



AIGAVN-SA-007

AN TOÀN SẢN XUẤT VÀ CHIẾT NẠP KHÍ HYDRO

Safety in production and
filling of Hydrogen

HIỆP HỘI KHÍ CÔNG NGHIỆP CHÂU Á TẠI VIỆT NAM
ASIA INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION IN VIETNAM

 Toà nhà Prime Center, 53 Quang Trung,
P. Nguyễn Du, Q. Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

 + 84 (0) 908 030 530

 aigavn@aigavn.com.vn

 <https://aigavn.com.vn>

 www.facebook.com/aigavietnam2019

 AIGA Vietnam

TUYÊN BỐ TỪ CHỐI TRÁCH NHIỆM DISCLAIMER

Tất cả các ấn phẩm của AIGA VN hoặc mang tên AIGA VN đều chứa thông tin bao gồm hướng dẫn thực hành, áp dụng quy trình an toàn, thông tin kỹ thuật, quy định pháp luật, sự kiện khác được thu thập từ các nguồn mà AIGA VN cho là đáng tin cậy và / hoặc dựa trên thông tin kỹ thuật, an toàn và kinh nghiệm hiện có sẵn từ các thành viên của AIGA VN vào ngày phát hành

All publications of AIGA VN or bearing AIGA VN's name contain information, including work instruction, safety procedures applying, technical information, legal requirement, events that were obtained from sources believed by AIGA VN to be reliable and/ or based on technical, safety information and experience currently available from members of AIGA VN at the date of issuing.

AIGA VN không bảo đảm 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. Mặc dù AIGA VN khuyến khích người dùng để tham khảo hoặc áp dụng chúng trong công việc của mình, nhưng việc tham khảo hoặc áp dụng là hoàn toàn tự nguyện và không ràng buộc.

AIGA VN do not ensure nor accept any liability as to the accuracy, completeness or correctness of the information contained in these publications. While AIGA VN recommends that the user refer to or apply it to their working, such reference to or apply thereof by the user is purely voluntary and not binding.

AIGA VN không kiểm soát bất kỳ điều gì liên quan đến hiệu suất hoặc diễn giải sai, sử dụng hợp lý hoặc không hợp lý bất kỳ thông tin hoặc đề xuất nào trong các ấn phẩm của AIGA VN bởi bất kỳ cá nhân hoặc tổ chức nào (bao gồm các thành viên AIGA VN). Tuy nhiên, AIGA VN khuyến cáo người dùng không chỉnh sửa, thay đổi nội dung và sử dụng ấn phẩm của AIGA VN không đúng mục đích, và AIGA VN từ chối rõ ràng bất kỳ trách nhiệm pháp lý nào liên quan đến việc này.

AIGA VN has no control whatsoever as regards performance or non-performance, misinterpretation, proper or improper use of any information or suggestions contained in AIGA VN's publications by any person or entity (including AIGA VN members). However, AIGA VN recommends that users do not modify, change the content, and use publications of AIGA VN for improper purposes, and AIGA VN expressly disclaims any related liability.

Các ấn phẩm của AIGA VN phải được đánh giá định kỳ và người dùng được cảnh báo để có được ấn bản mới nhất

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

Xác nhận / Acknowledgement

Tài liệu này được biên soạn có sự tham khảo từ các tài liệu của các công ty thành viên và tài liệu của AIGA, EIGA. AIGA VN chân thành cảm ơn các công ty thành viên và AIGA, EIGA đã cho phép sao chép một số phần từ các ấn phẩm của mình

*This document has been drafted about the documents of the member companies and AIGA, EIGA.
AIGA VN thanks member companies and AIGA, EIGA for permission to reproduce sections from the publication.*

MỤC LỤC / CONTENT

I. GIỚI THIỆU / INTRODUCTION	3
II. PHẠM VI / SCOPE	3
III. TÀI LIỆU VIỆN DẪN / REFERENCE	3
3.1 Quy định và tiêu chuẩn quốc gia / National regulation and standard	3
3.2 Tài liệu AIGA VN tham khảo AIGAVN's document reference (https://aigavn.com.vn)	3
3.3 Tài liệu AIGA tham khảo / AIGA document reference (https://www.asiaiga.org)	4
3.4 Tài liệu tham khảo khác / Other reference	4
IV. AN TOÀN SẢN XUẤT VÀ CHIẾT NẠP KHÍ HYDRO	5
SAFETY ON HYDROGEN PRODUCTION AND FILLING	5
4.1 Tổng quan về Hydrogen / Generation on Hydrogen:	5
4.2 An toàn sản xuất Hydrogen Safety Hydrogen	10
4.3 Chiết nạp khí H ₂ vào chai / Filling H ₂ into cylinder	36
4.4 An toàn chiết nạp khí H ₂ vào longtube:	46
Safety filling H ₂ to long tube	46
4.5 Các sự cố, tai nạn liên quan đến sản xuất và chiết nạp khí H ₂	52
Incidents and accidents related to H ₂ gas production and filling	52

I. GIỚI THIỆU / INTRODUCTION

- Tài liệu này được soạn thảo bởi chuyên viên kỹ thuật và an toàn thuộc Ủy Ban Kỹ Thuật của hiệp Hội Khí Công Nghiệp Châu Á tại Việt Nam (AIGA VN)

This document has been written by technical and safety specialists of Technical Committee - Asia Industrial Gas Association in Vietnam

II. PHẠM VI / SCOPE

- Tài liệu này đưa ra các hướng dẫn an toàn trong quá trình sản xuất và chiết nạp Hydro dạng khí, dạng lỏng và các vụ tai nạn sự cố điển hình để tham khảo

This document provides safety guidelines for the production and filling of gaseous and liquid hydrogen and typical accidents and incidents for reference.

III. TÀI LIỆU VIỆN DẪN / REFERENCE

3.1 Quy định và tiêu chuẩn quốc gia / National regulation and standard

- NĐ 113/2017/NĐ-CP: Quy định và hướng dẫn chi tiết thực hiện luật hóa chất | *Specifying and providing guidelines for implementation of the law on chemicals*
- 82/2022/NĐ-CP : Sửa đổi Nghị định 113/2017/NĐ-CP hướng dẫn Luật Hóa chất | *Amendment of Decree 113-2017-ND-CP guiding the Law on Chemicals*
- 17/2022/TT-BCT : Sửa đổi TT 32/2017/TT-BCT và NĐ 113/2017/NĐ-CP HD Luật Hóa chất | *Amendment of Circular 32/2017/TT-BCT and Decree 113/2017/ND-CP guiding the Law on Chemicals*
- 32/2017/TT-BCT : Hướng dẫn Luật hóa chất và Nghị định 113/2017/NĐ-CP | *Instructions on Chemical Law and Decree 113/2017/ND-CP*
- 48/2020/TT-BCT: : Ban hành QCVN về an toàn trong sản xuất, kinh doanh, sử dụng, bảo quản và vận chuyển hóa chất nguy hiểm | *Promulgating National Technical Regulations on safety in production, business, use, storage and transportation of hazardous chemicals*
- QCVN 01:2008/BLDTBXH : An Toàn nồi hơi và bình chịu áp lực | *Boiler and Pressure Vessel Safety*

3.2 Tài liệu AIGA VN tham khảo | AIGAVN's document reference (<https://aigavn.com.vn>)

- AIGAVN-TM-012 : Hydro-tính chất và ứng dụng
Hydrogen-properties and its application
- AIGAVN-TM-013 : Hydro-Sản xuất và công nghệ
Hydrogen – Production and technology
- AIGAVN-TM-014 : Hydro-mối nguy và biện pháp phòng ngừa
Hydrogen – Hazardous and prevention
- AIGAVN-TM-015 : Hydro-an toàn trong sản xuất và chiết nạp
Hydrogen – Safety in production and filling

3.3 Tài liệu AIGA tham khảo / AIGA document reference (<https://www.asiaiga.org>)

- AIGA 033/14 : Hệ thống đường ống Hydro | *Hydrogen pipeline systems*
- AIGA 045/07 : Trạm Hydro khí | *Gaseous hydrogen stations (*)*
- AIGA 087/20 : Tiêu chuẩn hệ thống đường ống Hydro tại điểm sử dụng | *Standard for Hydrogen piping system at User' system (*)*
- AIGA 125/23 : Hướng dẫn sản xuất Hydro quy mô nhỏ | *Guideline for small scale Hydrogen production (*)*

3.4 Tài liệu tham khảo khác / Other reference

- NFPA 55: Sổ hiệu khí nén và chất lỏng siêu lạnh | *Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code*
- NFPA 2: Mã công nghệ Hydro | *Hydrogen Technologies Code*
- CGA G-5.5: Hệ thống thông hơi Hydro | *Hydrogen Vent Systems*
- ISO/TS 19880-1:2017: Trạm tiếp nhận Hydro | *Hydrogen fueling stations*
- BCGA CP 33: Bộ quy tắc thực hành: Tồn chứa Hydro ở dạng khí lượng lớn tại cơ sở sử dụng | *Code of practice: The Bulk Storage of Gaseous Hydrogen at Users Premises (*)*
- D39_2021-01-PRESLHY_ChapterLH2-v3: Sổ tay an toàn Hydro: Chương an toàn Hydro lỏng | *Handbook of Hydrogen safety: Chapter on LH2 safety [PRESLHY](#)*
- EIGA 06-19: An toàn trong thao tác, lưu trữ và phân phối Hydro lỏng | *Safety in storage, handling and distribution of liquid hydrogen.*

Ghi chú : () Tài liệu đã có phiên bản tiếng Việt và đăng trên website AIGAVN <https://aigavn.com.vn>*
Remarks: () Documents are translated into Vietnamese and posted on website of AIGAVN*

IV. AN TOÀN SẢN XUẤT VÀ CHIẾT NẠP KHÍ HYDRO

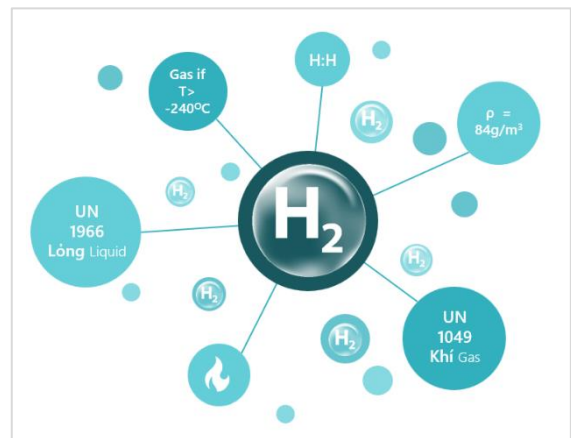
SAFETY ON HYDROGEN PRODUCTION AND FILLING

4.1 Tổng quan về Hydrogen / Generation on Hydrogen:



4.1.1 Đặc tính / Characteristic

- UN 1049 Hydro nén |
Hydrogen compressed
- UN 1966 Hydro hóa lỏng |
Hydrogen refrigerated liquid
- Hydro tồn tại ở trạng thái khí tại bất kỳ áp suất nào, nếu nhiệt độ trên -240°C
Hydrogen exists in gaseous form – at any pressure – if its temperature is above -240°C .
- Hydro là khí nhẹ nhất (tại áp suất khí quyển, tỷ trọng là 84g/m^3)
Hydrogen is the lightest of all gases (at atmospheric conditions density 84 g / m^3)
Phân tử khí Hydro là
- Hydrogen molecules are
 - Rất nhỏ và | *very small and*
 - Rất dễ linh động | *very movable*



Tên Name	Hydro Hydrogen	Số CAS No.	1333-74-0
Công thức hóa học Chemical Formula	H ₂	Khối lượng phân tử Molecular Weight	2.00
Tỷ trọng khí Gas Density	84 g/m ³ (0°C, 1atm)	Tỷ trọng khí tương đối Gas Relative Density	0.07 (không khí=1, ở 1atm) (Air=1, at 1atm)
Tỷ trọng lỏng Liquid Density	70.8 kg/m ³ (ở nhiệt độ sôi - Boiling point)	Điểm tới hạn Critical Point	-240°C
Điểm sôi Boiling Point	-253°C (1atm)		
Đặc tính Characteristics	Cực kỳ dễ cháy, không độc, không ăn mòn. Không màu, không mùi, không vị Extremely flammable, Non-toxic, Non-corrosion. Colorless, tasteless, odorless		
Phản ứng hóa học Chemical Reactivity	H ₂ hoạt động phản ứng hóa học không mạnh, có tính khử Hydrogen is not significantly reactive; hydrogen is a reducing agent.		
Giãn nở từ lỏng sang khí Expanding from loose to gas	Tăng 830 lần 1L liquid is up ~ 830L gas at ambient temperature.		

4.1.2. Nguy cơ mất an toàn / *Dangerous risk.*

4.1.2.1. Cháy nổ / *Explosion.*

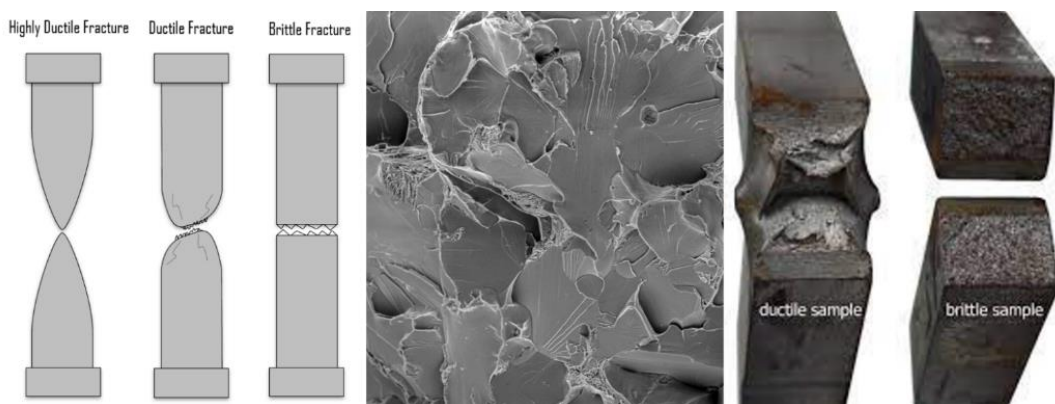


Hydro có mức đánh giá cao nhất của NFPA 704 là 4 trên thang đo khả năng cháy vì nó dễ cháy ngay cả khi trộn với lượng nhỏ không khí thông thường. Sự bắt lửa có thể xảy ra ở tỷ lệ thể tích Hydro so với không khí thấp tới 4% do oxy trong không khí và tính đơn giản cũng như tính chất hóa học của phản ứng.

Hydrogen possesses the NFPA 704's highest rating of four on the flammability scale because it is flammable when mixed even in small amounts with ordinary air. Ignition can occur at a volumetric ratio of hydrogen to air as low as 4% due to the oxygen in the air and the simplicity and chemical properties of the reaction.

4.1.2.2. Phá huỷ kết cấu vật liệu / *Destroy material structure.*

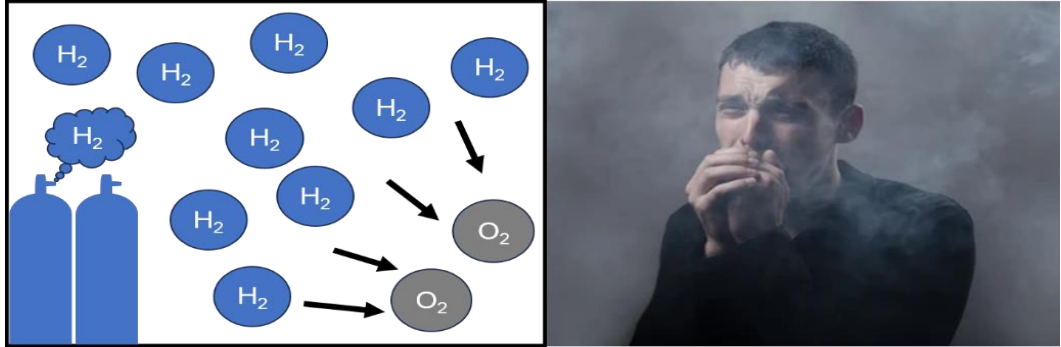
- Khí hydro có thể gây ra tình trạng giòn ở một số kim loại do nó có thể thay đổi thành phần hoá học của chúng, khi sử dụng hoặc thiết kế thiết bị chứa cần lưu ý vấn đề này
Hydrogen can change mechanical component of some material, make it more brittle. We must mind this problem when using or designing storage devices.



- Các chai chứa khí Hydro phải được thiết kế bằng 1 loại thép có các thành phần khác với các chai khí thông thường/ Hydrogen gas cylinders must be designed with a type of steel with different components than normal gas cylinders.

4.1.2.3. Gây ngạt / Suffocating

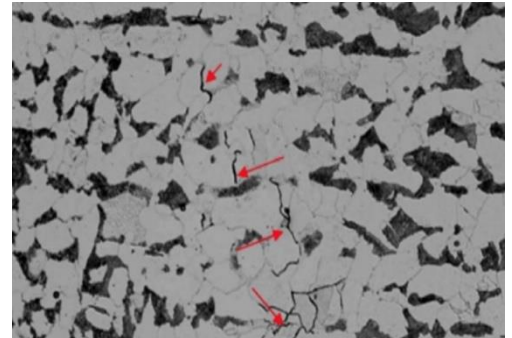
- Tuy nhẹ hơn không khí, nhưng ở những không gian kín khí hoặc thông gió kém, rò rỉ khí hydro cũng có thể làm giảm nồng độ khí oxi và gây ra ngạt thở / *Even though hydrogen is very light, in airtight or poor ventilation spaces, hydrogen leak can decrease concentration of oxygen, which suffocating.*



4.1.2.4. Rò rỉ / Leak

- Hydro là nguyên tố rất nhẹ và có đường kính nguyên tử nhỏ nên có thể bị rò rỉ xuyên qua một số kim loại, tạo ra thử thách về cách thức và công nghệ để lưu trữ lâu dài *Hydrogen atomic is very light and small, which can make it leaks straight through some material, creates challenges in methods and technology for long-term storage.*
- Rủi ro thất thoát lớn vì chỉ cần một rò rỉ nhỏ cũng có thể dẫn đến một lượng lớn khí hydro bị thoát ra *Risk of big loss when even very small leak can release huge amount of Hydrogen.*

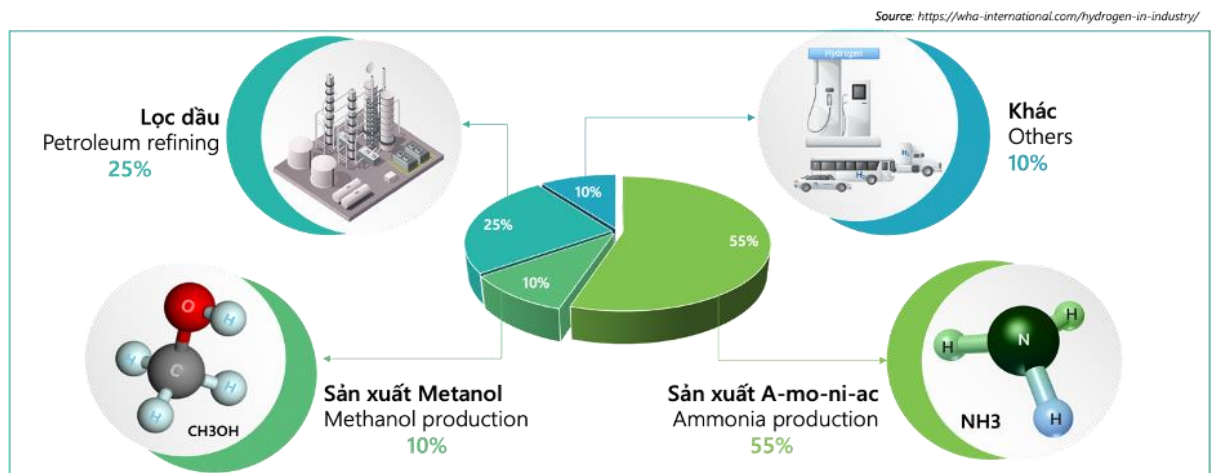
- Tấn công hydro nhiệt độ cao (HTHA) là một tình trạng nguy hiểm có thể xảy ra trong thiết bị xử lý tiếp xúc với hydro ở nhiệt độ cao (ít nhất 400F hoặc 204C), trong điều kiện khô, khi hydro phân ly thành hydro mới hình thành (nguyên tử), sau đó được đưa vào thép bởi nhiệt độ và áp suất của môi trường. Sau đó, hydro nguyên tử phản ứng với các cacbua không ổn định trong thép để tạo thành khí mêtan, tích tụ trong ranh giới hạt vi cấu trúc, cuối cùng dẫn đến nứt. Điều này thường nguy hiểm vì thiết bị thường chứa hydrocacbon ở áp suất và nhiệt độ cao *High Temperature Hydrogen Attack (HTHA) is a dangerous condition that can occur in process equipment exposed to hydrogen at high temperatures (at least 400F or 204C), under dry conditions, when hydrogen dissociates into newly formed (atomic) hydrogen, which is then introduced into the steel by the ambient temperature and pressure. The atomic hydrogen then reacts with unstable carbides in the steel to form methane, which accumulates at the microstructure grain boundaries, eventually leading to cracking. This is often dangerous because equipment often contains hydrocarbons at high pressures and temperatures.*



- HTHA là hiện tượng phụ thuộc vào thời gian-nhiệt độ-áp suất. Điều này có nghĩa là thiết bị càng tiếp xúc lâu với nhiệt độ và áp suất riêng phần hydro trên giới hạn điện trở của nó thì thiệt hại cho thép sẽ càng tích tụ; và nhiệt độ tăng càng cao trên giới hạn của thép thì thiệt hại sẽ xảy ra càng nhanh

HTHA is a time-temperature-pressure dependent phenomenon. This means that the longer the device is exposed to temperatures and hydrogen partial pressures above its resistance limit, the more damage to the steel will accumulate; and the higher the temperature above the steel's limit, the faster the damage will occur.

