong suốt thao tác này cũng như trong thời gian chờ, tất cả các hệ thống an toàn phải duy trì hoạt động.
  During this operation as well as during the stand-by period, all the safety systems shall remain operational.
- Việc khởi động lại lò phản ứng sau khi chờ là một hoạt động có rủi ro cao hơn đối với vận hành lò phản ứng. Điều đặc biệt quan trọng là quy trình phải giải quyết các rủi ro cao hơn này để ngăn chặn phản ứng mất kiểm soát.
  Restart of the reactor after stand by is a higher risk activity for reactor operation. It is particularly important that the procedure addresses these higher risks to prevent an out of control reaction.
- Khi lò phản ứng ở chế độ chờ trong thời gian dưới khoảng 48 giờ, nhiệt độ bên trong lò phản ứng phải được giữ dưới 180°C (356°F). Bất kỳ sự tăng nhiệt độ nào trong lò phản ứng trong thời gian chờ, ví dụ, ở 190 °C (374 °F), nên kích hoạt báo động và dập tắt phản ứng.
  When the reactor is in a stand-by mode for less than approximately 48 hours, the temperature within the reactor shall be kept below 180°C (356°F). Any increase in reactor temperature during stand by, e.g., at 190 °C (374 °F), should trigger an alarm and quench the reaction.
- Khi lò phản ứng ở chế độ chờ trong thời gian dài hơn, nước và amoniac bay hơi và nồng độ amoni nitrat tăng lên. Phải có các quy trình kiểm soát nhiệt độ, mức và nồng độ chất nóng chảy của lò phản ứng trong thời gian chờ và trước khi khởi động lại lò phản ứng. Mức thấp trong lò phản ứng có thể gây ra kết quả đọc nhiệt độ sai nếu các cặp nhiệt điện không còn ngập trong amoni nitrat, điều này có thể dẫn đến quá nhiệt.
  When the reactor remains in a stand-by position for a longer period, water and ammonia evaporate and ammonium nitrate concentration increases. There shall be procedures for controlling reactor temperature, level and melter concentration during stand-by and before restarting the reactor. A low level in the reactor can cause an erroneous temperature reading if the thermocouples are no longer immersed in the ammonium nitrate, which can

lead to overheating.

- Khi lò phản ứng ngừng hoạt động hoàn toàn, ví dụ để bảo trì, lò phản ứng và hệ thống đường ống phải được làm sạch bằng nước hoặc hơi nước.
  When the reactor is completely stopped for example for maintenance, the reactor and piping system shall be cleaned with water or steam.

- Khi lò phản ứng được khởi động lại sau khi ngừng hoạt động hoàn toàn, mức amoni nitrat phải được thiết lập lại. Sau đó, lò phản ứng phải được làm nóng từ từ để tránh các điểm nóng bên trong lò phản ứng và các thiết bị khác. Trong trường hợp amoni nitrat kết tinh trong lò phản ứng, phải yêu cầu gia nhiệt rất chậm theo các quy trình đã được lập thành văn bản.
  When the reactor is restarted after a complete shut-down, the ammonium nitrate level has to be re- established. Then the reactor has to be slowly warmed-up in order to avoid hot points inside the reactor and other equipment. In case of crystallized ammonium nitrate in the reactor a very slow heating shall be required according to documented procedures.

5.3.3. *Thiết bị ngưng tụ / Condenser*

- Khí thoát ra khỏi lò phản ứng bão hòa hơi nước và đi qua bộ ngưng tụ để loại bỏ nước.
  The gas leaving the reactor is saturated with water and passes through a condenser for removal of the water.

- Nước ngưng tụ chứa amoni nitrat và axit nitric và có thể được tái sử dụng. Nó nên được tinh chế trước khi xả, theo quy định của địa phương.
  The condensed water contains ammonium nitrate and nitric acid and can be reused. It should be purified before discharge, according to local regulations.

5.3.4. *Tháp tinh chế / Purification towers*

- Khí thoát ra khỏi thiết bị ngưng tụ chứa các tạp chất được tạo ra do sự phân hủy của amoni nitrat. Việc tinh chế được thực hiện trong các tháp hấp thụ bằng cách rửa khí bằng các dung dịch hóa chất được tuần hoàn lại bằng bơm trong một mạch kín.
  The gas leaving the condenser contains impurities produced by decomposition of the ammonium nitrate. The purification is carried out in absorption towers by washing the gas with chemical solutions re- circulated by pumps in a closed circuit.

- Các tháp tinh chế nên được trang bị hệ thống ngừng hoạt động để dừng phản ứng, nếu:
  The purification towers should be fitted with shutdown to stop the reaction, if there is;

  - không có dòng lỏng tinh chế trong tháp; hoặc
    no flow of purification liquid in any tower; or
  - không có dòng khí nitơ oxit đi qua và/hoặc áp suất trong các tháp tinh chế.
    no nitrous oxide gas flow through and / or pressure in the purification towers.

- Việc thao tác cả hóa chất lượng lớn và dung dịch phải được thực hiện theo một quy trình. Do thực tế đây là các chất hóa học có thể gây bỏng nặng, việc chuẩn bị dung dịch chỉ được thực hiện bởi nhân viên đã được đào tạo. Nhân viên thao tác hóa chất phải mặc thiết bị bảo hộ cá nhân (PPE) được quy định.
  The handling of both bulk chemicals and their solutions shall be carried out following a procedure. Due to the fact that these are chemical substances, which can cause severe burns, the preparation of the solutions shall only be performed by trained personnel. Personnel handling chemicals shall wear specified personal protective equipment(PPE).

- Một hệ thống ngăn chặn thứ cấp phải được cung cấp để ngăn chặn sự cố tràn hoặc rò rỉ xâm nhập vào hệ thống thoát nước hở trong hệ thống tồn chứa hóa chất lượng lớn và dung dịch. Chúng phải được tồn chứa trong khu vực khô ráo, có mái che, thông gió xác định, cách xa cống thoát nước hở và cách xa amoni nitrat.
  The storage of the bulk chemicals and solutions shall be provided with secondary containment to prevent spillage or leakage from entering open drain systems. They shall be stored in a defined covered dry and ventilated area, away from any open drains and away from ammonium nitrate.

- Các hóa chất điển hình được sử dụng trong quá trình tinh chế bao gồm:
  Typical chemicals used in the purification include:

  - axit sulfuric;
    sulfuric acid;
  - natri hydroxit (rắn hoặc lỏng);
    sodium hydroxide (solid or liquid);
  - kali permanganat; và
    potassium permanganate; and

- nước uống được để chuẩn bị dung dịch.
  potable water to prepare solutions.