4.1.3. Ứng dụng / Application.



Khí Hydro được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực như

Hydrogen is applied in many fields such as:

4.1.3.1 Năng lượng | Energy

- Hydro đang được sử dụng để làm nguyên liệu cho tên lửa đẩy do tính chất nhẹ của nó / *Hydrogen is being used as fuel for rocket due to its lightness.*
- Dùng làm pin nhiên liệu nhờ có các phản ứng điện hoá / *Used as battery due to electrochemical reaction.*
- Hiện nay, bên cạnh xe điện, công ty Toyota cũng đang nghiên cứu và phát triển động cơ sử dụng nguyên liệu Hydro / *Besides electric cars, Toyota is developing a type of engine using hydrogen fuel.*
- Hydro được hứa hẹn có thể trở thành nguyên liệu sạch thay thế cho các nguyên liệu hoá thạch đang dần cạn kiệt / *Hydrogen is expected to be a clean replacement for fossil fuel that is being exhausted*

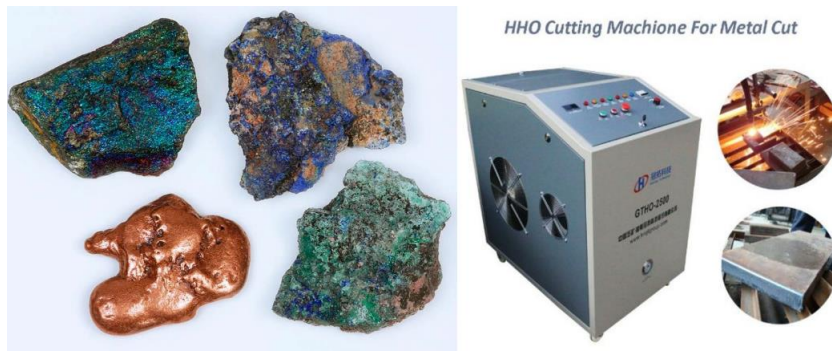
4.1.3.2 Ngành hoá chất / Chemical industry.

- Dùng để chế tạo ammoniac trong phân bón, methanol cho nhiên liệu và hóa chất
Used to produce ammonia for fertilizer, methanol for fuel and chemicals.
- Nó cũng phục vụ như một chất khử trong nhiều phản ứng hóa học
It is also used as a reducing agent in many chemical reactions.



4.1.3.3 Ngành kim loại / Metallurgical

- Dùng làm nguyên liệu để cắt kim loại
Used to cut metals.
- Dùng làm chất khử oxit để chế tạo các nguyên tố kim loại như sắt, nhôm, đồng, ...
Used as a reducing agent to produce pure metal.



4.1.3.4 Ngành điện tử / Electronic.

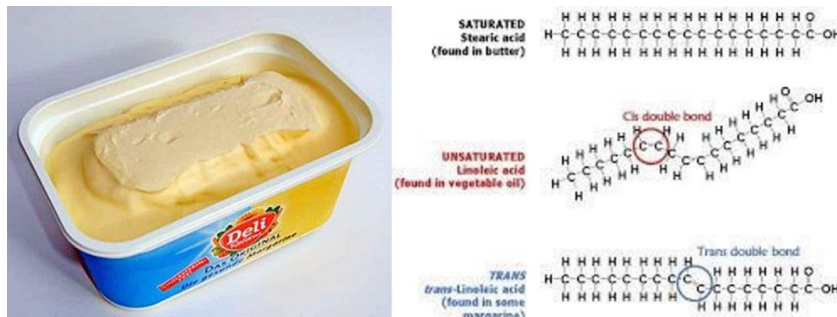
- Dùng trong sản xuất các chất bán dẫn như silic và germani, nguyên liệu quan trọng để sản xuất chip sử dụng trong mọi thiết bị điện tử hiện nay
Used in the production of semiconductors such as silicon and germanium, important materials for producing chips which are in all electronic devices.



4.1.3.5 Thực phẩm / *Food industry.*

- Quá trình hydro hoá chuyển hoá chất béo không bão hoà thành chất béo bão hoà, tăng tuổi thọ sử dụng của chúng

The hydrogenation process converts unsaturated fats into saturated fats, increasing their shelf life.



4.2 An toàn sản xuất Hydrogen | *Safety Hydrogen*

4.2.1 Các quy định liên quan đến nhà máy sản xuất H2/Related regulations:

4.2.1.1. Khoảng cách an toàn/ *Safe distance*

(tham khảo thêm tài liệu / *Ref. AIGAVN's document AIGAVN-SA-008*)

Căn cứ Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 05A:2020/BCT An toàn trong sản xuất, kinh doanh, sử dụng, bảo quản và vận chuyển hóa chất nguy hiểm

Pursuant to National Technical Regulations QCVN 05A:2020/BCT Safety in production, business, use, storage and transportation of dangerous chemicals

- Kho chứa hóa chất nguy hiểm phải được bố trí, phân chia khu vực sắp xếp theo tính chất của từng loại, nhóm hóa chất

Warehouses for dangerous chemicals must be arranged and divided into areas according to the nature of each type and group of chemicals.

- Các hóa chất có đặc tính không tương thích phải được bảo quản bằng cách phân lập khu vực theo khoảng cách an toàn hoặc cách ly trong các khu vực riêng biệt bằng tường chắn để đảm bảo không tiếp xúc với nhau kể cả khi xảy ra sự cố

Chemicals with incompatible properties must be stored by isolating areas at a safe distance or isolated in separate areas with retaining walls to ensure no contact with each other even when an incident occurs.

- Khi xếp hóa chất trong kho phải đảm bảo yêu cầu an toàn cho người lao động và hàng hóa như sau

When storing chemicals in the warehouse, safety requirements for workers and goods must be met as follows:

- Các thiết bị chứa hóa chất không được xếp sát trần kho và không cao quá 2 m nếu không có kê chứa

Chemical storage equipment must not be placed close to the warehouse ceiling and must not be higher than 2 m if there are no shelves.

- Lối đi chính trong kho rộng tối thiểu 1,5 m

The main aisle in the warehouse is at least 1.5 m wide

- Kho chứa hóa chất dễ cháy, nổ phải cách ly với lửa và nguồn nhiệt

Warehouses storing flammable and explosive chemicals must be isolated from fire and heat sources.

- Khoảng cách an toàn tối thiểu từ khu vực bảo quản hóa chất dễ cháy đến nguồn phát sinh nhiệt, tia lửa điện

Minimum safe distance from flammable chemical storage area to heat and spark sources:

- Khu vực lưu chứa chất lỏng dễ cháy bên trong phương tiện chứa đóng kín: Khoảng cách an toàn tối thiểu 3m

Flammable liquid storage area inside closed container: Minimum safe distance of 3m

- Khu vực lưu chứa chất lỏng dễ cháy đang san chiết, khuấy trộn: Khoảng cách an toàn tối thiểu 8m

Storage area for flammable liquids being extracted and mixed: Minimum safe distance of 8m

Các cơ sở có hóa chất dễ cháy, nó có thể duy trì khoảng cách an toàn lớn hơn tùy thuộc vào đánh giá rủi ro công việc phát sinh nhiệt và các biện pháp phòng ngừa sự cố cháy nổ

In facilities with flammable chemicals, it may be possible to maintain a greater safety distance depending on the thermal work risk assessment and fire and explosion prevention measures.

4.2.1.2 Phòng cháy chữa cháy / Firefighting

Căn cứ Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 05A:2020/BCT An toàn trong sản xuất, kinh doanh, sử dụng, bảo quản và vận chuyển hóa chất nguy hiểm

Pursuant to National Technical Regulations QCVN 05A:2020/BCT Safety in production, business, use, storage and transportation of dangerous chemicals

- Hóa chất dễ cháy, nổ không để cùng với ôxy, các chất có khả năng sinh ra ô xy, các hóa chất nguy hiểm có đặc tính không tương thích, các chất có yêu cầu về phương pháp chữa cháy khác nhau hoặc có khả năng tạo phản ứng nguy hiểm khi tiếp xúc hoặc cháy

Flammable and explosive chemicals not stored with oxygen, substances capable of generating oxygen, dangerous chemicals with incompatible properties, substances that require different fire extinguishing methods or have Potential for hazardous reactions upon contact or fire.

- Cấm để thiết bị, đường ống chứa hóa chất dễ cháy, nổ gần nguồn phát nhiệt. Trường hợp có ánh nắng mặt trời chiếu trực tiếp, phải có biện pháp hạ nhiệt

It is forbidden to place equipment and pipes containing flammable or explosive chemicals near heat sources. In case of direct sunlight, there must be measures to cool down.

- Hệ thống điện ở những nơi có hóa chất dễ cháy, nổ phải đảm bảo các yêu cầu sau

Electrical systems in places with flammable and explosive chemicals must meet the following requirements:

- Dụng cụ điện, thiết bị điện, thiết bị chiếu sáng phải là loại an toàn cháy, nổ và có cấp phòng nổ tương ứng với môi trường hơi, khí dễ cháy, nổ
Electrical tools, electrical equipment, and lighting equipment must be fire and explosion safe and have an explosion prevention level corresponding to the vapor environment, when flammable or explosive.
- Không được đặt dây cáp điện trong cùng một đường rãnh ngầm hoặc nơi có ống dẫn hơi, khí, chất lỏng dễ cháy, nổ;
Do not place electric cables in the same underground trench or where there are pipes carrying flammable or explosive vapors, gases, or liquids.
- Aptomat, ổ cắm điện phải đặt ở ngoài khu vực chứa các hóa chất dễ cháy, nổ
Circuit Breaker and electrical sockets must be placed outside areas containing flammable and explosive chemicals.
- Đảm bảo rằng tất cả các bồn chứa, đường ống và thiết bị liên quan đến việc lưu trữ, vận chuyển và xử lý hydro đều được nối đất để tránh tích tụ tĩnh điện.
Ensure that all tanks, pipelines and equipment involved in hydrogen storage, transport and handling are earthed to avoid the build-up of static electricity.
- Hệ thống thông gió của kho chứa hóa chất dễ cháy, nổ phải được thông thoáng tốt đảm bảo nồng độ hơi hóa chất nhỏ hơn 10% giá trị giới hạn nổ dưới bằng các biện pháp thông gió tự nhiên hay cưỡng bức
The ventilation system of warehouses storing flammable and explosive chemicals must be well ventilated to ensure chemical vapor concentration is less than 10% of the lower explosion limit value by natural or forced ventilation measures.
- Yêu cầu về thiết bị, dụng cụ, phương tiện chứa
Requirements for equipment, tools, and storage facilities:
 - Máy, thiết bị làm việc trong khu vực hóa chất dễ cháy, nổ phải đảm bảo các yêu cầu chung về an toàn nổ theo quy định tại TCVN 3255: 1986. Dụng cụ làm việc trong khu vực hóa chất dễ cháy, nổ phải có biện pháp kỹ thuật đảm bảo không phát sinh tia lửa do ma sát hay va đập
Machines and equipment working in flammable chemical areas must ensure general requirements for explosion safety as prescribed in TCVN 3255: 1986. Tools working in flammable and explosive chemical areas must There are technical measures to ensure that sparks do not arise due to friction or impact
 - Các dụng cụ, thiết bị điện, thiết bị nâng lắp đặt và sử dụng bên trong kho phải là loại phòng chống cháy, nổ
Tools, electrical equipment, and lifting equipment installed and used inside the warehouse must be of fire and explosion prevention type:
 - Thiết bị nâng, xe nâng phải đảm bảo các tiêu chuẩn về phòng chống cháy, nổ theo tiêu chuẩn hiện hành. Không tiến hành các hoạt động sửa chữa, tiếp nhiên liệu, sạc điện bên trong kho chứa, nhà xưởng sản xuất, sử dụng hóa chất

Lifting equipment and forklifts must ensure fire and explosion prevention standards according to current standards. Do not carry out repair, refueling, or charging activities inside warehouses, factories that produce or use chemicals.

- Dụng cụ mở phương tiện chứa hóa chất dễ cháy, nổ phải làm bằng vật liệu hoặc có biện pháp kỹ thuật đảm bảo không phát sinh tia lửa do ma sát hay va đập

Tools for opening vehicles containing flammable or explosive chemicals must be made of materials or have technical measures to ensure no sparks due to friction or impact.

- Phương tiện chứa hóa chất lỏng dễ cháy, nổ phải giữ đúng hệ số đầy quy định tùy theo đặc tính hóa lý của chất lỏng đó; phương tiện chứa lớn phải có van xả một chiều, van ngắt lửa kèm bích an toàn phòng nổ; bích an toàn phòng nổ phải làm bằng vật liệu không cháy, nổ; đầu ống dẫn hóa chất dễ cháy, nổ vào phương tiện chứa phải sát mép hoặc sát đáy; phương tiện chứa chịu áp lực phải có van an toàn xả quá áp

Vehicles containing flammable or explosive liquid chemicals must maintain the prescribed filling coefficient depending on the physicochemical characteristics of that liquid; Large storage vehicles must have one-way discharge valves, fire shut-off valves and explosion-proof safety flanges; Explosion safety flanges must be made of non-flammable and explosive materials; The tip of the pipe carrying flammable or explosive chemicals into the storage medium must be close to the edge or bottom; Pressure storage media must have an overpressure release safety valve.

- Tình trạng hoạt động của các phương tiện chứa phải được kiểm tra định kỳ ít nhất 01 lần 01 tháng. Cơ sở có hóa chất nguy hiểm có trách nhiệm lưu giữ biên bản kiểm tra đến lần kiểm tra tiếp theo và xuất trình cho cơ quan quản lý có thẩm quyền khi được yêu cầu

The operating status of storage facilities must be periodically checked at least once a month. Facilities with dangerous chemicals are responsible for keeping inspection records until the next inspection and presenting them to the competent management agency upon request.

- Không dùng ngọn lửa trực tiếp soi sáng để tìm chỗ hở các đường ống dẫn, thiết bị chứa các hóa chất dễ cháy, nổ

Do not use direct flame to illuminate pipes and equipment containing flammable and explosive chemicals.

- Trước khi hàn thiết bị, ống dẫn trước đã chứa hóa chất dễ cháy, nổ, phải mở hết các nắp thiết bị, mặt bích ống dẫn và làm thoát hết khí dễ cháy, nổ ra ngoài, thông thổi sạch đảm bảo không còn khả năng tạo thành hỗn hợp cháy, nổ

Before welding equipment and pipes that contain flammable or explosive chemicals, you must open all equipment covers and pipe flanges and release any flammable or explosive substances. Possibility of forming flammable and explosive mixtures.

- Trước khi đưa vào đường ống hay thiết bị một chất có khả năng gây cháy, nổ, hoặc trước và sau khi sửa chữa phải thực hiện nghiêm ngặt các quy trình phòng cháy, nổ

Before putting a substance that can cause fire or explosion into a pipeline or equipment, or before and after repair, strictly follow fire and explosion prevention procedures:

- Thử kín, thử áp (nếu cần)
Sealing test, pressure test (if necessary);
- Thông rửa bằng môi chất thích hợp hoặc khí trơ
Flush with suitable solvent or inert gas;
- Xác định hàm lượng oxy, không khí hoặc chất cháy, nổ còn lại sao cho không còn khả năng tạo hỗn hợp cháy, nổ
Determine the remaining oxygen, air or explosive substance content so that it is no longer capable of creating a flammable or explosive mixture.

Kết quả kiểm tra phải được xác nhận của cán bộ phụ trách an toàn trước khi tiến hành sửa chữa

Inspection results must be confirmed by the safety officer before repair is carried out.

- Phải có quy định chặt chẽ chế độ dùng lửa tại khu vực sản xuất, sử dụng và kho chứa hóa chất dễ cháy, nổ. Khi sửa chữa cơ khí, hàn điện hay hàn hơi phải tuân thủ quy trình làm việc an toàn phòng cháy, nổ, có xác nhận bảo đảm của cán bộ an toàn lao động
There must be strict regulations on the use of fire in production, use and storage areas of flammable and explosive chemicals. When doing mechanical repairs, electric welding or gas welding, you must comply with fire and explosion safety working procedures, with confirmation from a labor safety officer.
- Nhà xưởng sản xuất, kho chứa hóa chất nguy hiểm, khi thiết kế xây dựng mới hoặc cải tạo phải thực hiện theo quy định tại QCVN 06: 2022/BXD An toàn cháy cho nhà và công trình; TCVN 4604: 2012 Xí nghiệp công nghiệp-Nhà sản xuất-Tiêu chuẩn thiết kế và các quy định pháp luật có liên quan, phù hợp với tính chất, quy mô và công nghệ sản xuất, lưu trữ hóa chất
Production workshops and warehouses storing dangerous chemicals, when designing new construction or renovation, must comply with the provisions of QCVN 06: 2022/BXD Fire safety for houses and buildings; TCVN 4604: 2012 Industrial enterprises - Manufacturers - Design standards and relevant legal regulations, suitable to the nature, scale and technology of chemical production and storage.
- Đường, lối thoát nạn của nhà xưởng, kho chứa hóa chất phải được thiết kế, xây dựng theo quy định tại QCVN 06: 2022/BXD và các quy định hiện hành
Roads and escape routes of factories and chemical warehouses must be designed and built according to regulations in QCVN 06: 2022/BXD and current regulations.
- Hệ thống thông gió của nhà xưởng, kho chứa hóa chất nguy hiểm phải được lắp đặt để đảm bảo giá trị cho phép vi khí hậu tại nơi làm việc quy định tại QCVN 26 : 2016/BYT /
Ventilation systems of factories and warehouses storing dangerous chemicals must be installed to ensure the allowable microclimate value at the workplace specified in QCVN 26: 2016/BYT.
- Hệ thống chiếu sáng nhà xưởng sản xuất, kho chứa hóa chất nguy hiểm phải đảm bảo mức cho phép chiếu sáng nơi làm việc theo quy định tại QCVN 22: 2016/BYT

The lighting system of production workshops and warehouses storing dangerous chemicals must ensure the allowable workplace lighting level as prescribed in QCVN 22: 2016/BYT.

- Nhà xưởng, kho chứa hóa chất nguy hiểm phải có hệ thống thu lôi chống sét hoặc nằm trong khu vực được chống sét an toàn và được định kỳ kiểm tra theo các quy định hiện hành

Factories and warehouses storing dangerous chemicals must have lightning protection systems or be in safe lightning protection areas and be periodically inspected according to current regulations.

- Nhà xưởng, kho chứa có hóa chất nguy hiểm phải có ít nhất 2 lối ra, vào. Các lối ra, vào, cửa thoát nạn, lối đi cho người đi bộ không bị cản trở

Factories and warehouses containing dangerous chemicals must have at least 2 entrances and exits. Entrances, exits, and pedestrian walkways are not obstructed.

4.2.1.3. Huấn luyện/ Training:

- Những người làm việc tiếp xúc với các hóa chất nguy hiểm phải được huấn luyện an toàn hóa chất theo quy định của Nghị định 113/2017/NĐ-CP ngày 09/10/2017 của Chính phủ quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều của Luật hóa chất và các quy định hiện hành

People who work in contact with dangerous chemicals must receive chemical safety training according to the provisions of Decree 113/2017/ND-CP dated October 9, 2017 of the Government detailing and guiding implement a number of articles of the Chemical Law and current regulations.

- Bên cạnh đó, người làm việc & tiếp xúc với hóa chất cần được huấn luyện và được cấp 1 số các loại giấy chứng nhận, chứng chỉ (tham khảo phụ lục số 01)

In addition, it is necessary to receive training for the following types of certificates and certifications (please refer appendix no.1)

4.2.1.4. Ứng phó sự cố hóa chất và bảo vệ môi trường

Respond to chemical incidents and protect the environment:

- Cơ sở có hóa chất nguy hiểm phải xây dựng và triển khai thực hiện kế hoạch hoặc biện pháp phòng ngừa, ứng phó sự cố hóa chất theo quy định tại Nghị định 113/2017/NĐ-CP quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều của Luật hóa chất

Facilities with dangerous chemicals must develop and implement plans or measures to prevent and respond to chemical incidents according to the provisions of Decree 113/2017/ND-CP detailing and guiding Implement several articles of the Law on Chemicals.

- H2 thuộc phụ lục IV Kèm theo Nghị định số 113/2017/NĐ-CP - Danh mục Hóa chất nguy hiểm phải xây dựng Kế hoạch phòng ngừa, ứng phó sự cố hóa chất với Ngưỡng khối lượng hóa chất tồn trữ lớn nhất tại một thời điểm 5.000kg

H2 is in Appendix IV Attached to Decree No. 113/2017/ND-CP - List of Dangerous Chemicals requiring the development of a Plan to prevent and respond to chemical incidents with the Threshold of the largest volume of chemicals stored at 5,000kg at a time.