5.3.5. *Bồn chứa khí / Gasholder*

– Bồn chứa khí, nếu được sử dụng, có thể là bình chứa khí (chuông kín nước) hoặc túi khí (bóng bay). Nó hoạt động như một bộ bù cho sự thay đổi giữa lượng khí sản xuất từ lò phản ứng và lượng khí tiêu thụ bởi máy nén nhằm đảm bảo dòng khí ổn định đến máy nén.
The gasholder if used can be either a gasometer (water sealed bell) or a gas bag (balloon). It acts as a compensator for the variations between the gas production from the reactor and the consumption by the compressor in order to ensure a constant gas flow to the compressor.

– Bồn chứa khí phải tương thích với nitơ oxit ở áp suất thiết kế. Xem 5.2 của AIGA 081 [6] Bồn chứa khí nên có:
The gasholder should be compatible with nitrous oxide at the design pressure. See 5.2 of AIGA 081 [6] The gasholder should have:

- cảm biến mức thấp và/hoặc cảm biến áp suất thấp để dừng hoặc đấu tắt (by-pass) đến máy nén; và.
  low level sensor and/or low pressure sensor to stop or by-pass to the compressor; and.
- cảm biến mức cao và/hoặc cảm biến đường áp suất cao để cho phép người vận hành thực hiện hành động thích hợp nhằm ngăn chặn khí dư xả ra ngoài.
  high level sensor and/or high pressure line sensor to allow the operator to take appropriate action to prevent excess gas from venting.

5.3.6. *Máy nén / Compressor*

– Sản phẩm được cấp vào máy nén trực tiếp hoặc từ bồn chứa khí (nếu có). Các yêu cầu đối với máy nén là:
Product is fed to the compressor either directly or from the gas holder, (if any). The requirements for the compressors are:

- Lọc (loại lưới lọc, tấm tách sương, lưới, v.v.) ở phía đầu vào của máy nén để loại bỏ hạt tạp chất;
  Filtration (strainer type, demister pad, mesh, etc.) at the inlet side of the compressor for removal of particles;
- Đối với các bộ phận trong máy nén mà nitơ oxit không thể tiếp xúc, có thể sử dụng dầu thông thường để bôi trơn; đối với các bộ phận có thể tiếp xúc, phải sử dụng phương pháp chạy khô hoặc bôi trơn bằng nước để tránh cháy nổ hoặc nhiễm bẩn đối với nitơ oxit cấp y tế. Tất cả các bộ phận của máy nén tiếp xúc với nitơ oxit, dù bên trong hay bên ngoài, phải không ở nhiệt độ vượt quá các giá trị được khuyến nghị trong mục 4.2.3.1 của AIGA 081 [6].
  For parts in the compressor where contact with nitrous oxide is not possible, conventional oil may be used for lubrication; for parts where contact is possible, dry running or water lubrication shall be used to avoid explosion or contamination for medical grade nitrous oxide. All compressor components in contact with nitrous oxide, either internal or external, shall not be at the temperature exceeding the values recommended in 4.2.3.1 of AIGA 081 [6].
- Phải tránh mọi sự tiếp xúc giữa nitơ oxit và chất bôi trơn hydrocarbon;
  Any contact between nitrous oxide and hydrocarbon lubricants shall be avoided;
- Thiết bị giảm áp phải xả ra môi trường ngoài trời thông thoáng và phải được cài đặt ở áp suất và công suất lưu lượng thích hợp như quy định trong thiết kế;
  Pressure relief devices shall discharge to a ventilated outdoor environment and shall be set to appropriate pressure and flow capacity as specified in the design;
- Mỗi tầng xả của máy nén nên được trang bị một cảm biến nhiệt độ;
  Each discharge stage of the compressor should be equipped with a temperature sensor;
- Hệ thống điều khiển máy nén phải được thiết kế để ngăn ngừa chân không trong bồn chứa khí hoặc đầu vào máy nén; và
  Compressor controls shall be designed to prevent a vacuum in the gasholder or compressor inlet; and
- Hệ thống máy nén bôi trơn bằng dầu phải được thiết kế sao cho dầu không thể đi đến bộ phận sấy (vì nguy cơ cháy nổ cao).
  Oil lubricated compressor systems shall be designed such that oil cannot reach the drying unit (because of high explosion risk).

– Máy nén nên được thiết kế theo AIGA 048, Máy nén Piston dùng cho Dịch vụ Oxy, có xem xét sự khác biệt về tính chất, tính tương thích vật liệu và rủi ro giữa oxy và nitơ oxit

[10].
Compressors should be designed according to AIGA 048, Reciprocating Compressors for Oxygen Service, considering the differences in properties, material compatibility and risks between oxygen and nitrous oxide [10].

5.3.7. *Bộ sấy / Drying unit*

- Bộ sấy loại bỏ hơi nước khỏi khí nén bằng phương pháp hấp phụ. Bộ phận này chứa hai hoặc nhiều bộ hấp phụ chứa đầy alumina, silica gel hoặc sàng phân tử để vận hành liên tục hoặc một bộ phận đơn lẻ nếu chạy ở chế độ mẻ. Các bộ hấp phụ được kết nối theo bố trí song song cho phép vận hành liên tục, với một đường ở chế độ hấp phụ và đường kia ở chế độ tái sinh.
  The drying unit removes water vapour from the compressed gas by adsorption. The unit contains two or more adsorbers filled with alumina, silica-gel or molecular sieve for continuous operations or a single unit if run in a batch mode. The adsorbers are connected in a parallel arrangement allowing continuous operation, with one line in adsorption mode and the other in regeneration mode.
- Để tái sinh, bộ hấp phụ phải được giảm áp; khí được trả lại bồn chứa khí hoặc nên được sử dụng. Tái sinh được thực hiện bằng khí nóng không chứa hydrocarbon.
  For regeneration the adsorber shall be depressurised; the gas is returned to the gasholder or should be used. Regeneration is accomplished by means of hot hydrocarbon-free gas.
- Các yêu cầu đối với bộ sấy là:
  The requirements for the drying units are:
  - Khi sử dụng bộ phận sấy có chất hấp phụ rắn, phải cẩn thận để tránh đưa nitơ oxit vào ở nhiệt độ cao hơn 150°C (302°F). Nên có hệ thống khóa liên động nhiệt độ và/hoặc cảnh báo ngoài quy trình bằng văn bản. Cần đặc biệt cẩn thận với các bộ gia nhiệt bên trong trong các bộ hấp phụ;
    When using a drying unit with a solid adsorbent, care shall be taken to avoid introducing nitrous oxide at temperatures higher than 150°C (302°F). A temperature interlock and/or alarm system is recommended in addition to a written procedure. Particular care should be taken with internal heaters in the adsorbers;
  - Không tái sinh hoặc làm mát máy sấy bằng khí nén bị nhiễm dầu;
    Never regenerate or cool the dryer with oil contaminated pressurised gas;
  - Tránh dòng chảy ngược của nitơ oxit vào bộ gia nhiệt nóng;
    Avoid any backflow of nitrous oxide into the hot heater;
  - Van giảm áp được định cỡ theo lưu lượng yêu cầu tối đa;
    Pressure relief valves sized according to the maximum required flow rate;
  - Bộ lọc ở phía đầu ra; và
    Filter at the outlet side; and
  - Phân tích sản phẩm sau bộ phận sấy để kiểm tra độ ẩm.
    Analyse the product after the drying unit for moisture.
- Một phương pháp khác là sử dụng bộ phận sấy không dùng nhiệt, sử dụng nitơ oxit làm khí tái sinh. Nitơ oxit sau đó được trả lại bồn chứa khí hoặc đầu vào của máy nén.
  Another method is to use a heat free drying unit which utilizes nitrous oxide as the regeneration gas. The nitrous oxide is then returned to the gasholder or the inlet of the compressor (s).