- Chủ đầu tư dự án sản xuất, kinh doanh, cất giữ và sử dụng hóa chất có ít nhất 01 hóa chất thuộc Phụ lục IV kèm theo Nghị định này với khối lượng tồn trữ lớn nhất tại một thời điểm lớn hơn hoặc bằng ngưỡng khối lượng quy định tại Phụ lục này phải xây dựng Kế hoạch phòng ngừa, ứng phó sự cố hóa chất đối với tất cả các hóa chất nguy hiểm mà dự án có hoạt động và trình bộ quản lý ngành, lĩnh vực thẩm định, phê duyệt trước khi chính thức đưa dự án vào hoạt động. (khoản 2, điều 20, Nghị định 113/2017/NĐ-CP)

The investor of a project to produce, trade, store and use chemicals has at least 01 chemical in Appendix IV attached to this Decree with the largest storage volume at a time greater than or equal to the threshold. The volume specified in this Appendix must develop a plan to prevent and respond to chemical incidents for all dangerous chemicals in which the project operates and submit it to the industry and field management ministry for appraisal and approval. approved before officially putting the project into operation. (Clause 2, Article 20, Decree 113/2017/ND-CP)

- Chủ đầu tư dự án sản xuất, kinh doanh, cất giữ và sử dụng hóa chất trừ trường hợp quy định tại khoản 2, Điều 20, Nghị định 113/2017/NĐ-CP này phải xây dựng Biện pháp phòng ngừa, ứng phó sự cố hóa chất trước khi dự án chính thức đưa vào hoạt động

Investors in projects to produce, trade, store and use chemicals, except for the cases specified in Clause 2, Article 20, Decree 113/2017/ND-CP must develop measures to prevent and respond to chemicals. Respond to chemical incidents before the project officially comes into operation.

- Cơ sở hóa chất nguy hiểm phải thực hiện đầy đủ các quy định pháp luật về bảo vệ môi trường. Nước thải phải được xử lý đạt QCVN 40: 2011/BTNMT, khí thải phải được xử lý đạt QCVN 19: 2009/BTNMT, QCVN 20: 2009/BTNMT

Dangerous chemical facilities must fully comply with legal regulations on environmental protection. Wastewater must be treated to meet QCVN 40: 2011/BTNMT, exhaust gas must be treated to meet QCVN 19: 2009/BTNMT, QCVN 20: 2009/BTNMT.

- Khu vực lưu chứa hóa chất tràn đổ, hóa chất thải bỏ, bao bì, thiết bị chứa đã qua sử dụng, các hóa chất hết hạn sử dụng phải tuân thủ các quy định về bảo vệ môi trường và quản lý chất thải nguy hại

Storage areas for spilled chemicals, discarded chemicals, used packaging, storage equipment, and expired chemicals must comply with regulations on environmental protection and hazardous waste management. harmful.

- Nhà xưởng, kho chứa hóa chất nguy hiểm dạng lỏng phải có hệ thống bờ, rãnh thu gom để đảm bảo hóa chất không thoát ra môi trường; hóa chất không tiếp xúc với các loại hóa chất có khả năng phản ứng trong trường hợp xảy ra sự cố tràn đổ, rò rỉ hóa chất nguy hiểm khác

Factories and warehouses storing liquid dangerous chemicals must have a system of banks and collection ditches to ensure that chemicals do not escape into the environment; Chemicals do not meet chemicals that can react in the event of a spill or leak of other dangerous chemicals.

4.2.1.5. Yêu cầu an toàn trong vận chuyển hóa chất nguy hiểm

Safety requirements in transporting dangerous chemicals

- Khi vận chuyển hóa chất nguy hiểm phải tuân thủ theo quy định Nghị định 34/2024/NĐ-CP ngày 31 tháng 03 năm 2024 của Chính phủ quy định Danh mục hàng hóa nguy hiểm, vận chuyển hàng hóa nguy hiểm bằng phương tiện giao thông cơ giới đường bộ và vận chuyển hàng hóa nguy hiểm trên đường thủy nội địa và các văn bản pháp luật hiện hành

When transporting dangerous chemicals, must comply with the provisions of Decree 34/2024/ND-CP dated March 31, 2024, of the Government regulating the List of dangerous goods and transporting dangerous goods by vehicle. motorized road traffic and transportation of dangerous goods on inland waterways and current legal documents.

- H2 thuộc phụ lục I Kèm theo Nghị định số: 34/2024/NĐ-CP - Danh mục hàng nguy hiểm: thuộc loại 2

H2 belongs to Appendix I attached to Decree No. 34/2024/ND-CP - List of dangerous goods: belongs to category 2.

- Bộ Công An quản lý hoạt động vận chuyển hàng hóa nguy hiểm; cấp Giấy phép vận chuyển hàng hóa nguy hiểm loại 2 (khoản 1 điều 17, khoản 1 điều 22, Nghị định 34/2024/NĐ-CP)

The Ministry of Public Security manages the transportation of dangerous goods, Granting Class 2 Dangerous Goods Transport License (Clause 1, Article 17, Clause 1, Article 22, Decree 34/2024/ND-CP)

4.2.1.6. Giấy chứng nhận đủ điều kiện sản xuất, kinh doanh hóa chất sản xuất, kinh doanh có điều kiện trong lĩnh vực công nghiệp/ Certificate of eligibility for production and trading of chemicals for conditional production and trading in the industrial sector:

- H2 có trong Danh mục hóa chất sản xuất, kinh doanh có điều kiện trong lĩnh vực công nghiệp được ban hành tại Phụ lục I kèm theo Nghị định 113/2017/NĐ-CP được bổ sung bởi Nghị định 82/2022/NĐ-CP sửa đổi Nghị định 113/2017/NĐ-CP hướng dẫn Luật Hóa chất

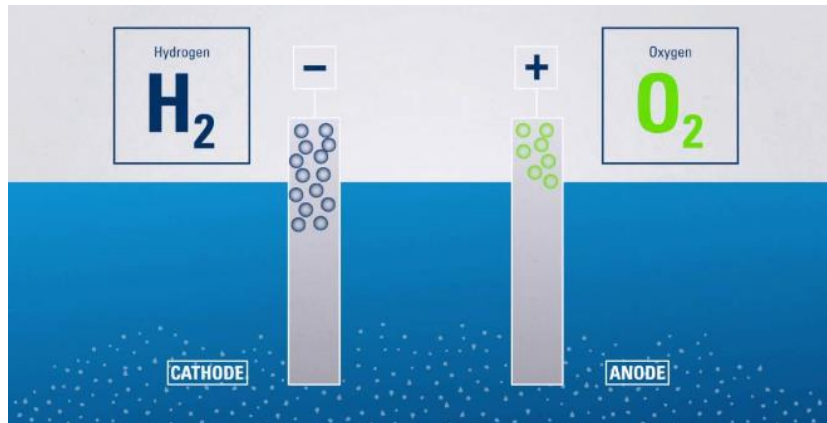
H2 is included in the List of chemicals for conditional production and trading in the industrial sector issued in Appendix I attached to Decree 113/2017/ND-CP supplemented by Decree 82/2022/ND -CP amends Decree 113/2017/ND-CP guiding the Law on Chemicals

- Tổ chức, cá nhân, trừ tổ chức, cá nhân chỉ được sản xuất, kinh doanh hóa chất sản xuất, kinh doanh có điều kiện trong lĩnh vực công nghiệp sau khi được cơ quan có thẩm quyền cấp Giấy chứng nhận đủ điều kiện và có trách nhiệm duy trì đủ điều kiện quy định tại khoản 1, khoản 2 Điều 9 trong suốt quá trình hoạt động sản xuất, kinh doanh. Trường hợp tổ chức, cá nhân không còn đáp ứng đủ điều kiện sẽ bị thu hồi Giấy chứng nhận theo quy định tại khoản 2 Điều 18 của Luật Hóa chất

Organizations and individuals, except organizations and individuals, may only produce and trade chemicals for conditional production and trading in the industrial sector after being granted a

Certificate of eligibility by a competent authority. and is responsible for maintaining the conditions specified in Clauses 1 and 2, Article 9 throughout the process of production and business activities. In case an organization or individual no longer meets the conditions, the Certificate will be revoked according to the provisions of Clause 2, Article 18 of the Law on Chemicals.

4.2.2 Quy trình sản xuất khí H₂ (từ ĐIỆN PHÂN): H₂ gas production process (from Electrolysis):



- Một nhà máy điện phân nước tạo ra hydro (và oxy) bằng cách phân hủy nước do dòng điện đi qua. Bằng cách truyền một dòng điện giữa hai bề mặt kim loại ("điện cực") được ngăn cách bởi màng ngăn hoặc màng, khí hydro được hình thành ở điện cực âm (cực âm) và oxy ở điện cực dương (cực dương).

A water electrolysis plant produces hydrogen (and oxygen) by the decomposition of water due to the passage of electric current. By passing an electric current between two metal surfaces ("electrodes") separated by a diaphragm or a membrane, hydrogen gas is formed at the negative electrode (cathode) and oxygen at the positive electrode (anode).

- Công nghệ điện phân nước có thể được phân loại theo chất điện phân, được thêm vào nước để cải thiện độ dẫn điện của nó hoặc tách hai nửa phản ứng ở cực dương và cực âm của máy điện phân. Các công nghệ điện phân nước phổ biến nhất là điện phân nước kiềm, màng trao đổi proton (PEM) (còn được gọi là màng điện phân polymer), điện phân nước, điện phân nước màng trao đổi anion và điện phân oxit rắn. Điện phân nước màng trao đổi anion và điện phân oxit rắn, còn được gọi là điện phân nhiệt độ cao, đang trong giai đoạn nghiên cứu và phát triển và sẽ không được thảo luận thêm.

Water electrolysis technologies can be classified according to the electrolyte, which is either added to the water to improve its conductivity or which separates the two half reactions at the anode and cathode of the electrolyze. The most common water electrolysis technologies are alkaline water electrolysis, proton exchange membrane (PEM) (also known as polymer electrolyte membrane) water electrolysis, anion exchange membrane water electrolysis, and solid oxide electrolysis. Anion exchange membrane water electrolysis and solid oxide electrolysis, also known as high temperature electrolysis, are in the research and development phase and will not be discussed further.

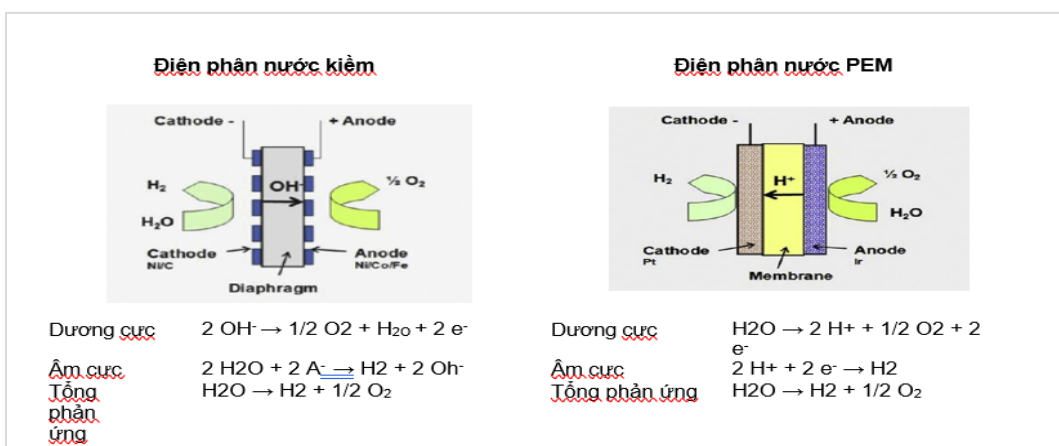
- Hình 3 minh họa điện phân nước kiềm và các tế bào điện phân nước PEM và các phản ứng xảy ra trong mỗi tế bào. Trong quá trình điện phân nước kiềm, dung dịch nước điện phân kiềm (ví dụ: kali hydroxit) được sử dụng, và màng ngăn tách cực dương và

cực âm. Phản ứng tổng thể và các phản ứng xảy ra ở cực âm và cực dương như được chỉ ra trong hình. Cái tên "điện phân nước kiềm" xuất phát từ việc sử dụng dung dịch điện phân kiềm.

Figure 3 illustrates alkaline water electrolysis and PEM water electrolysis cells and the reactions that occur in each. In alkaline water electrolysis process, an aqueous alkaline electrolyte (e.g., potassium hydroxide) solution is used, and a diaphragm separates the anode and the cathode. The overall reaction and the reactions that occur at the cathode and anode are as indicated in the figure. The name "alkaline water electrolysis" comes from the use of an alkaline electrolyte solution.

- Trong quá trình điện phân nước PEM, nước khử ion được sử dụng; và một màng trao đổi ion tách cực dương và cực âm. Mặc dù phản ứng điện phân tổng thể là như nhau, các phản ứng ở cực âm và cực dương khác với các phản ứng xảy ra ở các điện cực trong máy điện phân nước kiềm. Tên màng trao đổi proton hoặc màng điện phân polymer xuất phát từ việc sử dụng màng polymer nơi các proton (H^+) được trao đổi từ bên này sang bên kia của tế bào.

In PEM water electrolysis process, deionized water is used; and an ion exchange membrane separates the anode and the cathode. Although the overall electrolysis reaction is the same, the reactions at the cathode and anode differ from the reactions that occur at the electrodes in an alkaline water electrolyze. The name proton exchange membrane or polymer electrolyte membrane comes from the use of a polymer membrane where protons (H^+) are exchanged from one side of the cell to the other



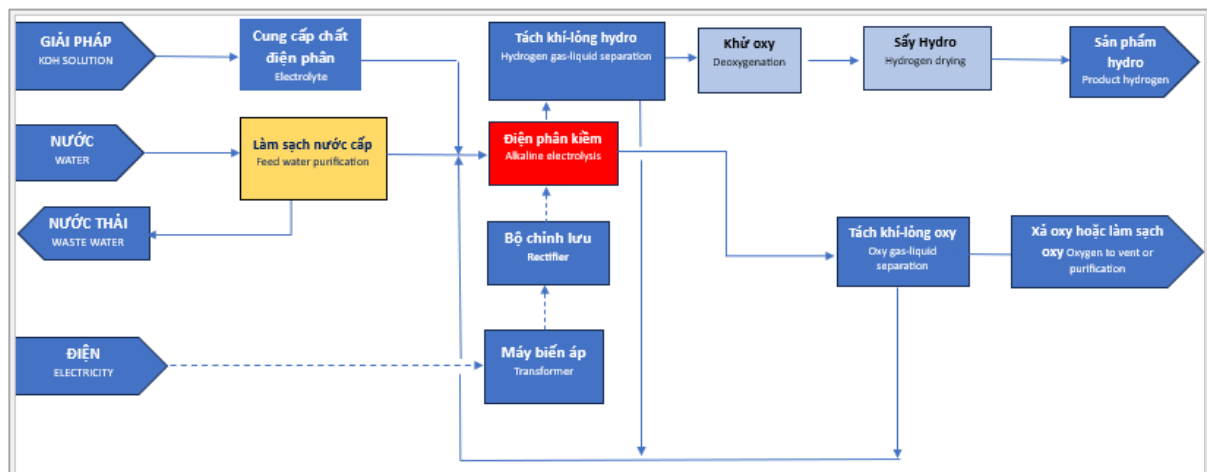
Hình 3 - Sơ đồ nguyên lý hoạt động của tế bào điện phân nước kiềm và PEM

Figure 3 - Schematic of the operating principle of an alkaline and PEM water electrolysis cell

4.2.2.1 Điện phân nước kiềm / Alkaline water electrolysis

- Như minh họa trong Hình 4, có tám đơn vị cơ bản liên quan đến quá trình điện phân nước kiềm: lọc nước; cung cấp chất điện giải; chuyển đổi điện áp trung thế sang điện áp thấp, chuyển đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều trong bộ chỉnh lưu; điện phân; tách khí-lỏng, khử oxy và làm khô hydro của sản phẩm.

As illustrated in Figure 4, there are eight basic units associated with the alkaline water electrolysis process: water purification; electrolyte supply; transformation of medium voltage to low voltage, conversion of alternating current to direct current in the rectifier; electrolysis; gas-liquid separation, deoxygenation, and drying of the product hydrogen.



Hình 4 - Sơ đồ dòng chảy khối của hệ thống điện phân nước kiềm điển hình

Figure 4 - Block flow diagram of a typical alkaline water electrolysis system

- Bước đầu tiên của quá trình điện phân là lọc nước cấp, bởi vì bất kỳ tạp chất nào trong nước cấp sẽ tập trung bên trong các tế bào điện phân và có thể gây ăn mòn và lắng đọng bề mặt. Sau khi lọc, nước cấp được trộn với chất điện phân để cải thiện độ dẫn nước. Chỉ riêng nước khử ion không thể được sử dụng để điện phân nước, vì nó không dẫn điện. Chất điện phân chỉ được sử dụng để cung cấp độ dẫn nước; Không ai trong số đó được tiêu thụ trong quá trình điện phân.

The first step of the electrolysis process is feed water purification, because any impurities in the feed water will concentrate inside the electrolysis cells and can cause corrosion and surface deposits. After purification, the feed water is mixed with the electrolyte to improve water conductivity. Deionized water alone cannot be used for water electrolysis, as it is non-conductive. The electrolyte is used only to provide water conductivity; none of it is consumed during the electrolytic process

- Điện phân nước xảy ra trong các tế bào điện phân. Các điện cực được ngâm trong chất điện phân lỏng được ngăn cách bởi một màng ngăn. Máy điện phân nước kiềm cũ hơn có thể chứa amiăng làm màng ngăn, nhưng chúng đang được thay thế bằng vật liệu không amiăng và polyme xốp. Chất điện phân thường là dung dịch kali hydroxit 20% đến 40%. Dòng điện một chiều được truyền giữa hai bề mặt kim loại (điện cực) qua dung dịch nước/chất điện phân, tạo ra khí hydro ở điện cực âm (cực âm) và oxy ở điện cực dương (cực dương).

Electrolysis of the water occurs in electrolytic cells. The electrodes are immersed in a liquid electrolyte separated by a diaphragm. Older alkaline water electrolyzers can contain asbestos as the diaphragm, but they are being replaced by non-asbestos materials and porous polymers. The electrolyte is usually a 20% to 40% aqueous potassium hydroxide solution. Direct current is passed between two metal surfaces (electrodes) through the water/electrolyte solution, producing hydrogen gas at the negative electrode (cathode) and oxygen at the positive electrode (anode).

- Vật liệu dựa trên niken (ví dụ, hợp kim với các kim loại như coban & sắt, oxit kim loại hỗn hợp, v.v.) thường được sử dụng làm điện cực hoặc lớp phủ điện cực trong quá trình điện phân nước kiềm. Tốc độ hình thành hydro và oxy tỷ lệ thuận với lượng dòng điện trực tiếp được sử dụng. Dòng điện một chiều được tạo ra trong bộ chỉnh lưu,

chuyển đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Việc điện phân nước được thực hiện dưới điện áp thấp nhưng cường độ dòng điện cao. Điện áp hoạt động của tế bào thường là 1,8-volt DC (VDC) đến 2,4 volt VDC, trong khi mật độ dòng điện thường là 0,2 ampe (A) cm² đến 0,5 A cm². Cường độ dòng điện sẽ thay đổi dựa trên tải trọng hoạt động và tuổi của các tế bào. Mật độ dòng điện tối đa có thể đạt được của máy điện phân nước kiềm thấp hơn đáng kể so với máy điện phân nước PEM do tổn thất ohmic cao trên chất điện phân lỏng và màng ngăn. Các tế bào được kết nối điện nối tiếp để tạo thành một ngăn xếp và điện áp hoạt động của ngăn xếp tỷ lệ thuận với số lượng tế bào. 1400 A áp dụng cho 120 tế bào sẽ tạo ra khoảng 70 Nm³ / h hydro. 1200 A sẽ sản xuất khoảng 60 Nm³ / h. 1400 A và 240 VDC tương ứng với khoảng 0,34 MW điện một chiều.

Nickel based materials (for example, alloys with metals such as cobalt & iron, mixed metal oxides, etc.) are typically used as electrodes or electrode coatings in the alkaline water electrolysis process. The rate of formation of hydrogen and oxygen is directly proportional to the amount of direct current used. The direct current is generated in a rectifier, which converts alternating current to direct current. The electrolysis of water is performed under low voltage but high amperage. Cell operating voltage is typically 1.8 volts DC (VDC) to 2.4 volts VDC, while the current density is typically 0.2 amperes (A) cm² to 0.5 A cm². Amperage will vary based on operating load and age of the cells. The maximum achievable current density of alkaline water electrolyzes is considerably lower than PEM water electrolyzes due to the high ohmic losses across the liquid electrolyte and the diaphragm. Cells are electrically connected in series to form a stack, and the stack operating voltage is proportional to the number of cells. 1400 A applied to 120 cells will produce approximately 70 Nm³/h hydrogen. 1200 A will produce approximately 60 Nm³/h. 1400 A and 240 VDC corresponds to about 0.34 MW of DC power.

- Dung dịch điện phân được tuần hoàn để loại bỏ bọt khí sản phẩm và nhiệt bằng máy bơm hoặc bằng cách lưu thông tự nhiên do độ dốc nhiệt độ / mật độ. Thông thường, nhiệt độ hoạt động danh nghĩa của máy điện phân nước kiềm là từ 60 ° C đến 90 ° C (140 ° F đến 195 ° F), và các sản phẩm hydro và oxy dạng khí bão hòa nước và mang theo một lượng nhỏ chất lỏng bị cuốn vào. Chất lỏng bị cuốn vào (dung dịch điện phân) được loại bỏ khỏi hydro trong thiết bị tách khí-lỏng hydro và khỏi oxy trong thiết bị tách khí-lỏng oxy. Các dòng chất lỏng thu được thường được trộn lẫn trước khi được tuần hoàn vào ngăn xếp tế bào để tái sử dụng. Điều này được thực hiện để ngăn chặn sự pha loãng hoặc nồng độ chất điện phân, có thể xảy ra do nước được tiêu thụ ở phía cực âm và được sản xuất ở phía cực dương.

The electrolyte solution is circulated for the removal of product gas bubbles and heat either by pumps or by natural circulation due to temperature/density gradients. Typically, the nominal operating temperature of alkaline water electrolyzes is between 60 °C to 90 °C (140 °F to 195 °F), and the gaseous hydrogen and oxygen products are water-saturated and carry a small amount of entrained liquid. Entrained liquid (electrolyte solution) is removed from the hydrogen in the hydrogen gas-liquid separator and from the oxygen in the oxygen gas-liquid separator. The resulting liquid streams typically are mixed before being recirculated to the cell stack for reuse. This is done to prevent dilution or concentration of electrolyte, which could occur since water is consumed on the cathode side and produced on the anode side.

- Dung dịch điện phân từ hai thiết bị phân tách khí-lỏng chứa khí hòa tan (hydro ở phía cực âm, oxy ở phía cực dương). Khi hai dòng chất lỏng được kết hợp và tuần hoàn vào ngăn xếp tế bào (như trong Hình 4), sự lây nhiễm chéo của hai thành phần khí xảy ra. Có một thiết kế thay thế trong đó hai dòng chất lỏng được giữ riêng biệt và chuyển sang phía đối diện của tế bào. Trong cả hai trường hợp, kết quả là các dòng khí rời khỏi dải phân cách bị ô nhiễm, sản phẩm hydro chứa một lượng nhỏ oxy và oxy sản phẩm phụ chứa một lượng nhỏ hydro. Trong cấu hình thứ ba, chất điện phân chứa hydro từ thiết bị phân tách hydro được bơm trở lại phía hydro của máy điện phân; và chất điện phân chứa oxy từ thiết bị tách oxy được bơm trở lại phía oxy của máy điện phân. Điều này giảm thiểu ô nhiễm chéo, mặc dù ô nhiễm vẫn xảy ra do sự khuếch tán khí từ bên này sang bên kia của tế bào qua cơ hoành. Để tránh nồng độ chất gây ô nhiễm nguy hiểm, các nhà sản xuất giới hạn vòng quay của ngăn xếp máy điện phân trong khoảng từ 10% đến 40% tải thiết kế và hệ thống sẽ tắt dựa trên nồng độ chất gây ô nhiễm.

The electrolyte solution from the two gas-liquid separators contains dissolved gases (hydrogen in the cathode side, oxygen in the anode side). When the two liquid streams are combined and recirculated to the cell stack (as shown in Figure 4), cross-contamination of the two gaseous constituents occurs. There is an alternate design where the two liquid streams are kept separate and crossed to the opposite side of the cell. In both cases, the result is that the gas streams leaving the separators are contaminated, the product hydrogen containing a small amount of oxygen and the byproduct oxygen containing a small amount of hydrogen. In a third configuration, the hydrogen-containing electrolyte from the hydrogen separator is pumped back to the hydrogen side of the electrolyze; and the oxygen-containing electrolyte from the oxygen separator is pumped back to the oxygen side of the electrolyze. This minimizes cross-contamination, although contamination still occurs due to diffusion of gas from one side of the cell to the other across the diaphragm. To avoid hazardous contaminant concentrations, manufacturers limit turndown of the electrolyze stack to between 10% to 40% of design load, and the system will shut down based on contaminant concentration.

- Sau khi tách khí-lỏng, bất kỳ oxy dư nào cũng được loại bỏ khỏi khí hydro thô trong chất khử oxy (đôi khi được gọi là deoxo). Chất khử oxy là một lò phản ứng tầng cố định, trong đó oxy dư phản ứng với hydro sản phẩm qua chất xúc tác để tạo thành nước.

After gas-liquid separation, any residual oxygen is removed from the raw hydrogen gas in a deoxidizer (sometimes referred to as a dioxo). A deoxidizer is a fixed-bed reactor in which the residual oxygen reacts with product hydrogen over a catalyst to form water.

- Nước hình thành trong chất khử oxy được loại bỏ trong hệ thống sấy khí. Bước đầu tiên trong quá trình sấy khí là làm lạnh dòng hơi để ngưng tụ và tách bất kỳ nước lỏng nào hình thành. Bước thứ hai thường là một đơn vị hấp phụ xoay nhiệt độ bao gồm hai hoặc nhiều lớp chất hấp phụ. Khí chảy qua một hoặc nhiều giường, mỗi giường được tái sinh định kỳ bằng cách tăng nhiệt độ của giường để loại bỏ nước hấp phụ. Chất khử oxy và máy sấy được thiết kế để đạt được mức tạp chất oxy và nước cần thiết (thường dưới 5 ppmv oxy từ chất khử oxy và dưới 5 ppmv nước từ máy sấy). Mức độ tạp chất oxy và nước được theo dõi tại đầu ra của máy sấy gas. Sau khi sấy khô, hydro được gửi đến tinh chế thêm nếu cần và sau đó vào tiêu đề sản phẩm hoặc lưu trữ.

The water formed in the deoxidizer is removed in the gas drying system. The first step in gas drying is to chill the vapor stream to condense and separate any liquid water formed. The second step is typically a temperature swing adsorption unit consisting of two or more beds of adsorbent. Gas flows through one or more beds, each of which is periodically regenerated by increasing the temperature of the bed to drive off the adsorbed water. The deoxidizer and dryer are designed to achieve the required level of oxygen and water impurities (typically less than 5 ppmv oxygen from the deoxidizer and less than 5 ppmv water from the dryer). Oxygen and water impurity levels are monitored at the outlet of the gas dryer. After drying, the hydrogen is sent to further purification if required and then into the product header or storage.

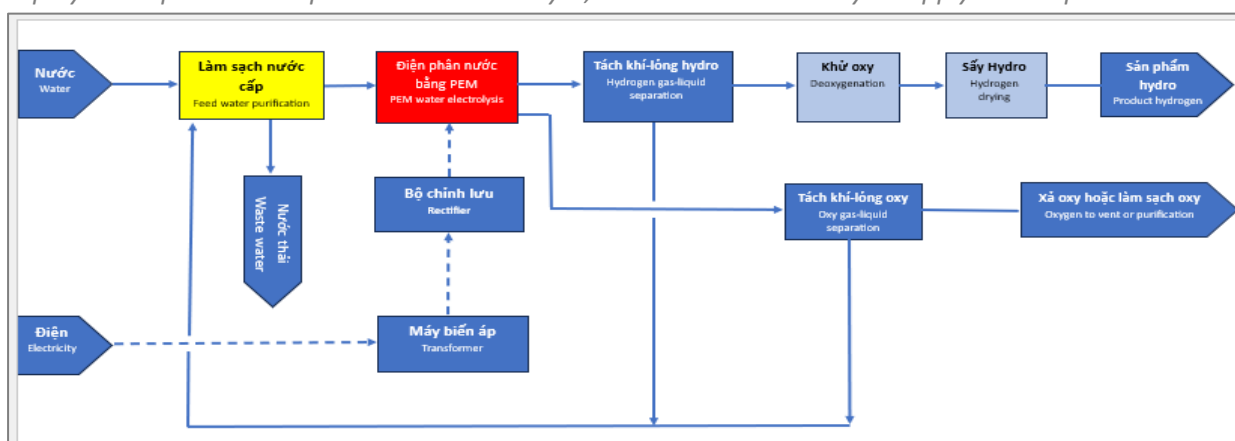
- Trên các đơn vị cũ và nhiều đơn vị hiện tại, sản phẩm hydro ra khỏi hệ thống điện phân ở áp suất thấp và, tùy thuộc vào việc sử dụng, có thể yêu cầu nén. Có những thiết kế mới hơn hoạt động ở áp suất cao (lên đến khoảng 3450 kPa (500 psi)). Có thể cần nén thêm để phân phối sản phẩm, tùy thuộc vào áp suất cuối cùng cần thiết (ví dụ: đường ống hoặc xi lanh). Việc nén có thể được đặt ở nhiều nơi khác nhau ở hạ lưu của chất khử oxy hoặc máy sấy.

On older and many current units, the hydrogen product comes out of the electrolysis system at low pressure and, depending on use, probably requires compression. There are newer designs that operate at elevated pressure (up to approximately 3450 kPa (500 psi)). Additional compression can be required for product delivery, depending on the final pressure required (e.g., pipe or cylinder). The compression may be in a variety of places downstream of the deoxidizer or dryer.

4.2.2.2 Điện phân nước màng trao đổi proton/Proton exchange membrane water electrolysis

- Hình 5 là sơ đồ dòng chảy khối của hệ thống điện phân nước PEM. Có bảy đơn vị cơ bản liên quan đến quá trình điện phân nước PEM: lọc nước; chuyển đổi điện áp trung thế sang điện áp thấp, chuyển đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều trong bộ chỉnh lưu; điện phân; tách khí-lỏng, khử oxy và làm khô hydro của sản phẩm. Sự khác biệt chính giữa hệ thống điện phân nước PEM và hệ thống điện phân nước kiềm là polymer rắn thay thế chất điện phân kiềm lỏng, do đó không cần bộ phận cung cấp chất điện phân.

Figure 5 is a block flow diagram of a PEM water electrolysis system. There are seven basic units associated with the PEM water electrolysis process: water purification; transformation of medium voltage to low voltage, conversion of alternating current to direct current in the rectifier; electrolysis; gas-liquid separation, deoxygenation, and drying of the product hydrogen. The main difference between the PEM water electrolysis system and the alkaline water electrolysis system is that the solid polymer replaces the liquid alkaline electrolyte, so there is no electrolyte supply unit required.



Hình 5 - Sơ đồ dòng chảy khối của hệ thống điện phân nước PEM điển hình

Figure 5 - Block flow diagram of a typical PEM water electrolysis system

- Bước đầu tiên của quá trình điện phân nước PEM là làm sạch nước cấp bằng thẩm thấu ngược, sau đó nó được lưu trữ trong bể chuyên dụng. Bước sơ bộ này là cần thiết để loại bỏ bất kỳ chất gây ô nhiễm và ion nào khỏi nước trước khi cung cấp cho quy trình bằng nước khử ion ASTM loại II này. Bất kỳ tạp chất nào trong nước cấp sẽ tập trung bên trong các tế bào điện phân và gây ra sự ăn mòn và cặn bề mặt.

The first step of the PEM water electrolysis process is to purify the feed water by reverse osmosis, after which it is stored in a dedicated tank. This preliminary step is necessary to remove any contaminants and ions from the water before feeding the process with this ASTM type II deionized water. Any impurities in the feed water will concentrate inside the electrolysis cells and cause corrosion and surface deposits.

- Cũng như điện phân kiềm, điện phân nước xảy ra trong các tế bào điện phân. Một màng trao đổi proton (màng điện phân polymer) tách hai nửa tế bào và các điện cực thường được gắn trực tiếp trên màng, tạo thành cụm điện cực màng. Dòng điện một chiều được truyền giữa hai bề mặt kim loại (điện cực), tạo ra khí hydro ở điện cực âm (cực âm) và oxy ở điện cực dương (cực dương). Chế độ axit ăn mòn được cung cấp bởi màng trao đổi proton đòi hỏi phải sử dụng lớp phủ xúc tác kim loại quý trên các điện cực. Thông thường, cực dương được phủ một lớp iridi xúc tác và cực âm được phủ một lớp bạch kim xúc tác.

As with alkaline electrolysis, electrolysis of the water occurs in electrolytic cells. A proton exchange membrane (polymer electrolyte membrane) separates the two cell halves, and the electrodes are usually directly mounted on the membrane, forming the membrane electrode assembly. Direct current is passed between two metal surfaces (electrodes), producing hydrogen gas at the negative electrode (cathode) and oxygen at the positive electrode (anode). The corrosive acidic regime provided by the proton exchange membrane requires the use of noble metal catalyst coatings on the electrodes. Typically, the anode is coated with a catalytic layer of iridium and the cathode is coated with a catalytic layer of platinum.

- Áp suất trong thiết bị điện phân nước PEM có thể cao hơn trong đơn vị điện phân kiềm. Phần sản xuất khí hydro có thể đạt áp suất lên tới 3500 kPa (500 psi) trong các ứng dụng công nghiệp mà không cần nén khí bên ngoài.

The pressure in a PEM water electrolysis unit can be higher than in an alkaline electrolysis unit. The hydrogen gas production section can reach pressure up to 3500 kPa (500 psi) in industrial applications without external gas compression.

- Tùy thuộc vào kích thước của đơn vị sản xuất hydro, điện áp đầu vào có thể là công suất một pha hoặc ba pha, điện áp thấp (400 V) hoặc trung thế (10 kV đến 30 kV) và 50 Hz hoặc 60 Hz. Bộ chỉnh lưu chuyển đổi dòng điện xoay chiều đến thành dòng điện một chiều. Việc điện phân nước được thực hiện dưới điện áp thấp nhưng cường độ dòng điện cao. Dòng điện áp dụng cho ngăn xếp tương ứng trực tiếp với tốc độ dòng chảy của hydro và oxy được tạo ra. Điện áp hoạt động của tế bào điện phân nước PEM

thường là 1,8 VDC đến 2,2 VDC. So với máy điện phân nước kiềm, hệ thống điện phân nước PEM có thể hoạt động ở mật độ dòng điện cao hơn nhiều. Tại thời điểm xuất bản này, hầu hết các hệ thống điện phân nước PEM thương mại hiện có trên thị trường đều hoạt động trong phạm vi 1 A cm⁻² đến 3 A cm⁻².

Depending on the size of the hydrogen production unit, the input voltage can be single-phase or three-phase power, low voltage (400 V) or medium voltage (10 kV to 30 kV), and 50 Hz or 60 Hz. The rectifier converts incoming alternating current to direct current. The electrolysis of water is performed under low voltage but high amperage. The electric current applied to the stack directly corresponds to the flow rate of hydrogen and oxygen produced. PEM water electrolysis cell operating voltage is typically 1.8 VDC to 2.2 VDC. In comparison to alkaline water electrolyzes, PEM water electrolysis systems can operate at much higher current densities. At the time of this publication, most commercial PEM water electrolysis systems available on the market operated in the 1 A cm⁻² to 3 A cm⁻² range.

- Các tế bào được kết nối điện nối tiếp để tạo thành một ngăn xếp và điện áp hoạt động của ngăn xếp tỷ lệ thuận với số lượng tế bào. Ví dụ, một hệ thống điện phân nước PEM được thiết kế để sản xuất hydro 400 Nm³ / h bao gồm 320 tế bào trong một ngăn xếp duy nhất với diện tích tế bào 1000 cm² trên mỗi tế bào điện phân sẽ hoạt động ở khoảng 640 VDC ở khoảng 3000 A tương ứng với khoảng 2 MW điện đầu vào.

Cells are electrically connected in series to form a stack, and the stack operating voltage is proportional to the number of cells. For example, a PEM water electrolysis system designed to produce 400 Nm³/h hydrogen consisting of 320 cells in a single stack with a cell area of 1000 cm² per each electrolysis cell will operate at about 640 VDC at approximately 3000 A corresponding to about 2 MW of input power.

- Một máy bơm tuần hoàn cung cấp nước cho phía anốt của ngăn xếp tế bào. Nước này loại bỏ nhiệt từ ngăn xếp tế bào điện phân và duy trì nhiệt độ ngăn xếp và mức chất lỏng. Một phần của nước khử ion bị oxy hóa thành oxy dạng khí ở phía anốt của ngăn xếp tế bào, dẫn đến hỗn hợp khí-lỏng (oxy và nước) ở đầu ra của ngăn xếp. Do ảnh hưởng của điện trường, các proton (ion hydro) được tạo ra ở phía anốt của ngăn xếp tế bào di chuyển qua PEM đến phía catốt, nơi chúng kết hợp với các electron từ mạch ngoài để tạo thành khí hydro. Do hiệu ứng thẩm thấu điện, nước từ phía anốt của ngăn xếp tế bào đi qua màng đến phía catốt dẫn đến hỗn hợp khí-lỏng (hydro và nước) ở đầu ra của phía catốt của ngăn xếp. Một nửa anốt của tế bào chạy ở áp suất thấp hơn nửa catốt của tế bào. Áp suất chênh lệch kết quả giữa nửa tế bào anốt và catốt là động lực cho sự thẩm thấu hydro trên màng. Ngoài sự thẩm thấu của hydro, nước và oxy hòa tan và hydro có thể được vận chuyển qua màng bằng cách đối lưu từ cực dương đến cực âm do thông lượng proton của điện phân, một hiện tượng thường được gọi là lực cản thẩm thấu điện. Lực cản thẩm thấu điện thay đổi theo hóa học của vật liệu PEM và rất quan trọng vì nó ảnh hưởng đến việc quản lý nước của hệ thống điện phân nước PEM.

A circulation pump feeds water to the anodic side of the cell stack. This water removes heat from the electrolysis cell stack and maintains the stack temperature and liquid level. Part of the deionized water is oxidized into gaseous oxygen at the anodic side of the cell stack, resulting in a gas-liquid mixture (oxygen and water) at the outlet of the stack. Because of the electric field, protons (hydrogen ions) generated at the anodic side of the cell stack migrate across the PEM to the cathodic side where they

combine with electrons from the external circuit to form hydrogen gas. Due to the electro-osmotic effect, water from the anodic side of the cell stack passes through the membrane to the cathodic side resulting in a gas-liquid mixture (hydrogen and water) at the outlet of the cathodic side of the stack. The anodic half of the cell runs at a lower pressure than the cathodic half of the cell. The resulting differential pressure between the anodic and cathodic cell halves is a driving force for hydrogen permeation across the membrane. In addition to the permeation of the hydrogen, water and dissolved oxygen and hydrogen can be transported through the membrane by convection from the anode to the cathode due to the electrolysis' proton flux, a phenomenon commonly referred to as electro-osmotic drag. Electro-osmotic drag varies with the chemistry of the PEM material and is important since it impacts water management of a PEM water electrolysis system.

- Với sự thẩm thấu chéo này, hydro và oxy được tạo ra ở cả hai phía của điện cực thấm qua màng và sau đó trộn vào ngăn điện cực đếm tương ứng. Điều này dẫn đến ô nhiễm chéo oxy và hydro.

With this cross-permeation, hydrogen and oxygen produced at both sides of the electrode permeate through the membrane and then mix in the respective counter electrode compartment. This results in cross- contamination of the oxygen and hydrogen.

- Thông thường, nhiệt độ hoạt động danh nghĩa của hệ thống máy điện phân nước PEM từ 50 ° C đến 80°C (120 °F và 180 °F), và các sản phẩm hydro và oxy dạng khí bão hòa nước và mang theo một lượng nhỏ chất lỏng bị cuốn vào. Nước bị cuốn vào được loại bỏ khỏi hydro trong thiết bị tách khí-lỏng hydro và khỏi oxy trong thiết bị tách khí-lỏng oxy. Các dòng nước lỏng thu được được trộn trước khi được tuần hoàn đến bộ phận lọc nước cấp để tái sử dụng trong ngăn xếp tế bào. Để tránh nồng độ chất gây ô nhiễm nguy hiểm, các nhà sản xuất thường giới hạn tỷ lệ quay vòng từ 5% đến 40% tải trọng thiết kế.

Typically, the nominal operating temperature of PEM water electrolyzes systems between 50 °C and 80°C (120 °F and 180 °F), and the gaseous hydrogen and oxygen products are water-saturated and carry a small amount of entrained liquid. Entrained water is removed from the hydrogen in the hydrogen gas-liquid separator, and from the oxygen in the oxygen gas-liquid separator. The resulting liquid water streams are mixed before being recirculated to the feed water purification unit for reuse in the cell stack. To avoid hazardous contaminant concentrations, manufacturers typically limit turndown to between 5% to 40% of design load.

- Nước từ hai thiết bị phân tách khí-lỏng chứa khí hòa tan (hydro ở phía cực âm, oxy ở phía cực dương). Khi hai dòng nước được kết hợp và tuần hoàn đến phía anốt của tế bào điện phân, và từ đó qua màng đến phía catốt của tế bào, sự ô nhiễm chéo của hai thành phần khí xảy ra. Điều này là ngoài sự thẩm thấu chéo được thảo luận ở trên. Do đó, các dòng khí rời khỏi dải phân cách bị ô nhiễm, sản phẩm hydro chứa một lượng nhỏ oxy và oxy sản phẩm phụ chứa một lượng nhỏ hydro.

The water from the two gas-liquid separators contains dissolved gases (hydrogen in the cathode side, oxygen in the anode side). When the two water streams are combined and recirculated to the anodic side of the electrolyzer cell, and from there through the membrane to the cathodic side of the cell, cross-contamination of the two gaseous constituents occurs. This is in addition to the cross-permeation discussed above. Therefore, the gas streams leaving the separators are contaminated, the product hydrogen containing a small amount of oxygen and the byproduct oxygen containing a small amount of hydrogen.