5.3.8. *Hóa lỏng và tồn chứa áp suất / Liquefaction and pressure storage*

- Nitơ oxit được làm lạnh và ngưng tụ bằng nước hoặc chất làm lạnh không cháy khác và sau đó được tồn chứa trong các bồn áp suất. Trong trường hợp sử dụng chất làm lạnh, phải cẩn thận để tránh nhiễm bẩn nitơ oxit.
  Nitrous oxide is cooled and condensed by water or other non-flammable refrigerant and then stored in pressure tanks. In case of using a refrigerant, care shall be taken to avoid contamination of nitrous oxide.

5.3.8.1. *Tồn chứa áp suất cao (môi trường xung quanh) / High pressure storage (ambient)*

- Đối với tồn chứa áp suất cao, nitơ oxit được hóa lỏng bằng cách làm lạnh bằng nước (10°C đến 15°C (50°F đến 59°F)) và được tồn chứa ở nhiệt độ môi trường xung quanh và áp suất từ 45 bar đến 55 bar (652 đến 797 psi). Trong hầu hết các trường hợp, loại tồn chứa này là tồn chứa trung gian trước khi chuyển sang bồn áp suất thấp.
  For high pressure storage, the nitrous oxide is liquefied by water cooling (10°C to 15°C (50°F to 59°F)) and stored at ambient temperature and pressure between 45 bar and 55 bar (652 to 797 psi). In most cases, this type of storage is an intermediate storage prior to

transfer to a low pressure tank.

- Các yêu cầu đối với tồn chứa áp suất cao (môi trường xung quanh) là:
  The requirements for high pressure storage, (ambient) are:
  - cảnh báo áp suất cao và cảnh báo ngắt trên các bồn tồn chứa trung gian (nếu không được lắp đặt tại máy nén) để ngắt máy nén;
    high-pressure alarm and shut off alarm on intermediate storage tanks (if not installed at the compressor) to shut down the compressor;
  - van giảm áp được định cỡ theo công suất lưu lượng của máy nén; và
    pressure relief valves sized according to the compressor's flow rate capacity; and
  - phương pháp đo hàm lượng sản phẩm bằng mức hoặc trọng lượng.
    method to measure product content by level or weight.

5.3.8.2. *Tồn chứa áp suất thấp (làm lạnh) / Low pressure storage (refrigerated)*

- Việc hóa lỏng và tồn chứa áp suất thấp là một lựa chọn an toàn hơn so với tồn chứa áp suất cao do tính chất của nitơ oxit và khối lượng lớn liên quan.
  Low-pressure liquefaction and storage is a safer option than high pressure storage because of the properties of nitrous oxide and the large volumes involved.
- Đối với tồn chứa áp suất thấp, nitơ oxit được hóa lỏng bằng chất làm lạnh đến nhiệt độ giữa –20°C và –30°C (-4°F và -22 °F) và được tồn chứa dưới áp suất từ 15 bar đến 20 bar (217.5 psi và 290 psi) trong một bồn cách nhiệt. Để biết thêm thông tin, xem AIGA 082 [6].
  For low pressure storage, the nitrous oxide is liquefied by a refrigerant to temperatures between –20°C and –30°C (-4°F and -22 °F) and stored under pressure between 15 bar and 20 bar (217.5 psi and 290 psi) in an insulated tank. For additional information see AIGA 082 [6].
- Một quy trình thay thế để chuyển nitơ oxit sang tồn chứa áp suất thấp là lấy sản phẩm từ tồn chứa áp suất cao trung gian và cho nó đi qua van tiết lưu.
  An alternative process for transferring nitrous oxide to low pressure storage is to remove product from the intermediate high pressure storage and pass it through an expansion valve.
- Các yêu cầu đối với tồn chứa áp suất thấp (làm lạnh) là:
  The requirements for low pressure storage (refrigerated) are:
  - Đối với các bồn không cách nhiệt chân không: Cuộn dây làm lạnh bên trong vận hành bằng chất làm lạnh để duy trì nitơ oxit ở dạng khí hóa lỏng.
    For non-vacuum insulated tanks: Internal cooling coil operated with refrigerant to maintain nitrous oxide as a liquefied gas.
  - Tránh môi chất lạnh tiếp xúc với sản phẩm.
    Avoid the refrigerant coming into contact with the product.
  - Van giảm áp được định cỡ theo công suất lưu lượng tối đa của máy nén, sự mất cách nhiệt, hoặc hỏa hoạn bên ngoài;
    Pressure relief valves sized according to the maximum compressor's flow rate capacity loss of insulation, or external fire ;
  - Phương pháp đo hàm lượng sản phẩm, bằng mức hoặc trọng lượng.
    Method to measure product content, by level or weight.