- Sau khi tách khí-lỏng, bất kỳ oxy dư nào cũng được loại bỏ khỏi khí hydro thô trong chất khử oxy. Chất khử oxy là một lò phản ứng tầng cố định, trong đó oxy dư phản ứng với hydro sản phẩm qua chất xúc tác để tạo thành nước.

After gas-liquid separation, any residual oxygen is removed from the raw hydrogen gas in a deoxidizer. A deoxidizer is a fixed-bed reactor in which the residual oxygen reacts with product hydrogen over a catalyst to form water.

- Nước hình thành trong chất khử oxy được loại bỏ trong hệ thống sấy khí. Bước đầu tiên trong quá trình sấy khí là làm lạnh dòng hơi để ngưng tụ và tách bất kỳ nước lỏng nào hình thành. Bước thứ hai thường là một đơn vị hấp phụ xoay nhiệt độ bao gồm hai hoặc nhiều lớp chất hấp phụ. Khí chảy qua một hoặc nhiều giường, mỗi giường được tái sinh định kỳ bằng cách tăng nhiệt độ của giường để loại bỏ nước hấp phụ. Chất khử oxy và máy sấy được thiết kế để đạt được mức tạp chất oxy và nước cần thiết (thường dưới 5 ppmv oxy từ chất khử oxy và dưới 5 ppmv nước từ máy sấy). Mức độ tạp chất oxy và nước được theo dõi tại đầu ra của máy sấy gas. Sau khi sấy khô, hydro được gửi đến tinh chế thêm nếu cần và sau đó vào tiêu đề sản phẩm hoặc lưu trữ. Nếu cần thiết, sản phẩm hydro có thể được nén.

The water formed in the deoxidizer is removed in the gas drying system. The first step in gas drying is to chill the vapor stream to condense and separate any liquid water formed. The second step is typically a temperature swing adsorption unit consisting of two or more beds of adsorbent. Gas flows through one or more beds, each of which is periodically regenerated by increasing the temperature of the bed to drive off the adsorbed water. The deoxidizer and dryer are designed to achieve the required level of oxygen and water impurities (typically less than 5 ppmv oxygen from the deoxidizer and less than 5 ppmv water from the dryer). Oxygen and water impurity levels are monitored at the outlet of the gas dryer. After drying, the hydrogen is sent to further purification if required and then into the product header or storage. If necessary, the hydrogen product may be compressed.

4.2.2 Quy trình sản xuất khí H₂ (từ METHANOL):

H₂ gas production process (from Methanol):

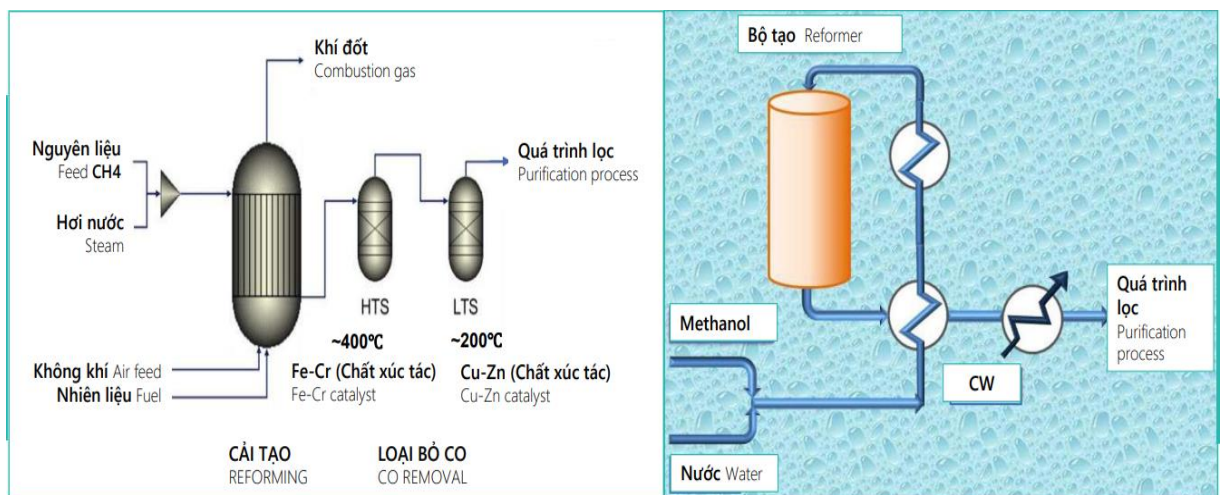
- Nguyên liệu nguyên thô, methanol và nước ion hóa, được cấp vào một bình phản ứng thông qua một bơm cấp với dạng màng ở một lưu lượng cố định. Methanol và nước được chuyển đổi thành hydrogen và carbon dioxide với sự hiện diện của chất xúc tác ở nhiệt độ từ 250 - 280°C theo các công thức sau

Raw materials, methanol and deionized water are fed into a reactor by a diaphragm feed pump at constant flow rate. Methanol and water are reformed into Hydrogen and carbon dioxide with catalyst at 250 - 280°C with following formula

- Tái tạo hơi methanol ($\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} + \text{Nhiệt} \leftrightarrow \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$)
Methanol steam reforming ($\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} + \text{Heat} \leftrightarrow \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$)
- Phân hủy methanol (cracking) ($\text{CH}_3\text{OH} \leftrightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2$)
Methanol decomposition (cracking) ($\text{CH}_3\text{OH} \leftrightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2$); and
- Phản ứng chuyển hóa khí nước ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$)/
Water gas shift ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$).

- Nhiệt cần thiết cho quá trình hóa hơi hóa chất lỏng hỗn hợp và phản ứng tái tạo được cung cấp bởi một bộ đốt nhiên liệu. Bộ đốt nhiên liệu này được cấp nhiên liệu từ các khí thải thu được từ quá trình PSA (khí thải PSA), và nhiên liệu còn lại được cung cấp bởi nhiên liệu phụ (make-up fuel), thường là methanol hoặc khí hóa lỏng. Khi cần thiết, nhiệt dư thừa được thu hồi trong quá trình. Các phương pháp chính để thu hồi nhiệt từ bộ đốt nhiên liệu là hoặc là sưởi ấm một dòng dầu tuần hoàn để cung cấp nhiệt cho bình phản ứng, hoặc sử dụng khí thải từ bộ đốt nhiên liệu trực tiếp để cung cấp nhiệt cho bình phản ứng. Một biểu đồ khối biểu thị quá trình crack methanol được sưởi ấm bằng dầu nóng được thể hiện trong Hình 1.

The heat required for the vaporization of the mixed liquid feed and the reforming reaction is provided by a fired heater. The fired heater is fueled by recovered waste gases from the PSA (PSA tail gas), with the remainder of heat required provided by make-up fuel, typically methanol or liquefied petroleum gas. As practical, the excess heat is recovered in the process. The primary methods of heat recovery from the fired heater are to either heat a circulating oil stream that provides the heat for the reactor, or to utilize the fired heater flue gases to provide the heat for the reactor directly. A block diagram representing the hot oil heated methanol cracking process is given in Figure 1.



Hình 1: Quá trình cacking Methanol bằng cách đun nóng bằng dầu nóng

Figure 1—Hot oil heated methanol cracking process

- Hệ thống bồn gia nhiệt và đường ống dẫn dầu gia nhiệt làm việc ở nhiệt độ cao (>250độ C) nguy cơ gây bỏng khi va chạm, vận hành thiết bị hoặc tiếp xúc với dầu gia nhiệt ở nhiệt độ cao khi dầu bị rò rỉ, văng bắn

Thermal oil tanks and heat transfer oil pipelines operating at high temperatures (> 250°C) pose risks of burns upon collision, equipment operation, or contact with high-temperature oil in case of leakage or splashing.

- Trong quá trình vận hành thiết bị hạn chế các hoạt động phát sinh tia lửa, dụng cụ tạo tia lửa, sử dụng các thiết bị chuyên dụng bằng đồng khi thao tác

During equipment operation, activities generating sparks should be restricted, and copper tools should be used when handling.

4.2.3 An toàn vận hành

Operational Safety

4.2.3.1 Các biện pháp bảo vệ và thực hành an toàn/Safeguards and practices

- Tuân thủ quy trình vận hành
Follow up with Operating procedure.
- Tuân thủ Giấy phép làm việc nếu được áp dụng
Follow Permit To Work where every applicable
- Duy trì thực hành vệ sinh công nghiệp tốt
Maintain good housekeeping practices
- Gọn gàng, biển báo an toàn, vòi tắm khẩn cấp, lan can v.v.
Tidy, safety signs, safety showers, handrails etc
- Bình chữa cháy – Quy định của địa phương
Fire extinguishers / points - Local regulations
- Thông gió tốt cho toàn bộ khu vực nhà máy: Nguy cơ ngạt thở
Ventilate well all the areas of plant: Asphyxiation hazards
- Loại bỏ tất cả các nguồn gây cháy: Nguy cơ cháy nổ
Remove all sources of ignition: Explosion hazards
- Chỉ sử dụng các dụng cụ không phát ra tia lửa
Use only non-sparking tools
- Không đốt lửa, hút thuốc, v.v.
No open flames, smoking etc
- Luôn thổi hệ thống bằng nitơ trước khi thực hiện công việc bảo trì: Sử dụng hệ thống khóa và thẻ an toàn (LOTO) thích hợp
Always purge the system with nitrogen before performing maintenance works: Use proper Lockout & Tag out system (LOTO)
- Tuân theo quy trình Quản lý sự Thay đổi (MOC) nếu áp dụng
Follow Management Of Change (MOC) where applicable
- Mặc quần áo chống cháy và chống tĩnh điện được phê duyệt trên các nhà máy Hydro
Approved fire retardant and anti-static clothing must be worn on Hydrogen plants. Clothing must also be long sleeved.
- Kế hoạch ứng phó khẩn cấp
Emergency respond plan

4.2.3.2 Thiết bị an toàn / Safety Device

- Các thiết bị an toàn sau đây thường được lắp đặt trong nhà máy hydro để bảo vệ nhà máy, thiết bị và con người
The following safety devices are generally installed in a hydrogen plant to protect plant, equipment and people
 - Hệ thống chống sét để bảo vệ khỏi sét đánh

Lightning protection system, to protect from lightning strikes

- Van an toàn để bảo vệ khỏi áp lực quá mức
Safety valves to protect from over pressure
- Thiết bị giám sát ngọn lửa để phát hiện cháy hoặc ngọn lửa trong nhà máy
Flame monitors to detect fire or flames in the plant
- Máy dò khí đưa ra cảnh báo trước về hỗn hợp khí có thể gây nổ
Gas detectors give advance warning of possible explosive gas mixtures

— Đầu dò báo khói trong phòng điều khiển

Smoke Detectors in Control room

- Đưa ra cảnh báo trước về đám cháy nhỏ bắt đầu trong phòng điều khiển
Give advance warning of small fire initiating in the control room.

— Hệ thống chống sét và tiếp địa

Lightning & earthing protection system

Lắp đặt hệ thống chống sét trên các công trình, tòa nhà

Lightning protection system installations on structures and buildings:

- Ống khói / *Flue Gas Stack*
- Giá đỡ thang ống, cáp / *Pipe and cable ladder rack*
- Lò phản ứng / *Reformer building*
- Tòa nhà điện & thiết bị điều khiển / *Electrical & Instrument Building*
- Thiết bị trao đổi nhiệt / *Heat Exchanger structure*

— Thiết bị theo dõi ngọn lửa

Flame Monitors

Được sử dụng để phát hiện đám cháy hoặc ngọn lửa

Used to detect fire or flames.

- Có khả năng phát hiện ngọn lửa từ khoảng cách tối thiểu 4,6m
Capable of detecting flames from at least 4.6m
- Không dễ bị báo động sai từ mặt trời, nguồn sáng và các tia sáng nền
Should not be susceptible to false alarms from the sun, lighting sources and background flare stacks
- Thông thường được lắp đặt tại
Normally installed at:
 - Khu vực PSA / *PSA unit*
 - Máy nén hydro / *Hydrogen compressor*
 - Trạm nạp xe moóc / *Trailer filling station*
 - Khu vực lưu trữ / *Storage area*
- Nếu phát hiện bất kỳ đám cháy hoặc ngọn lửa nào - nhà máy sẽ dừng hoạt động
If any fire or flame is detected - plant will trip

— Máy dò khí

Gas Detectors

- Dùng để phát hiện sự có mặt của hỗn hợp khí nổ/
Used to detect the presence of explosive gas mixtures.
- Thường được lắp đặt tại / *Usually installed at:*
 - Khu vực PSA / *PSA unit*
 - Khu vực máy nén khí hydro hoặc máy nén khí
Hydrogen compressor or Compressor area
 - Bể chứa và máy bơm Naphtha hoặc LPG
Naphtha or LPG storage tanks and pumps
 - Trạm nạp xe moóc / *Trailer filling station*
 - Lò phản ứng / *Reactors*
 - Khu vực chứa nhiên liệu / *Fuel skids*
- Nếu phát hiện hỗn hợp khí dễ nổ sẽ có cảnh báo ban đầu về mức LEL cao
If an explosive gas mixture is detected, there will be an initial warning for high level LEL
- Khi không khí xung quanh đạt đến mức LEL cao, nhà máy sẽ ngừng hoạt động
When the surrounding atmosphere reaches a high LEL level, the plant will trip

4.2.3.3 Loại bỏ không khí dễ cháy hoặc nổ

Removing Flammable or Explosive Atmospheres

- Khí trơ (ví dụ Nitơ) được sử dụng làm trơ môi trường, việc này cần phải kiểm tra khí để kiểm tra các chất dễ cháy trong quá trình làm sạch. Thiết bị hoặc đường ống phải được làm sạch bằng nitơ cho đến khi không khí còn lại bằng hoặc dưới 10% giới hạn nổ dưới (LEL) sau đây:

Inert gas (ex-Nitrogen) is used as the purging medium for this, and a gas test is required to check for combustibles during the purge. The equipment or pipe work must be purged with nitrogen until the atmosphere remaining is at, or below 10% of the following lower explosive limits (LELs):

- | | |
|---|--------------------------|
| • Hydrogen (H ₂) | 4.1 % mol. (<0.4 %mol) |
| • Methane (CH ₄) | 5.3 % mol. (<0.53 %mol) |
| • Carbon Monoxide (CO) | 12.5 % mol. (<1.25 %mol) |
| • Khí dầu mỏ hóa lỏng (LPG)
<i>Liquefied Petroleum Gas (LPG)</i> | 2.0 % mol. (<0.2 %mol) |
| • Khí tự nhiên (NG)
<i>Natural Gas (NG)</i> | 7.0 % mol. (<0.7%mol) |

4.2.4 An toàn bổ sung cho Hydro lỏng

Additional safety for Liquid Hydrogen

- Hydro lỏng có mã UN là 1966
Liquid hydrogen has the UN number 1966.
- Hydro là chất khí có mật độ thấp nhất trong tất cả các loại khí. Ở nhiệt độ và



áp suất tiêu chuẩn, mật độ của khí hydro bằng 1/14 mật độ của không khí. Do mật độ thấp, khí hydro sẽ bay lên và khuếch tán nhanh chóng trong không khí. Do đó hydro có thể tích tụ trong không gian mái của các tòa nhà. Hydro có thể khuếch tán nhanh chóng qua một số vật liệu xốp hoặc hệ thống có lỗ nhỏ thường kín khí so với không khí

Hydrogen is the least dense of all gases. At standard temperature and pressure, the density of gaseous hydrogen is one fourteenth that of air. Due to its low density, gaseous hydrogen will rise and diffuse rapidly in the air. Hydrogen can therefore collect in the roof spaces of buildings. Hydrogen can diffuse rapidly through certain porous materials or systems with small openings that would normally be gastight compared to air.

— Đặc tính hóa học của Hydro lỏng:

Liquid Hydrogen properties

- Hydro lỏng không màu và không mùi. Mật độ của nó là một phần mười bốn của nước. Hydro lỏng cực kỳ lạnh - và ngoại trừ helium - có nhiệt độ sôi thấp nhất trong tất cả các loại khí (-252.8 độ C).

Liquid hydrogen is colourless and odourless. Its density is one fourteenth that of water. Liquid hydrogen is extremely cold -and except for helium- has the lowest boiling point of all gases.

- Hydro bao gồm ortho-hydro và para-hydro. Những dạng này có sự khác biệt về tính chất vật lý nhưng không có tính chất hóa học. Ở nhiệt độ hydro lỏng ortho-hydro có xu hướng chuyển thành para-hydro. Sự chuyển đổi này giải phóng nhiệt khuyến khích sự bay hơi. Tuy nhiên, hydro lỏng thương mại chủ yếu bao gồm para-hydro.

Hydrogen consists of ortho-hydrogen and para-hydrogen. These forms have differences in physical but not in chemical properties. At the temperature of liquid hydrogen ortho-hydrogen tends to convert into para-hydrogen. This conversion liberates heat that encourages evaporation. However, commercial liquid hydrogen mainly consists of para-hydrogen.

- Hydro lỏng và khí "sôi" lạnh, thoát ra từ chất lỏng, có thể gây bỏng nặng (tương tự như bỏng nhiệt) khi tiếp xúc với da. Các mô mỏng manh, chẳng hạn như mắt, có thể bị tổn thương khi tiếp xúc với khí lạnh hoặc chất lỏng bắn tung tóe trong một khoảng thời gian ngắn, thông thường sẽ quá ngắn để ảnh hưởng đến da tay hoặc mặt. Sự tiếp xúc giữa các bộ phận không được bảo vệ của cơ thể với đường ống không được cách nhiệt hoặc các bình chứa hydro lỏng có thể khiến thịt dính và rách.

Liquid hydrogen and the cold "boil off" gas, evolving from the liquid, can produce severe burns (similar to thermal burns) upon contact with skin. Delicate tissue, such as those of the eyes can be injured by exposure to the cold gas or splashed liquid in a brief period of time, that would normally be too short to affect the skin of the hands or face. Contact between unprotected parts of the body with uninsulated piping or vessels containing liquid hydrogen can cause the flesh to stick and tear.

- Hydro lỏng và khí "nguội" có thể khiến nhiều vật liệu thông thường như thép cacbon, nhựa hoặc cao su trở nên giòn và dễ bị gãy khi chịu ứng suất. /

Liquid hydrogen and cold "boil off" gas can cause many common materials such as carbon steel, plastic or rubber to become brittle and prone to fracture under stress.

- Ở nhiệt độ của hydro lỏng, tất cả các loại khí, ngoại trừ helium, ngưng tụ và sau đó đông đặc lại. Các hạt rắn như vậy có thể làm tắc nghẽn các khu vực hạn chế như van và lỗ, điều này có thể dẫn đến hỏng hóc, dòng chảy và/hoặc tăng áp suất. Hơn nữa, không khí ngưng tụ hoặc đông đặc trong hydro lỏng có nguy cơ nổ tiềm ẩn.

At the temperature of liquid hydrogen all gases, except helium, condense and then solidify. Such solid particles can plug restricted areas such as valves and orifices, which could lead to a failure of flow and/or pressure increase. Furthermore, condensed or solidified air in liquid hydrogen is a potential explosion hazard.

- Hydro lỏng có nhiệt hóa hơi rất thấp (liên quan đến thể tích). Do đó, một lượng nhiệt nhỏ đưa vào chẳng hạn như đưa chất rắn hoặc chất lỏng vào ở nhiệt độ phòng sẽ tạo ra sự biến đổi mạnh của chất khí và sự bắn tung tóe của chất lỏng.

Liquid hydrogen has a very low heat of vaporisation (related to a volume basis). Therefore, a small heat input for example inserting solids or liquids at room temperature will create a violent evolution of gas and splashing of liquid.

- Hydro lỏng đựng trong các thùng chứa và đường ống cách nhiệt kém hoặc không cách nhiệt sẽ hóa lỏng không khí xung quanh. Do điểm sôi khác nhau nên không khí ngưng tụ chứa nitơ và oxy rất giàu oxy và có thể gây nguy cơ hỏa hoạn.

Liquid hydrogen in poorly insulated or uninsulated containers and piping will liquefy the surrounding air. Due to the different boiling points of nitrogen and oxygen condensed air is oxygen-enriched and can cause a fire risk.

- Hydro lỏng tràn vào khí quyển sẽ bay hơi nhanh chóng. Một lít hydro lỏng tạo ra khoảng 850 lít hydro khí ở điều kiện môi trường xung quanh.

Liquid hydrogen, spilled to the atmosphere evaporates rapidly. One litre of liquid hydrogen gives approximately 850 litres of gaseous hydrogen at ambient conditions.

- Hydro sôi ở trạng thái nguội đậm đặc hơn không khí một chút và có thể tích tụ trong các hố và rãnh trong thời gian ngắn tùy thuộc vào nhiệt độ và số lượng. Sau đó hydro bay lên và khuếch tán nhanh chóng.