6. Kiểm tra và bảo trì định kỳ / Periodic inspection and maintenance

6.1. Tổng quan / *General*

- Việc kiểm tra và bảo trì định kỳ được yêu cầu để đảm bảo hệ thống được bảo quản tốt và giữ trong điều kiện an toàn. Trách nhiệm kiểm tra, bảo trì và sửa chữa phải được thiết lập giữa nhà sản xuất thiết bị gốc, người sử dụng và nếu cần thiết, với cơ quan chức năng địa phương. Việc kiểm tra và bảo trì thiết bị thường xuyên nên được thực hiện theo kế hoạch và được ghi lại.
  Periodic inspection and maintenance are required to ensure that the installation is well preserved and kept in safe condition. The responsibility for the inspection, maintenance and repair shall be established between the original equipment manufacturer, the user and if necessary with the local authorities. Routine inspection and maintenance of equipment should be carried out on a planned basis and be recorded.
- Địa điểm sản xuất phải được kiểm tra thường xuyên để đảm bảo nó được duy trì trong điều kiện thích hợp và khoảng cách an toàn được quy định ban đầu luôn được duy trì.
  The production site shall be inspected regularly to ensure that it is maintained in a proper condition and that safety distances originally specified are always maintained.
- Hồ sơ lắp đặt phải được giữ tại chỗ. Hồ sơ này có thể bao gồm những điều sau, phù hợp với các

yêu cầu quy định của địa phương:
An installation dossier shall be kept on site. This dossier may include the following, in accordance with local regulatory requirements:

- sơ đồ quy trình và thiết bị đo
  process and instrumentation diagrams;
- hồ sơ bình chịu áp lực hoặc bồn; và
  pressure vessel or tank dossiers; and
- hướng dẫn vận hành và bảo trì.
  operating and maintenance instructions.

– Việc bảo trì phải bao gồm, nhưng không giới hạn ở những điều sau;
Maintenance shall include, but not be limited to the following;

- kiểm tra tình trạng của lò nấu chảy và lò phản ứng, chú ý đến khả năng ăn mòn. Cả lò phản ứng và lò nấu chảy đều có tuổi thọ giới hạn do ăn mòn;
  checking the condition of the melter and reactor, with attention to potential corrosion. Both the reactor and the melter have limited life spans due to corrosion;
- kiểm tra tình trạng của máy nén, bình chịu áp lực, đường ống và phụ kiện;
  checking the condition of the compressor, pressure vessels, piping, and accessories;
- kiểm tra xem tất cả các vòng điều khiển và chức năng an toàn được trang bị thiết bị đo đạc, đặc biệt đối với máy bơm, có được kiểm tra định kỳ về chức năng hoạt động thích hợp hay không;
  checking that all control loops and safety-instrumented functions, in particular for pumps, are tested periodically for proper functionality;
- kiểm tra khả năng vận hành của các van;
  checking the operability of the valves;
- sửa chữa nhỏ, ví dụ, thay thế gioăng;
  minor repairs, for example, changing of seals;
- vệ sinh; và
  cleaning; and
- kiểm tra hệ thống nước làm mát khẩn cấp của lò phản ứng.
  checking of the reactor emergency cooling water system.

– Việc kiểm tra, bảo trì và sửa chữa phải chỉ được thực hiện bởi nhân sự được đào tạo cho các nhiệm vụ đó.
Inspection, maintenance and repairs shall only be carried out by personnel trained for the tasks.

– Thiết bị phải không được ngừng hoạt động để sửa chữa cho đến khi tất cả áp suất đã được xả. Bất kỳ rò rỉ nào phải được khắc phục kịp thời và an toàn. Chỉ nên sử dụng phụ tùng thay thế gốc. Nếu điều này không thể thực hiện được, sự phù hợp của phụ tùng thay thế phải được phê duyệt bởi người có thẩm quyền.
Equipment shall not be taken out of service for repair until all pressure has been released. Any leakage shall be rectified promptly and in a safe manner. Only original spare parts should be used. If this is not possible the suitability of the spare part shall be approved by a competent person.

– Việc bảo trì và lắp ráp thiết bị phải được thực hiện trong điều kiện sạch sẽ, không dính dầu. Tất cả các dụng cụ và quần áo bảo hộ (như quần áo bảo hộ lao động, găng tay và giày dép) phải sạch sẽ và không dính mỡ và dầu. Tất cả các thiết bị tiếp xúc với nitơ oxit phải phù hợp với oxy, được làm sạch, kiểm tra và dán nhãn là đã được làm sạch cho oxy.
The maintenance and assembly of equipment shall be carried out in clean, oil free conditions. All tools and protective clothing (such as overalls, gloves and footwear) shall be clean and free of grease and oil. All equipment in contact with nitrous oxide shall be suitable for oxygen service, be cleaned, inspected, and labeled as cleaned for oxygen service.

– Các hệ thống kiểm soát an toàn quan trọng nên được xác định, quản lý và duy trì trong tình trạng hoạt động tốt theo AIGA 099, Hướng dẫn Quản lý An toàn Quy trình, “Yếu tố 16 – quản lý các thiết bị quan trọng về an toàn” [11].
Critical safety control systems should be identified, managed, and maintained in proper working order according to AIGA 099, Guideline for Process Safety Management, “Element 16 – management of safety critical devices” [11].

6.2. Thiết bị giảm áp / Pressure relief devices

– Việc kiểm tra trực quan thường xuyên các thiết bị giảm áp phải được thực hiện trong quá trình vận hành bình thường.
Regular visual inspections of the pressure relief devices shall be carried out during normal operation.

- Phải thực hiện thử nghiệm định kỳ đối với mỗi van giảm áp để chứng minh khả năng hoạt động của nó trong một khoảng thời gian phục vụ tiếp theo. Các van giảm áp nên được kiểm tra theo EIGA Doc 24 *Thiết bị Bảo vệ Áp suất Hệ thống Bồn Tồn Chứa Siêu Lạnh Cách nhiệt Chân không* ở Châu Âu trừ khi các quy định quốc gia yêu cầu các yêu cầu nghiêm ngặt hơn[12]. Các yêu cầu của *Bộ luật Kiểm tra Quốc gia* (NBIC), U.S. DOT và Transport Canada (TC) được áp dụng ở Bắc Mỹ[13].
  A periodic test of each relief valve shall be carried out to demonstrate its fitness for a further period of service. Pressure relief valves should be tested in accordance with EIGA Doc 24 Vacuum Insulated Cryogenic Storage Tank Systems Pressure Protection Devices in Europe unless national regulations dictate more stringent requirements[12]. The requirements of National Board of Inspection Code (NBIC), U.S. DOT, and Transport Canada (TC) apply in North America[13].

- Các bộ phận đĩa nổ có thể bị xuống cấp theo thời gian dẫn đến việc định mức giảm áp của chúng bị giảm. Do đó, có thể cần phải định kỳ thay thế các thành phần đĩa theo hướng dẫn của nhà sản xuất.
  Bursting disc elements can deteriorate with time resulting in their relief pressure rating being reduced. It can therefore be necessary to periodically replace disc elements per manufacturer guidance.

- Trường hợp van chặn được lắp đặt ở phía trước các thiết bị giảm áp để cho phép kiểm tra khi hệ thống đang hoạt động, các hệ thống khóa và quy trình vận hành cụ thể phải tồn tại để đảm bảo rằng các thiết bị an toàn không bị cô lập sau khi thử nghiệm. Ít nhất một thiết bị an toàn phải được giữ ở trạng thái hoạt động trong quá trình thử nghiệm thiết bị thứ hai.
  Where block valves are installed upstream of pressure relief devices to allow their inspection with the system in operation, specific locking systems and operational procedures shall exist to assure that the safety devices are not isolated after the testing. At least one safety device shall be kept in operation during the testing of the second one.

6.3. Thử nghiệm hệ thống nước làm mát khẩn cấp phản ứng / *Reaction emergency cooling water system testing*

- Các cuộn ống của hệ thống nước làm mát có thể bị bẩn do rò rỉ nước với khối lượng nhỏ qua hệ thống làm mát. Chế độ bám bẩn này có thể được giảm thiểu bằng cách theo dõi rò rỉ van nước chính khi van chính ở trạng thái đóng.
  Cooling water system coils can become fouled by small volume leakage of water through the cooling system. This mode of fouling can be mitigated by monitoring for main water valve leakage when the main valve is in the closed state.

- Các ví dụ về việc ngăn ngừa hoặc giám sát là:
  Examples of preventing or monitoring are:

  - Sử dụng nước tinh khiết;
    Using purified water;
  - Xả nitơ sau khi can thiệp bằng nước;
    Flushing nitrogen after water intervention;
  - Lắp đặt một khớp nối chữ T có van trên đường cấp nước làm mát. Van được mở khi hệ thống không hoạt động và được theo dõi rò rỉ; và
    Installing a tee with a valve in the cooling supply line. The valve is opened when the system is not in operation and monitored for leaks; and
  - Giám sát hơi nước hoặc nước tại đầu ra nước làm mát.
    Monitoring for steam or water at the cooling water outlet.

- Cần phải thử nghiệm hàng năm hệ thống nước làm mát khẩn cấp lò phản ứng để đảm bảo dập tắt phản ứng khi cần thiết. Các quy định địa phương có thể yêu cầu thử nghiệm thường xuyên hơn.
  An annual test of the reactor emergency water colling system is required to ensure quenching of the reaction when necessary. Local regulations may require more frequent testing.

- Nên thực hiện một thử nghiệm cơ sở để đo thời gian cần thiết để giảm nhiệt độ lò phản ứng từ 250 °C xuống 200 °C (482 °F xuống 392 °F) hoặc theo yêu cầu quy định của địa phương. Thời gian cơ sở này có thể được so sánh với thời gian được ghi lại trong quá trình thử nghiệm định kỳ. Sự gia tăng thời gian làm mát là dấu hiệu cho thấy hệ thống làm mát bị xuống cấp, cần phải điều tra.
  A baseline test should be performed that measures the time it takes to reduce the reactor temperature from 250 °C down to 200 °C (482 °F down to 392 °F) or to local regulatory requirements. This baseline time can be compared to the time recorded during the periodic test. An increase in cooling time is indicative of deterioration of the cooling system, requiring investigation.

- Đối với các nhà máy hiện có, người ta nhận thấy rằng thời gian cơ sở có thể đã bị suy giảm do đường làm mát bị bám bẩn và có nhiều rủi ro hơn là hiệu suất làm mát có thể không đủ để kiểm

soát phản ứng mất kiểm soát. Do đó, khuyến nghị nên thực hiện kiểm tra trực quan bên trong các cuộn dây làm mát trước khi thử nghiệm cơ sở để đảm bảo rằng các cuộn dây làm mát không bị bám bẩn.
For existing plants, it is recognized that the baseline time may already be degraded due to fouling of the cooling line and there is more risk that the cooling performance may not be sufficient to control a runaway reaction. It is therefore recommended that an internal visual inspection of the cooling coils is performed before baseline testing to ensure that the cooling coils are free of fouling.

- Đối với các hệ thống được trang bị nhiều cuộn làm mát, khuyến nghị nên thử nghiệm từng cuộn dây.
For systems equipped with multiple cooling coils it is recommended that each is tested.

- Khi xác định được sự xuống cấp, phải tiến hành điều tra thêm, chẳng hạn như kiểm tra bên trong bằng ống nội soi (boroscope) để kiểm tra sự bám bẩn của các cuộn làm mát.
When deterioration is identified, further investigation shall be carried out such as internal examination by boroscope to check for fouling of the cooling coils.

6.4. Thiết bị phụ trợ / *Ancillary equipment*

- Thiết bị phụ trợ khác ngoài những thiết bị đã được nêu chi tiết trước đây (bao gồm, nhưng không giới hạn ở: đồng hồ đo mức và bộ truyền mức, đồng hồ đo áp suất và nhiệt độ và bộ truyền, bộ giảm áp) phải được bảo trì theo khuyến nghị của nhà sản xuất thiết bị gốc hoặc các quy tắc quốc gia, tùy theo quy tắc nào nghiêm ngặt hơn.
Ancillary equipment other than previously detailed (including, but not limited to: level gauges and level transmitter, pressure and temperature gauges and transmitters, pressure reducers) shall be maintained in accordance with either original equipment manufacturers' recommendations or national codes, whichever is the more stringent.

6.5. Sửa đổi và thay đổi / *Modifications and changes*

- Không phải thực hiện bất kỳ sửa đổi nào đối với nhà máy, thiết bị, hệ thống kiểm soát, điều kiện quy trình và quy trình vận hành mà không có sự cho phép của người quản lý chịu trách nhiệm hoặc người được ủy quyền của họ.
No modification shall be made to a plant, equipment, control systems, process conditions and operating procedures without authorization from a responsible manager or their delegate.

- Bất kỳ sửa đổi nào phải được thực hiện theo quy chuẩn thiết kế hiện hành; một số sửa đổi có thể yêu cầu tham khảo ý kiến của nhà sản xuất thiết bị gốc.
Any modifications shall be carried out in accordance with the applicable design code; some modifications can require consultation with the original equipment manufacturer.