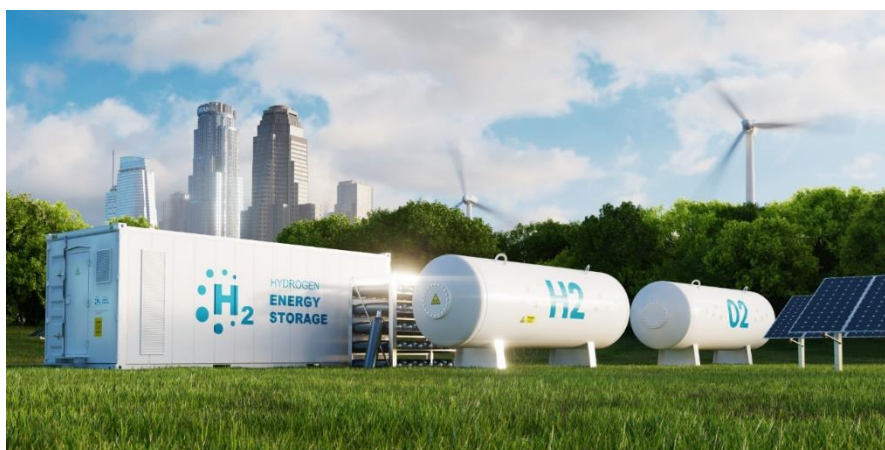
Cold boil-off hydrogen is a little denser than air and may accumulate in pits and trenches, for short periods depending on temperature and quantity. After that hydrogen rises and diffuses rapidly.

- Hydro sôi nguội làm ngưng tụ hơi ẩm trong không khí, do đó tạo ra sương mù dễ nhìn thấy.

Cold boil-off hydrogen condenses the moisture in the air, thus creating a highly visible fog.

4.2.5 Quy trình ứng phó sự cố trong sản xuất H₂:

Incident response procedure in H₂ production:



Nhà máy sản xuất H₂ phải xây dựng “Kế hoạch ứng phó khẩn cấp tại nhà máy”, kế hoạch này phải được xây dựng và phải bao gồm tối thiểu các yếu tố sau:

The H₂ production plant shall develop a “Factory Emergency Response Plan”, which must be developed and must include at least the following elements:

- Giao thức thông báo báo động toàn nhà máy với hành động bắt buộc đối với nhân viên tại công trường.
Plant-wide alarm notification protocol with required action by site employees.
- Quy trình ứng phó và kiểm soát khẩn cấp.
Emergency response and control procedures.
- Quy trình dừng hoạt động khẩn cấp.
Procedures for emergency shutdown of operations.
- Thông tin liên lạc khẩn cấp bên trong và bên ngoài (lực lượng ứng cứu sơ cứu, xe cứu thương, sở cứu hỏa, cảnh sát, nhóm ứng phó vật liệu nguy hiểm, khách hàng và các cơ sở lân cận);
Internal and external emergency contact information (first aid responders, ambulance, fire department, police, hazardous materials response team, customers, and neighboring facilities);
- Yêu cầu thông báo của cơ quan quản lý và thẩm quyền có thẩm quyền.
Required jurisdictional authority and regulating agency notification requirements.

Một số tình huống khẩn cấp phổ biến nhất cần được giải quyết là:

Some of the most common emergency scenarios that should be addressed are:

- Hỏa hoạn/ *Fire*
- Cấp cứu y tế/ *medical emergency*
- Tràn hóa chất/ *chemical spill*
- Rò rỉ khí có độc tính hoặc khả năng phát nổ/giải phóng năng lượng không kiểm soát
Gaseous release with toxicity or ignition/uncontrolled energy release potential
- Mối đe dọa an ninh/ *security threat*
- Tình trạng khẩn cấp về thời tiết/ *weather emergency*
- Mất điện, động đất/ *power outage, earthquake*

Nhân viên và nhà thầu làm việc tại nhà máy phải được đào tạo về kế hoạch ứng phó khẩn cấp của công trường. Khuyến khích tổ chức diễn tập ứng phó khẩn cấp định kỳ với lực lượng ứng cứu đầu tiên.

Employees and contractors working on the site shall be trained in the site’s emergency response plan. Periodic emergency response drills with first responders are recommended.

Nguy cơ của sản phẩm và thuốc thử

Product and reagent hazards:

- Tất cả nhân viên phải có nhận thức đúng đắn về mối nguy hiểm, bao gồm hiểu rõ với các bảng dữ liệu an toàn (SDS) đối với Hydro, nguyên liệu đầu vào, nhiên liệu, chất điện phân, Ôxy và hóa chất xử lý nước có trong nhà máy.

All personnel should have proper hazard awareness, including familiarity with safety data sheets (SDS) for hydrogen, feedstock, fuel, electrolyte, oxygen, and water treatment chemicals present in the plant

- Một nhà máy sản xuất Hydro dựa trên nhiệt thường sử dụng nhiều loại khí hydrocarbon nhẹ hoặc chất lỏng làm nguyên liệu đầu vào. Các loại khí hoặc chất lỏng không màu này có thể dễ cháy và/hoặc độc hại. Ngoài ra, các chất xúc tác và các vật liệu khác (ví dụ: hóa chất xử lý nước, dầu bôi trơn) được sử dụng trong nhà máy có khả năng gây nguy hiểm.

A thermal-based hydrogen production plant typically utilizes a variety of light hydrocarbon gases or liquids as feedstock. These colorless gases or liquids can be flammable and/or toxic. In addition, the catalysts and other materials (e.g., water treatment chemicals, lubricating oil) used in the plant are potentially hazardous.

- Sản xuất Hydro dựa trên điện phân có thể sử dụng chất lỏng ăn mòn cho chất điện phân (quy trình kiềm) và tạo ra khí Hydro và oxy. Việc sản xuất kép Hydro và Ôxy gây ra mối nguy hiểm về phản ứng. Các tính chất chính (ví dụ: LFL và độc tính) của một số hóa chất phổ biến hơn được tìm thấy trong các đơn vị sản xuất Hydro (chủ yếu là nguyên liệu đầu vào và sản phẩm).

Hydrogen production based on electrolysis can use a corrosive liquid for electrolytes (alkaline process) and produces hydrogen and oxygen gas. The dual production of hydrogen and oxygen presents a reactivity hazard. Key properties (e.g., LFL and toxicity) of some of the more common chemicals found in hydrogen production units

4.2.6 Chương trình đào tạo an toàn sản xuất H₂ cho nhân viên sản xuất (Điện phân & Methanol)

Training for H₂ production staffs

- Nhân viên sản xuất phải được đào tạo về an toàn H₂: hiểu được tính chất vật lý và hóa học cơ bản, biết được các nguy hiểm liên quan đến H₂ từ đó biết cách xử lý khi có tình huống xảy ra/

Production staff must be trained on H₂ safety: understand basic physical and chemical properties, know the dangers related to H₂ and know how to handle when a situation occurs

- Các nguy cơ hydro lỏng (tương tự như khí lỏng, đám mây mù trong trường hợp bị tràn, hóa lỏng không khí)

Liquid hydrogen hazards (same as gas plus frostbite, cryogenic H₂ enriched cloud in case of spillage, air liquefaction)

- Các biện pháp phòng ngừa giảm thiểu rủi ro và an toàn

Risk mitigation and safety precautions

4.3 Chiết nạp khí H₂ vào chai/ *Filling Hydrogen into cylinder:*

4.3.1 Các yêu cầu đối với chai khí H₂

Requirements for H₂ gas cylinders

- Loại chai khí tương thích với khả năng chứa H₂

Compatible: gas cylinder type with H₂ capacity

Chai khí H₂ phải được chế tạo bằng vật liệu tương thích với H₂, để ngăn ngừa rủi ro khí H₂ xâm nhập vào vật liệu làm giảm tính chất cơ học của vật liệu tạo của chai. Vì vậy, trước khi nạp khí H₂ vào chai cần kiểm tra loại chai khí. Bằng mắt thường, có thể kiểm tra chữ “H” hoặc “H₂” được dập nổi trên thân chai. Việc kiểm tra chai phù hợp chứa H₂ cũng có thể tham chiếu từ hồ sơ của nhà sản xuất, kiểm định.

H₂ gas cylinders must be made of materials compatible with H₂, to prevent the risk of H₂ gas entering the material and reducing the mechanical properties of the cylinder's materials. Therefore, before filling H₂ gas into the cylinder, need to check the type of gas cylinder. With the eye check, you can check the letter "H" or "H₂" embossed on the cylinder body. Checking the appropriate cylinder containing H₂ can also be referred to from the manufacturers and inspection records.

- Chai khí H₂ cần phải có tem mác

H₂ gas cylinders need to have a label

Chai cần được thể hiện chứa loại khí H₂ để dễ nhận dạng, tránh nhầm lẫn với các loại chai khí khác. Có thể nhận dạng loại khí thông qua việc kiểm tra tem treo, sơn tên/loại khí trên chai, hoặc sơn màu ký hiệu

The cylinder must be shown to contain H₂ gas for easy identification, avoiding confusion with other types of gas cylinders. The type of gas can be identified by checking the hanging label, painting the name/gas type on the cylinder, or painting the symbol color

- Chai phải được kiểm định và còn hạn

The cylinder must be inspected and still valid

Vỏ chai khí H₂ thuộc loại chai chứa khí công nghiệp có áp lực và thuộc đối tượng kiểm định theo quy định pháp luật hiện hành của Việt nam. Thời hạn kiểm định từ 1-5 năm tùy thuộc vào thời gian sử dụng chai khí (chai mới sử dụng hay đã sử dụng được một thời gian dài). Chi tiết tham khảo quy định 17/2021/TT-BLĐTBXH. Về ngoại quan, hạn kiểm định được dập nổi trên vỏ chai để nhận biết.

The H₂ gas cylinder is a type of cylinder containing pressurized industrial gas and is subject to inspection according to current Vietnamese law. The inspection period is from 1-5 years depending on the time of use of the gas cylinder (newly used cylinder or used for a long time). For details, refer to regulation 17/2021/TT-BLĐTBXH. Regarding appearance, the inspection date is embossed on the cylinder for identification.

- Chai H₂ phải có nắp bảo vệ van

The H₂ cylinder must have a valve protection cap

Nắp chai có tác dụng bảo vệ van tránh va đập làm hư hỏng van. Ngoài ra, nắp bảo vệ còn có tác dụng ngăn ngừa khí trong chai có thể bị thoát ra tạo nên những sự cố không thể lường trước.

The cylinder cap protects the valve from impact and damage to the valve. In addition, the protective cap also helps prevent gas in the cylinder from escaping, causing unforeseeable incidents.

— Van chai phù hợp với việc nạp khí H₂

The cylinder valve is suitable for H₂ gas filling



Van chai khí H₂ thông thường có ren ngược để phân biệt với chai khí khác. Việc kiểm tra yếu tố này cũng là cần thiết trước khi nạp khí H₂

H₂ gas cylinder valves usually have reverse threads to distinguish them from other gas cylinders. Checking this factor is also necessary before filling with H₂ gas

4.3.2 Quy trình chiết nạp chai khí H₂

Process of filling H₂ gas cylinders

4.3.2.1 Kiểm tra chai, nhóm chai đủ điều kiện trước khi nạp

Check qualified cylinders and bundles before filling:

Người nạp kiểm tra bằng ngoại quan chai xem có điều gì bất thường hay không, nếu có thì báo cáo cho người có liên quan trước khi tiến hành nạp (nội dung kiểm tra xem mục trên: “Các yêu cầu đối với chai khí H₂”).

The filling staff should check the appearance of the cylinder to see if there is anything unusual. If so, report it to the relevant person before proceeding with the filling process (check the content in the section above: "Requirements for H₂ gas cylinders.")

4.3.2.2 Kiểm tra áp suất khí dư

Check residual air pressure

- Nếu còn khí dư và chắc chắn khí dư đó là H₂ thì người vận hành có thể nối chai khí vào giàn nạp và tiến hành nạp.

If there is residual gas and it is certain that the residual gas is H₂, the operator can connect the gas cylinder to the filling rig and proceed with charging.

— Lưu ý/ Note:

- Nếu là chai rời thì cần chằng xích vào giá giữ chai để tránh chai đổ trong quá trình nạp.

If it is a separate cylinder, it needs to be chained to the cylinder holder to prevent the cylinder from falling during the filling process.

- Cà-lê, mỏ-lết để sử dụng trong việc kết nối và tháo vòi H₂ phải làm bằng đồng để giảm thiểu việc phát ra tia lửa điện để hạn chế cháy nổ có thể xảy ra khi tháo lắp.

Wrenches and wrenches used in connecting and removing H2 faucets must be made of copper to minimize the generation of electric sparks and limit fires and explosions that may occur during disassembly and installation.

- Nếu còn khí dư mà không chắc chắn đó là H2 hoặc đã hết khí dư bên trong chai (hoặc nhóm chai) cần thông thổi khí trong chai bằng khí trơ (thường dùng N2) và làm sạch sau đó trước khi nạp lại H2

If there is residual gas but it is not certain that it is H2 or is no residual gas inside the cylinder (or bundles), it is necessary to purge the gas in the cylinder with inert gas (usually N2) and clean afterward before refilling H2.

4.3.2.3 Nạp chai hoặc nhóm chai

Filling cylinders or bundles

- Trước khi nạp cần xác nhận nguồn cấp khí H2 (có đủ để nạp hay không, áp suất của nguồn cấp H2 là bao nhiêu, v.v.). Đảm bảo rằng nguồn cấp khí H2 trong toàn bộ quá trình nạp không vượt quá áp suất ngưỡng của giàn nạp, chai khí (ví dụ: không vượt quá 120 bar)./

Before filling, it is necessary to confirm the H2 gas supply (whether there is enough to charge, what is the pressure of the H2 supply, etc.). Ensure that the H2 gas supply during the entire filling process does not exceed the threshold pressure of the filling system or gas cylinder (for example, does not exceed 120 bar).

- Các chai, bundle được nối vào giàn nạp, thông thổi dàn nạp 3 lần ở áp suất 5 bar để đảm bảo trong giàn nạp không còn không khí. Chú ý là mở các van cấp H2 từ từ để tránh cháy nổ (do chênh lệch áp suất lớn dẫn đến ma sát & nhiệt phát sinh trong quá trình nạp).

The cylinders and bundles are connected to the loading platform and the loading platform is purged 3 times at a pressure of 5 bars to ensure there is no air left in the loading platform. Be careful to open the H2 supply valves slowly to avoid explosion (due to the large pressure difference leading to friction & heat generated during the charging process).

- Trong quá trình nạp cần kiểm tra rò rỉ H2. Thực tế, có thể dùng nước xà phòng hoặc máy dò H2. Người nạp phải kiểm tra rò các mối nối giữa chai khí và giàn manifold, giữa van chai khí với chai khí, các mối hàn trên giàn manifold... Nếu rò được phát hiện thì phải ngừng nạp, xả áp để xử lý, Khi kiểm tra người kiểm tra phải ghi đầy đủ các thông tin vào phiếu ghi chép quá trình nạp hàng ngày.

During the filling process, check for H2 leaks. In practice, soapy water or an H2 detector can be used. The filler must check for leaks in the connections between the gas cylinder and the manifold rig, between the gas cylinder valve and the gas cylinder, the welds on the manifold rig... If a leak is detected, the filling must be stopped and the pressure released for treatment. When checking The inspector must write down all information on the daily filling process record sheet.

4.3.2.4 Kiểm tra bất thường (nhiệt độ, rò rỉ)

Check for abnormalities (temperature, leaks)

- Trong quá trình nạp phải kiểm tra nhiệt độ bằng tay hoặc bằng máy đo nhiệt độ. Các chai không nóng lên có thể do van chai hay van nạp không mở do đó cần phải cách ly để kiểm tra sau.

During the filling process, the temperature must be checked manually or with a temperature gauge. Cylinders that do not heat up may be due to the cylinder valve or filling valve not opening, so they need to be isolated for later inspection.

- Kết thúc quá trình nạp chai hoặc nhóm chai, sau khi các van đã được đóng và xả khí dư từ giàn nạp, người nạp phải kiểm tra rò rỉ một lần nữa (bằng nước xà phòng, v.v.) để kiểm tra, đảm bảo van và các mối nối ở cổ chai đã kín. Đối với nhóm chai, cần kiểm tra rò rỉ kỹ cho các mối nối ren và các mối hàn.

At the end of the cylinder or bundles filling process, after the valves have been closed and excess air discharged from the filling rig, the filling staff must check for leaks again (with soapy water, etc.) to check and ensure the valve and the joints at the cylinder neck are sealed. For bundles, it is necessary to carefully check threaded joints and welded joints for leaks.

4.3.2.5 Kiểm tra (lấy mẫu) phân tích tạp chất theo yêu cầu của sản phẩm cuối cùng

Check (sampling) and analyze impurities according to the requirements of the final product

4.3.3 Rủi ro và biện pháp phòng ngừa

Risks and precautions

Theo đặc tính khí H₂ đặc điểm chai khí áp suất cao, các rủi ro bao gồm:

According to H₂ gas characteristics and high-pressure gas cylinder characteristics, risks include:

- Cháy, nổ, áp lực cao / *Explosion, High-pressure*
 - Khí H₂ có phạm vi giới hạn cháy rất rộng (4% - 74,5%), rất dễ cháy ở điều kiện nhiệt độ bình thường và nhẹ hơn không khí. Do đó, rò rỉ khí H₂, tích tụ H₂ trong không gian kín và nhiệt sinh ra do ma sát dụng cụ trong quá trình xả khí H₂ là những nguy cơ gây cháy nổ.
H₂ gas has a very wide flammability limit range (4% - 74.5%), is very flammable under normal temperature conditions and is lighter than air. Therefore, H₂ gas leaks, H₂ accumulation in closed spaces and heat created by tool friction during the H₂ gas discharge process are risks of causing fire and explosion.
 - Chai khí H₂ thuộc loại áp lực cao. Van không được bảo vệ mà bị va chạm, hư hỏng, hoặc do lỗi thao tác mà van, vòi bị văng ra đột ngột dẫn đến áp lực xả mạnh. Hậu quả do văng bắn chai, thiết bị có rủi ro gây chấn thương người làm việc lân cận.
H₂ gas cylinders are of high-pressure type. The valve is not protected but is impacted, damaged, or due to operational errors, the valve or faucet is suddenly thrown out, resulting in strong discharge pressure. The consequences of splashing bottles and equipment have the risk of injuring people working nearby.
- Chấn thương do va chạm với chai / *Injury due to collision with cylinder*
 - Các chấn thương trong quá trình vận chuyển, nạp khí khi chai va chạm với nhau, va chạm với thiết bị xung quanh cũng có khả năng xảy ra.
Injuries during transportation and filling when cylinders collide with each other or with surrounding equipment are also likely to occur.
 - Các rủi ro điển hình và biện pháp phòng ngừa được tập hợp như trong bảng dưới, để tham khảo.
Typical risks and precautions are compiled in the table below, for reference.

Bảng: Rủi ro & biện pháp phòng ngừa trong quá trình nạp chai H2

Table: Risks and precautions during H2 cylinder filling

#	Hành động công việc <i>Work/ tasks</i>	Rủi ro <i>Hazard</i>	Chấn thương <i>Possible Injuries</i>	Kiểm soát rủi ro hiện có <i>Existing Risk Control</i>
1	Chuẩn bị chai, bundle, sắp xếp vào khu vực giàn nạp <i>Prepare cylinders and bundles and arrange them in the filling area</i>	Chai bị đổ, dễ cháy <i>The cylinder is spilled, flammable</i>	Ngạt, đổ, cháy <i>Asphyxiation, spillage, fire</i>	Chằng buộc chắc chắn khi di chuyển <i>Tie it securely when moving</i>
2	Đưa chai vào kết nối giàn nạp <i>Insert the cylinder into the filling rig connection</i>	Đổ chai, bundle <i>Falling cylinders, bundles</i>	Chấn thương cơ thể <i>Physical injury</i>	1- Cố định xích chai, xiết chặt ống mềm vào chai trước khi mở van <i>Fix the cylinder chain and tighten the hose to the cylinder before opening the valve</i> 2- Sử dụng cụ tháo lắp bằng đồng. (cà lê, mỏ lết) <i>Use copper disassembly tools. (wrench)</i> 3- Đào tạo lái xe nâng <i>Forklift driver training</i>
3	Xả khí dư, trao đổi làm sạch <i>Exhaust excess air, exchange cleaning</i>	Áp cao, cháy nổ <i>High pressure, explosion</i>	Chấn thương tay, cơ thể <i>Hand and body injuries</i>	1- Sử dụng quần áo BHLĐ đúng cách. <i>Use protective clothing properly.</i> 2- Xả khí lưu lượng nhỏ, từ từ <i>Release the air in a small volume, slowly</i> 3- Thường xuyên kiểm tra rò rỉ hệ thống ống <i>Regularly check the pipe system for leaks</i>
4	Nạp khí đến áp suất cao (165 bar) <i>Fill gasses to high pressure (165 bar)</i>	Vỡ vòi, văng vòi <i>Broken hose, splashed hose</i>	Chấn thương, tay, cơ thể, cháy nổ <i>Hand and body injuries, fire and explosion</i>	1- Sử dụng cáp chống văng cho vòi nạp <i>Use anti-splash cable for the filling hose</i> 2- Thường xuyên kiểm tra chất lượng vòi nạp <i>Regularly check the quality of the filling hose</i> 3- Kiểm tra tình trạng các đầu ren kết nối vào van <i>Check the condition of the threaded</i>

#	Hành động công việc <i>Work/ tasks</i>	Rủi ro <i>Hazard</i>	Chấn thương <i>Possible Injuries</i>	Kiểm soát rủi ro hiện có <i>Existing Risk Control</i>
				ends connecting to the valve 4- Thay vòi nạp định kỳ 5 năm <i>Replace the intake hose every 5 years</i>
5	Đóng van, xả áp giàn <i>Close the valve and release the system pressure</i>	Vỡ ống , cháy nổ <i>Pipe burst, fire and explosion</i>	Chấn thương tay, cơ thể <i>Hand and body injuries</i>	1- Kiểm tra đồng hồ đầu giàn xem áp đã về "0" hay chưa? <i>Check the rig head meter to see if the pressure has reached "0" or not?</i> 2- Sử dụng cụ tháo lắp bằng đồng. (cà lê, mỏ lết) <i>Use copper disassembly tools. (wrench)</i>
6	Di chuyển chai đến khu vực bảo quản <i>Move cylinder to storage area</i>	Đổ chai <i>Falling cylinder</i>	Chấn thương tay, cơ thể <i>Hand and body injuries</i>	1- Chằng buộc chắc chắn chai trên khung pallet. <i>Securely tie the cylinder on the pallet frame</i> 2- Điều khiển Forklift nhẹ nhàng cẩn thận. <i>Control the Forklift gently and carefully</i> 3- Sử dụng xe đẩy chai rời <i>Use a separate cylinder cart</i>

4.3.4 Ứng phó sự cố khẩn cấp

Emergency response

Sự cố điển hình với chai khí H₂ là rò rỉ & cháy. Do đó ở mục này bàn về cách đối ứng khi có sự cố này.