- Các sửa đổi được đề xuất phải được đánh giá về tác động an toàn, sức khỏe, chất lượng và môi trường và một tài liệu đã ký nên có sẵn trước khi thay đổi có thể được thực hiện. Tài liệu nên được ký lần thứ hai trước khi thiết bị được đưa vào vận hành. AIGA 099 *Quản lý Sự Thay đổi* [14] đưa ra hướng dẫn về cách thực hiện quy trình như vậy và nên được tham khảo ở Châu Á. Quản lý thay đổi được FDA và HC giải quyết ở Bắc Mỹ, ngoài bất kỳ yêu cầu quy định địa phương nào.
Proposed modifications shall be evaluated for safety, health, quality and environmental impact and a signed document should be available before the change can be implemented. The document should be signed for a second time before the equipment is released to become operational. The AIGA 099 Management of Change [14] gives guidance on how to implement such a procedure and should be referred to in Asia. Management of change is addressed by FDA and HC in North America. in addition to any local regulatory requirements..

7. Đào tạo và bảo vệ nhân sự / *Training and protection of personnel*

7.1. Giấy phép làm việc / *Work permit*

- Trước khi bảo trì được thực hiện trên hệ thống lắp đặt, một giấy phép làm việc bằng văn bản cho loại công việc cụ thể (ví dụ: làm việc trên đường ống công nghệ, công việc nóng, vào bên trong bình chứa, công việc điện,) phải được cấp bởi người có thẩm quyền cho (các) cá nhân thực hiện công việc.
Before maintenance is carried out on the installation a written work permit for the particular type of work (for example work on process piping, hot work, entry of vessels, electrical work,) shall be issued by an authorized person to the individual(s) carrying out the work.

- Các khuyến nghị và quy định về giấy phép làm việc được mô tả trong AIGA 011 *Hệ thống Giấy phép Làm việc* [15] cho Châu Á. OSHA Hoa Kỳ và các quy định của Liên bang và tỉnh bang ở Canada giải quyết các yêu cầu về giấy phép làm việc ở Bắc Mỹ.
Recommendations and prescriptions about work permits are described in AIGA 011 Work Permit Systems [15] for Asia. United States OSHA and Federal and provincial regulations in Canada address work permit requirements in North America.

7.2. Vào bên trong bồn chứa / *Entry into vessels*

- Ngoài yêu cầu quy định về không gian hạn chế, các biện pháp phòng ngừa sau đây, nếu có, phải được tuân thủ trước khi vào bất kỳ bình chứa nào, chẳng hạn như bồn tồn chứa:
  In addition to any confined space regulatory requirements the following precautions, as applicable, shall be observed before entering any vessel, such as a storage tank:

  - Xả và thông thổi hoàn toàn bên trong bồn;
    Complete emptying and purging of the tank contents;
  - Đảm bảo bồn bên trong ở nhiệt độ môi trường môi trường trước khi được phép vào;
    Ensure inner tank is approximately at ambient temperature before entry is permitted;
  - Cô lập hoàn toàn các đường ống quy trình khỏi các thiết bị khác có thể vẫn đang hoạt động, bằng cách sử dụng đĩa chặn hoặc ngắt kết nối vật lý;
    Complete isolation of the process lines from other equipment which could still be in service, either by blanking discs or physical disconnection;
  - Phân tích không khí trong bồn tại một số điểm được chọn bằng máy dò khí thích hợp. Có thể cần phải đo không khí thường xuyên hoặc liên tục và lắp đặt hệ thống thông gió cưỡng bức trong khi công việc đang được tiến hành;
    Analysis of the atmosphere in the vessel at several selected points with a suitable gas detector. It could be necessary to measure the atmosphere regularly or continuously and to install forced ventilation while work is in progress;
  - Sự hiện diện của người trực bên ngoài hoặc liền kề với lỗ manhole;
    Presence of standby person (s) outside or adjacent to the access manhole;
  - Sử dụng thiết bị an toàn thích hợp bao gồm, nhưng không giới hạn ở dây đai an toàn, quần áo bảo hộ, bình chữa cháy; và
    Use of appropriate safety equipment including, but not limited to harnesses, protective clothing, fire extinguishers; and
  - Sẵn có thiết bị cứu hộ (bao gồm, nhưng không giới hạn ở dây đai an toàn, thiết bị thở độc lập (SCBA), tời, liên lạc vô tuyến.)
    Availability of rescue equipment (including, but not limited to harnesses, self-contained breathing apparatus(SCBA), winches, radio links.)

- Việc cố gắng giải cứu người bị ảnh hưởng khỏi các bồn chứa hoặc nơi có thể có bầu không khí thiếu oxy chỉ nên được thực hiện bởi những người đang trang bị và được đào tạo về cách sử dụng thiết bị thở và những người quen thuộc với các quy trình vào không gian hạn chế.
  Attempts to rescue affected persons from vessels or where oxygen-deficient atmosphere can be present should be made only by persons who are wearing and trained in the use of breathing apparatus and who are familiar with confined space entry procedures.

- Nạn nhân thường không nhận thức được tình trạng ngạt thở. Các triệu chứng có thể bao gồm khó thở, thở nhanh, mất ý thức, ho, không thể nói và mặt hoặc môi bị đổi màu. Nếu bất kỳ điều nào trong số này xuất hiện trong các tình huống có thể xảy ra ngạt thở và thiết bị thở không được sử dụng, di chuyển người bị ảnh hưởng ngay lập tức đến không khí trong lành, và nếu cần, tiếp tục hô hấp nhân tạo nếu việc này có thể được thực hiện một cách an toàn.
  The victim is often not aware of asphyxia. Symptoms may include shortness of breath, hyperventilation, loss of consciousness, coughing, inability to speak and face or lip discoloration. If any of these appear in situations where asphyxia is possible and breathing apparatus is not in use, move the affected person immediately to fresh air, and if necessary follow up with artificial respiration if this can be done safely.

7.3. Đào tạo nhân sự / *Training of personnel*

- Tất cả nhân sự trực tiếp tham gia vào việc chạy thử, vận hành và bảo trì hệ thống sản xuất phải được thông báo đầy đủ về các mối nguy hiểm liên quan đến nitơ oxit và amoni nitrat và được đào tạo phù hợp để vận hành hoặc bảo trì thiết bị. Các khuyến nghị và quy định về đào tạo nhân sự được mô tả trong AIGA 009 *Đào tạo an toàn cho nhân viên* [16]. Việc đào tạo được đề cập trong nhiều ấn phẩm khác nhau của CGA tùy theo chủ đề được đề cập.
  All personnel directly involved in the commissioning, operation and maintenance of production systems shall be fully informed regarding the hazards associated with nitrous oxide and ammonium nitrate and trained as applicable to operate or maintain the equipment. Recommendations and prescriptions about training of personnel are described in AIGA 009 Safety training of employees [16]. Training is covered in a variety of CGA publications as appropriate for the topic covered.

- Việc đào tạo phải được sắp xếp để bao gồm các mối nguy tiềm ẩn mà người vận hành cụ thể có thể gặp phải, bao gồm sự phân hủy và nổ của tồn chứa amoni nitrat, và nổ lò phản ứng do phản ứng mất kiểm soát.
  Training shall be arranged to cover potential hazards that the particular operator is likely to encounter, including ammonium nitrate storage decomposition and explosion, and reactor rupture from run-away reaction.

- Việc đào tạo phải bao gồm, nhưng không nhất thiết phải giới hạn ở các chủ đề sau đây cho tất cả nhân viên:
  Training shall cover, but not necessarily be confined to the following subjects for all personnel:
  - các mối nguy tiềm ẩn của lỏng;
    potential hazards of the fluids;
  - các quy định an toàn tại cơ sở;
    site safety regulations;
  - các quy trình khẩn cấp;
    emergency procedures;
  - sử dụng thiết bị chữa cháy;
    use of firefighting equipment;
  - sử dụng quần áo/thiết bị bảo hộ bao gồm cả bộ thiết bị thở độc lập khi thích hợp; và
    use of protective clothing/apparatus including self-contained breathing apparatus sets where appropriate; and
  - sơ cứu cho các vết bỏng do nhiệt độ lạnh/nhiệt, và bỏng hóa chất.
    first aid treatment for cold temperature/thermal, and chemical burns.
- Ngoài ra, các cá nhân phải nhận được đào tạo chuyên biệt về các hoạt động mà họ được tuyển dụng.
  In addition individuals shall receive specific training in the activities for which they are employed.
- Khuyến nghị rằng việc đào tạo được thực hiện theo một hệ thống chính thức hóa và phải lưu giữ hồ sơ về việc đào tạo đã được cung cấp và nếu có thể, một số chỉ dẫn về kết quả đạt được, để chỉ ra nơi cần đào tạo thêm.
  It is recommended that the training be carried out under a formalised system and that records be kept of the training given and where possible, some indication of the results obtained, in order to show where further training is required.
- Chương trình đào tạo nên cung cấp các khóa học bồi dưỡng định kỳ.
  The training programme should provide for refresher courses on a periodic basis.

8. Quy trình / *Procedures*

8.1. Vận hành bất thường / *Abnormal operation*

- Công nhận rằng trong quá trình sản xuất, các điều kiện có thể thay đổi dẫn đến tình huống vận hành bất thường, ví dụ bao gồm sự tăng đột biến về nhiệt độ, mức hoặc áp suất. Các bước để khắc phục tình huống bất thường này phải được đưa vào các quy trình vận hành tiêu chuẩn (SOPs).
  It is recognized that during production, conditions can vary leading to an abnormal operational situation, examples include excursions in temperature, level or pressure. Steps to recover from this abnormal situation shall be included in the standard operating procedures (SOPs).

8.2. Quy trình khẩn cấp / *Emergency procedures*

- Quy trình khẩn cấp phải sẵn có cho tất cả nhân viên liên quan, được thực hành thường xuyên và kiểm tra định kỳ để đảm bảo chúng được cập nhật. Nhân viên có khả năng bị ảnh hưởng phải biết các hành động cần thiết để giảm thiểu các tác động bất lợi của sự cố. Nên chuẩn bị các quy trình khẩn cấp cùng với các dịch vụ khẩn cấp hoặc đội cứu hỏa và phải xem xét các điều kiện địa phương.
  Emergency procedures shall be readily available to all personnel involved, regularly practised and checked periodically to ensure that they are up to date. Employees likely to be affected shall know the actions required to minimise the adverse effects of an event. It is advisable that emergency procedures are prepared in conjunction with the emergency services or fire brigade and that local conditions are considered.
- Các tình huống kích hoạt quy trình khẩn cấp phải bao gồm, nhưng không giới hạn ở:
  Situations that trigger the emergency procedure shall include, but not be limited to:
  - cháy tại tồn chứa amoni nitrat; và
    fire in the ammonium nitrate storage; and
  - phản ứng mất kiểm soát.
    run-away of the reaction.
- Quy trình khẩn cấp nên bao gồm:
  The emergency procedure should include:
  - tính chất của hóa chất liên quan (ví dụ: amoni nitrat, nitơ oxit hóa lỏng, và/hoặc dung dịch rửa khí) và dầu máy nén;
    properties of the chemical involved (for example, ammonium nitrate, liquefied nitrous oxide, and/or

scrubber solutions) and compressor oil;

- số lượng liên quan;
  quantities involved;
- địa hình địa phương; và
  local topography; and
- thiết kế và thiết bị của hệ thống tồn chứa.
  design and equipment of the storage system.

– Các hành động sau đây nên được đưa vào khi xây dựng quy trình khẩn cấp:
The following actions should be included when formulating emergency procedures:

- kích hoạt báo động;
  activating the alarm;
- gọi trợ giúp và các dịch vụ khẩn cấp;
  summoning help and emergency services;
- thông báo ngay lập tức cho đội cứu hỏa (nếu cần);
  notifying fire brigade immediately (if necessary);
- sơ tán tất cả mọi người khỏi khu vực nguy hiểm ngay lập tức và cách ly khu vực đó.
  evacuating all persons from the immediate danger area and quarantine the area.

– Trong trường hợp rò rỉ/tràn đổ;
In case of leakage/spillage;

- nhận thức rằng sự rò rỉ có thể có khả năng oxy hóa;
  recognize that the leakage can have oxidising potential;
- siết lại các chỗ rò rỉ nếu có thể được thực hiện mà không có rủi ro;
  tighten up leaks if this can be done without risk;
- để nitơ oxit lỏng bay hơi; và
  allow liquid nitrous oxide to evaporate; and
- ngăn lỏng xâm nhập vào cống rãnh, hố, hào
  prevent liquid from entering sewers, pits, trenches

– Trong trường hợp hỏa hoạn;
In case of fire;

- làm mát bồn chứa bằng cách phun nước vào nó;
  keep vessel cool by spraying it with water;
- không phun nước trực tiếp lên van hoặc thiết bị an toàn
  do not spray water directly on valves or safety equipment
- cảnh báo công chúng về các mối nguy có thể xảy ra từ các đám mây hơi và sơ tán khi cần thiết.
  alert public to possible dangers from vapour clouds and evacuate when necessary.