Typical problems with H₂ gas cylinders are leaks & fires. Therefore, in this section, discuss how to respond when this incident occurs.

Đặc tính rò rỉ của H₂/ *Leakage properties of H₂*

- Kích thước phân tử nhỏ của H₂ làm tăng khả năng rò rỉ cũng khiến H₂ tăng cao và bị pha loãng nhanh chóng, đặc biệt là ở ngoài trời. Do đó, diện tích dễ cháy nhỏ và H₂ phân tán nhanh chóng.

However, H₂'s small molecule size, which increases the likelihood of a leak, also results in H₂ rising and becoming diluted quickly, especially outdoors. The area of flammability is thus small and the H₂ disperses quickly.

- Trong trường hợp rò rỉ H₂ nhỏ ở ngoài trời, nguy cơ cháy còn giảm hơn nữa nhờ gió nhẹ xung quanh làm tăng tốc độ phân tán H₂ bị rò rỉ.

In the case of small H₂ leaks outdoors, the fire hazard is further reduced by light ambient winds which accelerate dispersion of the leaked H₂.

TÌNH HUỐNG SỰ CỐ: Cháy ở chai khí H₂ và có nguy cơ chai bị phá hủy*INCIDENT SITUATION: Fire in proximity of cylinders. Possible rupture of cylinder***A - Dấu hiệu phát hiện sự cố:***Signs of problem detection:*

A.1 Phải luôn ghi nhớ rằng hydro cháy, ngọn lửa sẽ không nhìn thấy và có thể không nghe thấy, cháy chỉ có thể được nhận ra bởi làn nhiệt nóng của không khí xung quanh.

Always remember that when hydrogen burns, the flame will be invisible and may not be heard, the fire can only be detected by the heat of the surrounding air.

A.2 Rò rỉ khí áp suất cao tạo ra tiếng rít lớn. Do đó dùng tai nghe để phán đoán tình hình.

*High-pressure air leaks make loud hissing noises. Therefore, use headphones to judge the situation.***Những lưu ý chính / Key notes:**

Nếu bạn nghi ngờ hydro rò và cháy, Tuyệt đối không thử ngọn lửa bằng tay.

If you suspect hydrogen leakage and fire, absolutely do not test the flame by hand.

- Việc cần làm đầu tiên khi phát hiện có rò rỉ H₂ là cắt nguồn cung cấp khí.
The first thing to do when detecting an H₂ leak is to cut off the gas supply.
- Không cố gắng dập lửa nếu như không thể cắt hoàn toàn nguồn khí ngay sau đó. Vì nếu dập được ngọn lửa thì khí H₂ tiếp tục rò làm nồng độ tăng cao trong không khí và thiết bị vẫn còn nóng có thể đốt cháy hydro và gây ra nổ
Do not attempt to extinguish the fire if the gas source cannot be completely cut off immediately. Because if the fire is extinguished, H₂ gas continues to leak, causing its concentration to increase in the air and the device is still hot, which can burn hydrogen and cause an explosion.
- Nếu ngọn lửa không dập được (do không có van cách ly, ví dụ van xả của thùng chứa áp suất cao bị hỏng) phun càng nhiều nước vào thiết bị (chỗ ngọn lửa tác động đến) càng tốt để làm lạnh thiết bị ngăn ngừa nguy cơ cháy lan rộng. Cứ để cho hydro cháy.
If the fire cannot be extinguished (due to the absence of an isolation valve, for example the release valve of a high-pressure tank is broken) spray as much water as possible into the device (where the fire affects it) to cool the containment device. prevent the risk of fire spreading. Just let the hydrogen burn.

B - Các bước thực hiện ứng phó sự cố*Steps to perform emergency response*

B.1 Thông báo để mọi người di tản, xa khu vực sự cố nhất có thể. Tham khảo khoảng cách an toàn ở trên

Inform everyone to evacuate, as far away from the incident area as possible. Refer to the safe distance above.

B.2 Sử dụng camera chụp nhiệt (nếu có) để xác định có cháy hay không. Bên cạnh cạnh đó, xác định xem có nguy cơ va chạm vào các ống/chai khí khác hay không.

Using a thermal imaging camera (if available). Determine if there is a risk of impingement on the other tubes/cylinders.

B.3 Hãy xem xét các yếu tố sau để xác định rủi ro: hướng gió, mối nguy hiểm do các tiện ích gây ra, (ví dụ: hệ thống điện, v.v.), vật liệu có thể cháy ở gần và những nơi có thể tích tụ khí hydro. Các nguồn gây cháy phải được xác định và giảm thiểu.

Review the following elements to determine risks: wind direction, hazards posed by other vehicles, utilities (e.g. electrical, gas, etc.), structures (i.e. buildings), materials which can burn (e.g. dry grass or trees) and areas in which hydrogen gas may accumulate. Ignition sources must be identified and mitigated.

B.4 Cắt nguồn cung cấp điện cho khu vực từ bên ngoài.

Have any electrical supply to the area cut off from beyond the perimeter.

B.5 Đảm bảo khoảng cách an toàn khi thực hiện các bước dưới đây và khi có thể xảy ra việc chai khí H₂ bị phá hủy.

Ensure that safety distances are respected for all steps below when a rupture is possible.

B.6 Hãy xem xét sự hình thành đám mây khí H₂. Nếu có thể, tìm cách phân tán đám mây này bằng cách tạo màn nước bằng vòi chữa cháy. Phun nước (sương mù nước) là phương pháp hiệu quả để kiểm soát đám mây H₂.

Consider H₂-Air cloud formation. If possible, facilitate cloud dispersion by creating water curtains using fire hoses. Spraying water (water fog) is an efficient way to control the H₂ cloud.

B.7 Thông tin tới đội cứu hỏa về việc cần làm mát ống/chai khí bằng nhiều nước để đạt và duy trì nhiệt độ mát nhất có thể của chai H₂. Duy trì nhiệt độ chai dưới áp suất nổ tương đương của PRD (nếu có). Ngọn lửa tác động vào chai H₂ có thể làm kim loại yếu đi đồng thời làm tăng áp suất bên trong.

Advise the fire department to cool down the tubes/cylinders with copious amounts of water to reach and maintain the coolest possible temperature of the tubes/cylinders. Maintain tubes/cylinder temperature below the equivalent bursting pressure of the PRD (if applicable). Flame impingement on the tubes/cylinders may weaken the metal while increasing internal pressure.

B.8 Theo dõi rò rỉ cho đến khi xả hết (ít nhất 1 giờ).

Check timetable to assess emptying time for large leaks (at least 1 hour).

B.9 Mọi rò rỉ còn lại phải ở mức trung bình/nhỏ. Nếu có thể, hãy đợi thêm 10 giờ nữa để làm sạch các chỗ rò rỉ cỡ trung bình, đồng thời duy trì quá trình làm nguội chai H₂ bằng cách liên tục phun nước.

Any remaining leaks should be medium/small. If possible, wait another 10 hours for medium-sized leaks to empty, while maintaining cool-down of tubes/cylinders with copious amounts of water.

B.10 Sau 10 giờ, nếu còn sót lại bất kỳ rò rỉ rất nhỏ nào, hãy đánh giá khả năng xử lý an toàn lượng H₂ còn lại. Có thể tăng dần mức độ rò rỉ cháy một cách an toàn để giảm tổng thời gian làm sạch

After 10 hours, if there are any very small remaining leaks, assess the possibility of safely handling the remaining H₂, either by first containing remaining product or safely and progressively increasing burning leaks to reduce total time to empty.

B.11 Tiếp cận chai H₂ một cách thận trọng (từ hướng gió, tức là gió ở phía sau lưng bạn, bất cứ khi nào có thể), đeo PPE thích hợp và máy dò khí H₂. Không vội vàng; Không cho phép những người khác trợ giúp cho đến khi tình hình đã được đánh giá đầy đủ.

Approach cautiously (from upwind, i.e. with the wind at your back, whenever possible), wearing appropriate PPE and an H₂ gas detector. Resist the urge to rush in; others cannot be helped until the situation has been fully assessed.

B.12 Trong khi tiếp cận, phải xác nhận rằng không còn phát hiện H₂. Chú ý tiếng khí H₂ thoát ra (rò rỉ khí áp suất cao tạo ra tiếng rít lớn). Nếu phát hiện thấy H₂ trên 1%, hãy dừng lại,

quay lại điểm quan sát an toàn và định kỳ đánh giá lại tình hình cho đến khi phát hiện được ít hơn 1% khí H₂ trong khu vực.

While approaching, confirm there is no H₂ detected. Listen for venting H₂ (a high-pressure gas leak generates a loud hissing sound). If H₂ is detected above 1%, stop, return to the safe viewing point and periodically reassess the situation until there is less than 1% GH₂ detected in the area.

B.13 Tránh hít phải khói và hơi. Đừng cho rằng khí hoặc hơi là vô hại ngay cả khi không có mùi. Có thể có các loại khí hoặc hơi không mùi có hại.

Avoid inhaling fumes, smoke and vapors. Do not assume that gases or vapors are harmless even if there is no smell. Harmful odorless gases or vapors may be present.

B.14 Đi bộ theo hướng mà có gió ở phía sau, theo dõi hàm lượng H₂ và tiếp tục lắng nghe xem có rò rỉ khí hay không.

Walking from the front of the trailer to the back on the upwind side (i.e. with the wind at your back), monitor H₂ content and continue listening for gas leaks.

B.15 Sử dụng máy dò khí H₂, xác định xem không có rò rỉ trên tất cả các kết nối ren, van, v.v. và liên tục theo dõi rò rỉ.

Using an H₂ gas detector, verify the absence of leaks on all piping, threaded connections, valves, etc. and monitor continuously for leaks.

B.16 Sau khi lửa tắt, tiếp tục làm nguội chai khí H₂ cho đến khi không thấy hơi nước trên chai và chai vẫn ướt khi ngừng tưới nước.

After the fire is out, continue to cool the tubes/cylinders until no vapor can be seen on the tubes/cylinders and tubes/cylinders remain wet when watering stops.

B.17 Nếu chai/van có dấu hiệu hư hỏng thì cần phải giảm áp suất trong chai bằng kỹ thuật giảm áp suất thích hợp nhất.

If the tube/cylinder/valve has signs of damage it will be necessary to reduce the pressure in the tubes/cylinders using the most appropriate pressure reduction technique.

B.18 Làm sạch chai bằng khí nitơ.

Purge the tubes/cylinders with nitrogen gas.

B.19 Đánh giá tình trạng của các chai H₂ khác, đặc biệt trong trường hợp bốc cháy.

Assess the condition of the other tubes/cylinders, especially in the event of ignition.

B.20 Nếu xác nhận rằng không có rò rỉ, hãy cách ly các chai khí này để xem xét xử lý đặc biệt, không xảy ra mất an toàn.

If it is confirmed that there is no leak, isolate these gas cylinders for consideration of special handling, so that safety does not occur.

C - Tham khảo: Khoảng cách an toàn / Reference: Safe distance

The pressure of the cylinder in a fire case needs to be known to determine the approximate rupture pressure and establish the safety zones.

The pressure of the cylinder in a fire case needs to be known to determine the approximate rupture pressure and establish the safety zones.

C.1 Vùng **20 mbar/ 20 mbar zone**

- Khoảng cách an toàn tối thiểu cho cộng đồng. Khoảng cách này nên được tăng lên bất cứ khi nào có thể.

Minimum safety distance for the public. This distance should be increased whenever possible.

- Đây là vùng lạnh chứa trạm chỉ huy và các chức năng hỗ trợ khác được cho là cần thiết để kiểm soát sự cố.

This is the cold zone which contains the command post and such other support functions as are deemed necessary to control the incident.

- Vùng này còn được gọi là vùng sạch hoặc vùng hỗ trợ.

This zone is also referred to as the clean zone or support zone.

- Trong bối cảnh xảy ra sự kiện khẩn cấp trên xe đầu kéo hydro, điều này sẽ tương ứng với vùng 20 mbar.

In the context of a hydrogen trailer emergency event this would correspond to the 20-mbar zone.

C.2 Vùng 50 mbar/ 50 mbar zone

- Khoảng cách tối thiểu để đánh giá tình hình. Khoảng cách này nên được tăng lên bất cứ khi nào có thể. Tất cả các bên nên duy trì ở vùng 20 mbar khi không đánh giá hoặc khắc phục tình hình.

Minimum distance for evaluating the situation. This distance should be increased whenever possible. All parties should remain at the 20-mbar zone when not evaluating or remediating the situation.

- Vùng ấm là khu vực diễn ra hoạt động chữa cháy và hỗ trợ vùng nóng. Nó bao gồm các điểm kiểm soát hành lang truy cập. Vùng này còn được gọi là vùng giới hạn truy cập

The warm zone is the area where firefighting and hot zone support take place. It includes control points for the access corridor This zone is also referred to as the limited access zone

- Vùng ấm là khu vực tiếp cận hạn chế dành cho các thành viên trực tiếp hỗ trợ hoặc hỗ trợ các hoạt động trong vùng nóng. Nguy cơ đáng kể về thương tích cho con người (hô hấp, phơi nhiễm, v.v.) vẫn có thể tồn tại ở vùng ấm.

The warm zone is a limited access area for members directly aiding or in support of operations in the hot zone. Significant risk of human injury (respiratory, exposures, etc.) can still exist in the warm zone.

- Trong bối cảnh xảy ra sự kiện khẩn cấp trên xe đầu kéo hydro, điều này sẽ tương ứng với vùng 50 mbar.

In the context of a hydrogen trailer emergency event this would correspond to the 50-mbar zone.

C.3 Vùng 140 mbar/ 140 mbar zone

- Nguy cơ tử vong đáng kể tồn tại. Không nên vào vùng này trừ khi có thể xác nhận rằng không có nguy cơ vỡ chai.

A significant risk of fatality exists. This zone should not be entered unless it can be confirmed that there is no risk of cylinder rupture.

- Vùng nóng là khu vực ngay xung quanh sự cố vật liệu nguy hiểm, mở rộng đủ xa để ngăn ngừa tác động bất lợi từ việc giải phóng vật liệu nguy hiểm cho nhân viên bên ngoài khu vực.

The hot zone is the area immediately surrounding a hazardous materials incident, extending far enough to prevent adverse effects from hazardous materials releases to personnel outside the zone.

- Vùng nóng là khu vực có rủi ro lớn nhất đối với các thành viên và thường sẽ được phân loại là bầu không khí IDLH (Nguy hiểm ngay lập tức đến tính mạng và sức khỏe).

The hot zone is the area presenting the greatest risks to members and will often be classified as an IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) atmosphere.

- Trong bối cảnh xảy ra sự cố thiết bị xe đầu kéo hydro, điều này sẽ tương ứng với vùng 140 mbar.

In the context of a hydrogen trailer equipment event this would correspond to the 140-mbar zone.

C.4 Vùng 200 mbar / 200 mbar zone:

- Vùng có nguy cơ tử vong cao trong trường hợp vỡ chai khí.

High risk zone for fatality in the event of cylinder rupture.

CÁC NGƯỠNG SAU ĐÂY VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA ÁP LỰC QUÁ MỨC ĐỐI VỚI NGƯỜI LỚN:

The following thresholds for the effects of overpressure on an adult:

- 30 mbar: ngưỡng tổn thương màng nhĩ, / Eardrum damage threshold,
- 50 mbar: ngưỡng thiệt hại không thể khắc phục, / Irreversible effects threshold,
- 140 mbar: ngưỡng tác động gây chết người/ Lethal effects threshold,
- 1 bar: ngưỡng mà phổi của người lớn có thể vỡ ra.

The threshold beyond which an adult's lungs will burst.

Bảng 1 cho thấy các tác động quá áp do vỡ trong trường hợp hỏa hoạn trên thiết bị điển hình (ví dụ: rơ moóc ống 200 bar).

Table 1 shows the over-pressure effects due to rupture in a fire scenario on typical equipment (e.g. 200 bar tube trailers).

Bảng 1 – Ảnh hưởng quá áp do vỡ trong kịch bản hỏa hoạn

Table 1 – Over-pressure Effects Due to Rupture in a Fire Scenario

Thiết bị áp lực thép liên quan/ <i>Steel Pressure Equipment Involved</i>	Áp suất khí <i>Gas Pressure (bar)</i>	Áp suất nổ <i>Burst Pressure (bar)</i>	Ảnh hưởng quá áp (mét) <i>Over-pressure effect (meters)</i>			
			20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar
Chai khí 20 lít/ 20-liter cylinder	165	331	26 m	14 m	11 m	6 m
Chai khí 50 lít/ 50-liter-cylinder	165	331	36 m	19 m	15 m	8 m
nhóm chai (50 lít)/ Bundle (50 liters)	165	331	36 m	19 m	15 m	8 m

4.4 An toàn chiết nạp khí H₂ vào longtube:

Safety filling H₂ to long tube

Mô tả xe Longtube và các yêu cầu về An toàn

Longtube Vehicle Description and Safety Requirements:



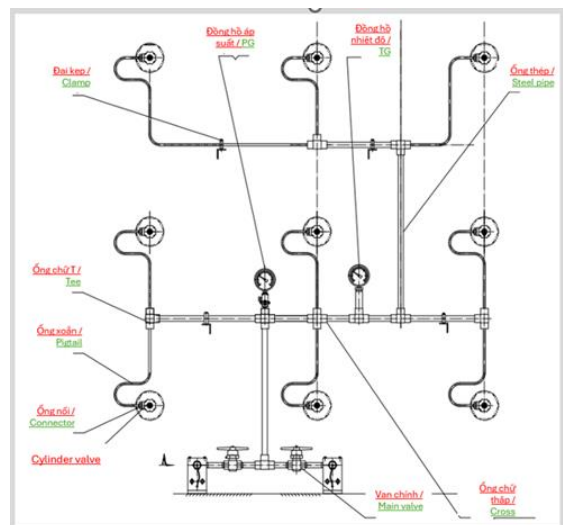
4.4.1 Cấu tạo chính/ Main structure:

- Hệ thống gồm nhiều ống chứa dài (thường là 9-16 long tubes) được lắp đặt song song trên một khung bảo vệ. Mỗi long tube là một bình áp lực.

The system consists of multiple long storage tubes (typically 9-16 long tubes) arranged in parallel on a protective frame. Each long tube is a pressure vessel.

- Kích thước *Dimensions*:

- Đường kính tube: 200 đến 500 mm
Diameter of the long tube: 200 to 500 mm
- Chiều dài từ 6 đến 12 mét.
Length: 6 to 12 meters.



- Áp suất làm việc / *Operating pressure*:
200 đến 300 bar (thậm chí cao hơn tùy vào yêu cầu cụ thể).
200 to 300 bar (or even higher depending on specific requirements).

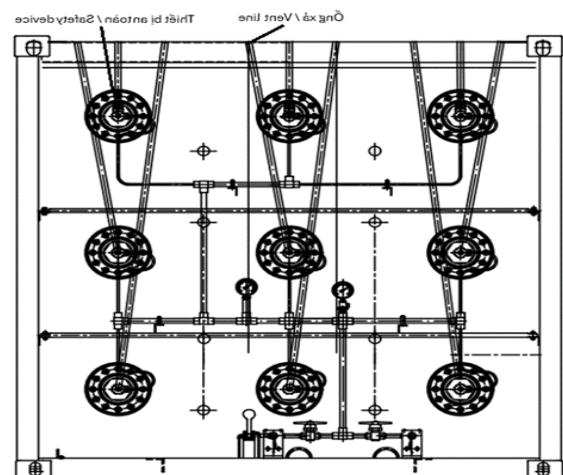
4.4.2 Vật Liệu chế tạo/ Material construction:

- Các long tube thường được làm từ thép không gỉ 316L hoặc thép hợp kim có khả năng chịu áp lực cao và chống ăn mòn.

The long tubes are typically made from 316L stainless steel or high-strength alloy steel, which have high pressure resistance and corrosion resistance.

- Lớp phủ bảo vệ: Bên trong long tubes có thể được phủ một lớp chống thấm để ngăn ngừa sự thấm hydrogen và hiện tượng giòn hóa (hydrogen embrittlement).

Protective coating: The interior of the long tubes may be coated with a layer to prevent hydrogen permeation and hydrogen embrittlement.