– Quy trình khẩn cấp phải bao gồm:
The emergency procedure shall include:

- liệt kê các thiết bị khẩn cấp cần thiết
  listing of emergency equipment required
- phân công nhân sự/tổ chức dự phòng để quản lý các trường hợp khẩn cấp và các quy trình liên hệ với họ cả trong và ngoài giờ làm việc bình thường.
  assignment of back-up personnel/organization for managing emergencies and procedures for contacting them both during and outside of normal working hours.

9. Tài liệu tham khảo / *References*

– Trừ khi có quy định khác, phiên bản mới nhất phải được áp dụng.
Unless otherwise specified the latest edition shall apply.

[1] Hướng dẫn Thực hành Sản xuất Tốt ở Châu Âu, http://ec.europa.eu/
Guide Good Manufacturing Practice in Europe, http://ec.europa.eu/

[2] *Bộ Quy tắc Liên bang*, Tiêu đề 21 (Thực phẩm và Dược phẩm), Văn phòng In ấn Chính phủ Hoa Kỳ. www.gpo.gov
Code of Federal Regulations, Title 21 (Food and Drug), U.S. Government Printing Office. www.gpo.gov

[3] GUI-0001, *Hướng dẫn thực hành sản xuất tốt cho các sản phẩm thuốc*, Health Canada. www.hc-sc.gc.ca
GUI-0001, Good manufacturing practices guide for drug products, Health Canada. www.hc- sc.gc.ca

[4] NFPA 99, *Bộ luật Cơ sở Chăm sóc Sức khỏe* tại Hoa Kỳ, Hiệp hội Phòng cháy Chữa cháy Quốc gia. www.nfpa.org
NFPA 99, Health Care Facilities Code in the United States, National Fire Protection Association. www.nfpa.org

[5] CSA Z305.1, *Hệ thống Ống dẫn Khí Y tế Không cháy*, CSA Group. www.csagroup.org
CSA Z305.1, Nonflammable Medical Gas Piping, CSA Group. www.csagroup.org

[6] AIGA 081, *Thực hành An toàn cho Tồn chứa và Thao tác Nitơ Oxit*, https://asiaiga.org/
AIGA 081, Safe Practices for Storage and Handling of Nitrous Oxide, https://asiaiga.org/

LƯU Ý Ấn phẩm này là một phần của chương trình hài hòa quốc tế về các tiêu chuẩn công nghiệp. Nội dung kỹ thuật của mỗi tài liệu khu vực là giống hệt nhau, ngoại trừ các yêu cầu quy định khu vực. Xem lời tựa tài liệu tham chiếu để biết danh sách các tài liệu tham khảo khu vực đã được hài hòa.
NOTE This publication is part of an international harmonisation programme for industry standards. The technical content of each regional document is identical, except for regional regulatory requirements. See the referenced document preface for a list of harmonised regional references.

[7] CGA G-8.1, *Tiêu chuẩn cho Hệ thống Nitơ Oxit tại Cơ sở Khách hàng*, Compressed Gas Association, Inc. www.cganet.com
CGA G-8.1, Standard for Nitrous Oxide Systems at Customer Sites, Compressed Gas Association, Inc. www.cganet.com

[8] EIGA Doc 112, *Tác động Môi trường của các Nhà máy Nitơ Oxit*, www.eiga.eu
EIGA Doc 112, Environmental Impacts of Nitrous Oxide Plants, www.eiga.eu

[9] *Khuyến nghị của Liên Hợp Quốc về Vận chuyển Hàng hóa Nguy hiểm*, Quy định Mẫu, Liên Hợp Quốc, www.unece.org
UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Model Regulations, United Nations, www.unece.org

[10] AIGA 048, *Máy nén Piston dùng cho Oxy*, https://asiaiga.org/
AIGA 048, Reciprocating Compressors for Oxygen Service, https://asiaiga.org/

LƯU Ý Ấn phẩm này là một phần của chương trình hài hòa quốc tế về các tiêu chuẩn công nghiệp. Nội dung kỹ thuật của mỗi tài liệu khu vực là giống hệt nhau, ngoại trừ các yêu cầu quy định khu vực. Xem lời tựa tài liệu tham chiếu để biết danh sách các tài liệu tham khảo khu vực đã được hài hòa.
NOTE This publication is part of an international harmonisation programme for industry standards. The technical content of each regional document is identical, except for regional regulatory requirements. See the referenced document preface for a list of harmonised regional references.

[11] AIGA 099, *Hướng dẫn Quản lý An toàn Quy trình*, https://asiaiga.org/
AIGA 099, Guideline for Process Safety Management, https://asiaiga.org/

LƯU Ý Ấn phẩm này là một phần của chương trình hài hòa quốc tế về các tiêu chuẩn công nghiệp. Nội dung kỹ thuật của mỗi tài liệu khu vực là giống hệt nhau, ngoại trừ các yêu cầu quy định khu vực. Xem lời tựa tài liệu tham chiếu để biết danh sách các tài liệu tham khảo khu vực đã được hài hòa.
NOTE This publication is part of an international harmonisation programme for industry standards. The technical content of each regional document is identical, except for regional regulatory requirements. See the referenced document preface for a list of harmonised regional references.

[12] EIGA Doc 24, *Thiết bị Bảo vệ Áp suất cho Hệ thống Bồn Tồn chứa Siêu lạnh Cách nhiệt Chân không*, www.eiga.eu
EIGA Doc 24, Vacuum Insulated Cryogenic Storage Tank Systems Pressure Protection Devices, www.eiga.eu

[13] *Bộ quy chuẩn Kiểm định* của Ủy ban Quốc gia, Ủy ban Quốc gia về Thanh tra Nồi hơi và Bình chịu áp lực. www.nationalboard.org
National Board Inspection Code, National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors. www.nationalboard.org

[14] AIGA 010, *Quản lý Sự thay đổi*, https://asiaiga.org/
AIGA 010, Management of Change, https://asiaiga.org/

[15] AIGA 011, *Hệ thống Giấy phép Làm việc*, https://asiaiga.org/
AIGA 011, Work Permit Systems, https://asiaiga.org/

[16] AIGA 009, *Đào tạo An toàn cho Nhân viên*, https://asiaiga.org/
AIGA 009, Safety Training of Employees, https://asiaiga.org/