4.4.3 Hệ thống ống nhánh/ *Manifold system:*

- Hệ thống manifold kết nối các long tubes với nhau và dẫn khí hydrogen từ các ống chứa đến hệ thống phân phối hoặc các thiết bị sử dụng.

Manifold thường làm từ thép không gỉ, có khả năng chịu áp lực cao. The manifold system connects the long tubes together and directs hydrogen gas from the storage tubes to the distribution system or other equipment. The manifold is typically made from stainless steel and is designed to handle high pressure.

- Khớp nối: Ống nhánh có thể được trang bị khớp nối linh hoạt (Pigtail) để giảm căng thẳng cơ học do rung động hoặc thay đổi nhiệt độ.

Connections: The manifold may be equipped with pigtail pipe to reduce mechanical stress caused by vibration or temperature changes.

4.4.4 Van và hệ thống an toàn/ *Valve and safety system:*

- Van điều khiển (Cylinder Valve): Mỗi long tube được trang bị van điều khiển riêng, cho phép đóng mở dòng khí hydro từ từng tube vào hệ thống ống nhánh.

Cylinder Valve: Each long tube is equipped with its own cylinder valve, allowing the flow of hydrogen from each tube to the manifold system to be controlled.

- Đĩa nổ (Rupture Disk): Đĩa nổ được lắp đặt để ngăn chặn sự gia tăng áp suất quá mức bên trong long tubes. Khi áp suất vượt quá ngưỡng an toàn, đĩa sẽ nổ để xả khí ra ngoài, tránh nguy cơ nổ thiết bị.

Rupture Disk: A rupture disk is installed to prevent excessive pressure buildup inside the long tubes. When the pressure exceeds the safe threshold, the disk will rupture to release gas, preventing the risk of equipment explosion.

- Đồng hồ áp suất (Pressure Gauges): Các đồng hồ áp suất được lắp đặt trên mỗi long tube để theo dõi áp suất bên trong từng ống, giúp kiểm soát và giám sát an toàn.

Pressure gauges are installed on each long tube to monitor the pressure inside each tube, aiding in control and safety monitoring.

4.4.5 Quy trình chiết nạp khí H2 vào Longtube/ *H2 gas filling process into Long tube:*

ST No	Mô tả các bước nạp Describe the filling steps
1	Kiểm tra trước khi nạp/ Check before filling: 1.1 Kiểm tra ngoại quan Long tube trailer theo checklist (Bao gồm kiểm tra hạn kiểm định, hình đồ cảnh báo của Long tube, chèn lốp, kết nối tiếp địa với Long tube...) <i>Check the appearance of Long Tube trailer according to the checklist (Including checking the inspection period, warning diagram of long tube, tire chocks, grounding connection with Long tube...)</i> 1.2 Phân tích chất lượng khí H2 trong tube trước khi nạp <i>To analyze the quality of H2 gas in the tubes before filling</i> 1.3 Chuẩn bị dụng cụ, BHLĐ dùng với H2 đầy đủ trước khi tiến hành nạp <i>To prepare tools and personal protective equipment (PPEs) for use with H2 before filling.</i>

	1.4 Đảm bảo các phương tiện chữa cháy tại chỗ có sẵn và hoạt động tốt <i>To ensure that on-site fire-fighting equipment is available and in good working order</i> 1.5 Kiểm tra phần điện nguồn cho máy bơm chân không <i>To check the power supply for the vacuum pump</i> 1.6 Kiểm tra độ kín của các đường ống, van. Kiểm tra các vị trí kết nối với các điểm phân tích <i>To check the tightness of pipes and valves. Checking the connection points with the analysis points.</i> 1.7 Kiểm tra hệ thống điện, van an toàn, áp kế... của hệ thống <i>To check the electrical system, safety valves, pressure gauges, etc. of the system</i>
2	Quá trình nạp sản phẩm/ Product filling process: 2.1 Kết nối tube trailer vào dây mềm, van tổng của tube trailer vẫn đóng. <i>To connect the tube trailer to the flexible hose, keep the main valve of the tube trailer closed.</i> 2.2 Mở van cấp khí Nitơ để thông thổi đoạn ống mềm tới tube trailer, việc này nhằm đảm bảo độ ẩm và khí Ôxy bên ngoài không xâm nhập vào bên trong ống mềm. Sau khi kết nối thì đóng van cấp khí N2 lại, van đầu vào của tube trailer vẫn đóng. <i>To open the Nitrogen supply valve to purge the flexible hose to the tube trailer, this work ensures that the humidity and Oxygen from the outside do not enter the flexible hose. After connecting, close the N2 supply valve, keep the inlet valve of the tube trailer closed.</i> 2.3 Sau đó làm sạch khí N2 bên trong ống mềm bằng cách dùng khí H2 thông thổi <i>Then clean the N2 gas inside the flexible hose by using H2 gas to purge.</i> 2.4 Mở van đầu vào của tube trailer để khí H2 đi từ tube trailer qua ống mềm và xả ra ngoài qua van xả sau đó đóng van xả lại. <i>To open the inlet valve of the tube trailer to let H2 gas go from the tube trailer through the hose and discharge it through the discharge valve, then close the discharge valve.</i> 2.5 Mở van phân tích trên bảng điều khiển, tiến hành phân tích. <i>To open the analysis valve on the control panel, conduct the analysis work.</i> 2.6 Mở van cấp khí H2 để nạp khí vào tube trailer, theo dõi đồng hồ áp suất trên bảng điều khiển cho đến áp suất yêu cầu. <i>To open the H2 gas supply valve to fill H2 gas into the tube trailer, monitor the pressure gauge on the control panel until the required pressure.</i> 2.7 Theo dõi nhiệt độ của tube trailer trong suốt quá trình nạp, nếu nhiệt độ lên cao thì phải dừng quá trình nạp để kiểm tra nguyên nhân <i>To monitor the temperature of the tube trailer during the filling process, if the temperature rises, the filling process must be stopped to check the cause.</i> 2.8 Kiểm tra rò rỉ van và các điểm kết nối tại các thời điểm áp khác nhau <i>To check for valve leaks and connection points at different pressure times</i>  
3	Kết thúc nạp/ Finish filling: 3.1 Sau khi nạp đầy thì đóng van cấp khí H2, đóng van đầu vào của Tube Trailer và van của từng long tube riêng lẻ

	After filling, close the H2 gas supply valve, close the inlet valve of the Tube Trailer and the valve of each individual long tube. 3.2 Mở van xả để xả áp trên dây mềm, sau đó tháo kết nối. <i>To open the relief valve to release the pressure on the flexible hose, then disconnect the hose.</i> 3.3 Thực hiện các thủ tục xuất hàng (Phiếu giao nhận, Phiếu phân tích, Checklist giao hàng...) <i>To carry out the delivery procedures (Delivery note, COA, Delivery checklist...)</i> 3.4 Tháo tiếp địa, dỡ bỏ các biển cảnh báo, bỏ chèn lốp để chuẩn bị xuất giao hàng <i>To remove ground, warning signs, and tire chocks in preparation for delivery of H2 Long tube trailer.</i>
--	--

4.4.6 Các rủi ro và biện pháp phòng ngừa khi nạp H2 vào xe Longtube

Risks and precautions when filling H2 into Long tube trailer:

- Khi thao tác đóng, mở van kết nối, van chặn dần nạp, phải nhẹ nhàng, từ từ. Cấm không được đóng mở van đột ngột tránh gây ma sát lớn, dẫn đến xung áp dễ gây ra cháy nổ.
When closing and opening the connecting valve and the filling valve, it must be done gently and slowly. Do not open and close the valve suddenly to avoid causing large friction, leading to pressure spikes that can easily cause fire or explosion.
- Người không có nhiệm vụ, tuyệt đối không được vào khu vực nạp sản phẩm.
People without duties are not allowed to enter the product filling area.
- Các thiết bị, dụng cụ dùng cho nạp H2 phải là các dụng cụ chuyên dụng (như cà-lê đồng, bộ đàm chống đánh tia điện...)
Equipment and tools used for H2 filling must be specialized tools (such as copper wrenches, anti-electric shock radios, etc.)
- Các BHLĐ dùng cho nhân viên phải đảm bảo đúng quy định (quần áo vải cháy chậm, găng tay chống cháy, kính an toàn...)
PPE used for employees must comply with regulations (flame retardant clothing, fireproof gloves, safety glasses, etc.)
- Khi trên đường ống có áp lực, tuyệt đối không được gõ đập lên đường ống, hoặc tháo xiết rúc co.
When there is pressure on the pipeline, absolutely do not knock on the pipeline or loosen or tighten the junction.
- Nhân viên nạp sản phẩm phải được đào tạo chuyên môn và có kinh nghiệm
Product filling staff must be professionally trained and experienced.



4.4.7 Ứng phó sự cố khẩn cấp khi nạp khí H2 vào Long tube

Emergency response when filling H2 gas into Long tube:

- Sự cố thường xảy ra như hở zoăng, hở ê-cu van, hở cổ van, người vận hành cần đóng ngay các van nhánh vào tube, xả áp trên vòi nạp.
Common incidents such as gasket leakage, valve nut leakage, valve neck leakage, the operator needs to immediately close the branch valves to the tubes, close the bottle valve, release pressure on the filling hose.

- Trường hợp sự cố xảy ra ở khu vực dàn nạp H₂, cần đóng ngay van chặn chính, cắt nguồn H₂ vào dàn. Đồng thời tiến hành đóng toàn bộ các van tube trailer

In case of an incident occurring in the H₂ filling system area, it is necessary to immediately close the main stop valve, cut off the H₂ source to the system. At the same time, close all tube trailer valves.

- Nhân viên nạp sản phẩm phải nắm được các bước xử lý trong trường hợp khẩn cấp, bình tĩnh xử lý các tình huống, nhấn nút báo động nếu sự cố ngoài tầm kiểm soát.

The product filling staff must understand the steps to handle an emergency, calmly handle the situation, press the alarm button if the incident is out of control.

4.4.8 Xử lý trong trường hợp xảy ra cháy long tube

Handling in case of long tube fire:



- Ngọn lửa hydro hầu như vô hình. Việc đốt cháy vật liệu bên ngoài (ví dụ: bột khô) có thể là dấu hiệu nhìn thấy duy nhất cho thấy có sự thoát ra do bắt lửa của hydro.

Hydrogen flames may be virtually invisible. External material (e.g. dry powder) burning may be the only visible indication that there is an ignited escape of hydrogen.

- Khi ứng phó xử lý các đám cháy liên quan đến các loại trailer này, không được phun/đổ nước vào các lỗ van xả hoặc thiết bị giảm áp suất.

When responding to a fire involving these types of trailers, do not put water on any vents or pressure relief devices

- Trên bất kỳ trailer nào, nếu đường xả hydro bốc cháy, lựa chọn an toàn nhất là để nó cháy hết thay vì dập tắt

On any trailer, if the venting hydrogen has ignited, the safest option is to let it burn off rather than extinguishing

- Nếu lửa bắt vào trailer, cần xem xét các loại bồn chứa trước khi phun nước

If fire is impinging on a trailer, the container type should be considered before water is applied

- Khi chữa cháy liên quan đến tube chứa và bồn lỏng lạnh áp suất cao, nên sử dụng nước để giảm áp suất, tránh phá hỏng bồn chứa

When high-pressure steel tube and cryogenic trailers are involved, water should be used to reduce container over-pressurization and damage

- Việc phun nước có thể làm mát thiết bị giảm áp suất nhiệt (TPRD) và ngăn kích hoạt thiết bị này, nhưng không ngăn được việc chai bị hỏng.

Partial water application could cool the tprd and prevent its activation, but not prevent damage to the cylinder itself.

- Nếu bị hạn chế tiếp cận, lựa chọn tốt nhất có thể là: bảo vệ mọi trường hợp phơi nhiễm và cho phép thiết bị giảm áp suất nhiệt (TPRDS) hoạt động như thiết kế.

If access is restricted, a better option may be to protect any exposures and allow the TPRDS to function as designed.

4.5 Các sự cố, tai nạn liên quan đến sản xuất và chiết nạp khí H₂

Incidents and accidents related to H₂ gas production and filling

4.5.1 Trường hợp 1 / Case 1:

Bồn chứa vài trăm lít H₂ phát nổ 'trong lúc thử nghiệm' tại cơ sở nhà sản xuất van ở Áo

Tank containing several hundred litres of H₂ explodes 'during testing' at valve manufacturer's premises in Austria

- Vụ việc xảy ra ngay trước 1 giờ chiều ngày 10 tháng 8 năm 2023, tại cơ sở của công ty HypTec, công ty vừa sản xuất van và các bộ phận lưu trữ hydro khác, vừa cung cấp các thử nghiệm thiết bị tại phòng thí nghiệm tại chỗ.

The incident occurred shortly before 1pm on 10th August 2023 at the premises of local company HypTec, which both manufactures valves and other hydrogen-storage components, and offers equipment tests at an on-site laboratory.



- Nhân viên HypTec đang làm việc trong một nhà kho thì chiếc bồn chứa vài trăm lít H₂ nằm bên ngoài phát nổ. Sức mạnh của vụ nổ đã ném nhiều bộ phận khác nhau lên không trung", nhưng người đàn ông "chỉ bị thương nhẹ ở tay". Vụ nổ làm rung chuyển nhà cửa cách đó hơn 3 km.

Tham khảo / Ref: hydrogen-explosion-in-austria

A HypTec employee was working in a warehouse when the tank — located outside and containing "several hundred litres of hydrogen" exploded. "The force of the explosion threw various parts through the air, but the man suffered only minor injuries to his hand. The blast made shake the houses more than 3 km away.

- Lực lượng cứu hỏa và cảnh sát sau đó đã sơ tán khu vực và các khu vực xung quanh, đồng thời thiết lập các rào chắn trong bán kính khoảng 500 mét sau khi không thể loại trừ khả năng xảy ra vụ nổ của một bình hydro khác thậm chí còn lớn hơn. Thậm chí một khu vực nhất định trên không phận cũng bị phong tỏa.

Fire brigade and police forces then evacuated the area and surrounding areas and set up cordons within a radius of around 500 meters after the explosion of another even larger hydrogen tank could not be ruled out. A certain area of the airspace was also blocked.

- Bình hydro thứ hai lớn hơn được thông hơi từ từ qua đêm để đề phòng phát nổ.

The second, larger hydrogen tank was slowly vented overnight as a precaution.

- Nguyên nhân vụ việc vẫn đang được các nhà điều tra .

The cause of the incident is still being investigated.

4.5.2 Trường hợp 2 / Case2

Nổ bình hydro ở Gangneung, 2 người thiệt mạng vào 23/ 5/2019

Hydrogen tank explosion kills 2 in Gangneung 23rd May 2019



Tham khảo / Ref: [Hydrogen-tank-explosion](#)

- Cơ quan cứu hỏa Hàn Quốc cho biết một vụ nổ bình hydro đã giết chết hai người và khiến sáu người bị thương ở thành phố phía đông Gangneung của Hàn Quốc.

A hydrogen tank explosion killed two people and left six injured in the eastern city of Gangneung in South Korea, the firefighting authorities said.

- Những người chết và bị thương đều là doanh nhân và nhà nghiên cứu mạo hiểm trong chuyến đi thực địa từ các tỉnh khác. Bể chứa được sử dụng bởi một công ty pin nhiên liệu tại khu công nghiệp, được thành lập vào năm 2007 (Yonhap)

The dead and injured were venture businessmen and researchers on a field trip from other provinces. The tank was used by a fuel-cell company at the park, which was established in 2007. (Yonhap)

Bài học kinh nghiệm / Lesson learnt: [review-hydrogen-tank-explosion-gangneung-south-korea](#)

- Nhà chức trách nghi ngờ vụ nổ xảy ra trong quá trình chạy thử 3 bồn chứa. Một trong ba chiếc đã bị phá hủy hoàn toàn trong vụ nổ trong khi hai chiếc còn lại bị hư hỏng nặng.

Authorities suspect the explosion took place during a test run of the three tanks. One of the three was destroyed in the explosion while the other two were severely damaged.

- **Nguyên nhân** vụ nổ được xác định là do oxy tràn vào bình chứa hydro. Đó là địa điểm thử nghiệm P2G và hydro được sản xuất bằng phương pháp điện phân nước trong đó (3) thùng thép chứa hydro có dung tích 40.000 lít (ID: 2.450 mm, H: 7.668 mm) với áp suất vận hành 1 MPa. Ước tính tương đương là khoảng 50 Kg TNT dựa trên thiệt hại gần đó. Không có cháy thứ cấp và thiệt hại chỉ do áp suất phát nổ. Trong phạm vi 15 mét tính từ bồn chứa hydro, dầm kết cấu của tòa nhà đã bị hư hỏng và hầu hết các cửa sổ của tòa nhà 5 tầng cách đó khoảng 100 mét, hướng về phía bồn chứa hydro, đều bị đập nát. Nguồn gốc đánh lửa bên trong bình hydro vẫn chưa được chứng minh.

The cause of the explosion has been found that oxygen is permeates into the hydrogen storage tank. It was a P2G testing site and hydrogen is produced by water electrolysis where (3) hydrogen storage steel tanks of 40,000 liter (ID: 2,450 mm, H: 7,668 mm) with operating pressure of 1 MPa. The equivalent TNT is estimated to be about 50 Kg based on the damage nearby. There was no secondary fire, and the damage was merely by the detonation pressure. Within 15-meter distance from the hydrogen tank, the structure beam of the building has been damaged and most of the windows of the 5-story building which is about 100 meters

away and facing the hydrogen tank, are all crushed. The origin of the ignition inside of the hydrogen tank has not been proved.

4.5.3 Trường hợp 3 / Case3

Dưới đây là một số ví dụ về vụ nổ và cháy do đánh lửa hydro

Here are some examples of explosions and fires caused by hydrogen ignition:

- 4.5.3.1 Vụ nổ bồn chứa trong quá trình nạp hydro: hydro bốc cháy và phát nổ tại nhà máy Duferco Farrell, trong quá trình nạp bồn. Vào thời điểm xảy ra sự việc, trong bình của xe có khoảng 23 m3 khí hydro. Người lái xe bồn được đưa đến bệnh viện trong tình trạng bị thương, trong đó có vết bỏng cấp độ hai. Bồn bị cháy hoàn toàn trong vài giờ, gây nguy hiểm cho các bồn chứa từ 45 đến 55 m3 hydro.

A tanker explosion during hydrogen unloading hydrogen ignited and exploded at the Duferco Farrell plant, during the unloading of a tanker. At the time of the incident there was approximately 23 m3 of hydrogen in the tank of the vehicle. The driver of the tanker was taken to hospital with injuries, including second degree burns. The tanker burnt down completely over a period of several hours, posing hazard to the storage tanks, which stored between 45 and 55 m3 of hydrogen.

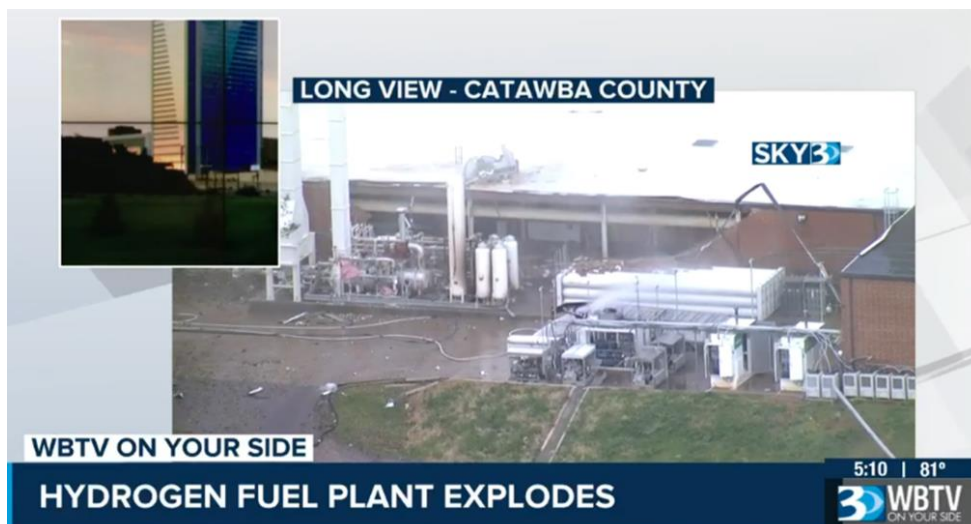
- 4.5.3.2 Nổ hydro khi xe bồn đang nạp: sự cố xảy ra tại một nhà máy điện khi bồn màu vàng (xem hình bên dưới - bên trái) đang được bơm đầy hydro từ xe bồn (phía bên phải). Cuộc điều tra cho thấy tấm an toàn bị trục trặc đã dẫn đến việc giải phóng khoảng 17 kg khí hydro trong khoảng thời gian 10 giây, sau đó bốc cháy. Phóng tĩnh điện là một trong những nguồn có thể gây cháy. Vụ nổ khiến tài xế xe bồn tử vong, người này chết khi chạy tới phương tiện của mình để tắt dòng khí hydro. Mười công nhân nhà máy điện cũng bị thương trong vụ việc. Cơ sở hạ tầng của nhà máy cũng bị ảnh hưởng bởi sự cố.

Hydrogen explosion during a tanker truck unloading: the incident took place at a power station site when the yellow tank (see graphic below – the left side) was being filled with hydrogen pumped from a tanker truck (the right side). The investigation showed that a malfunction of the safety plate resulted in the release of approximately 17 kg of hydrogen gas over a period of 10 seconds, which subsequently ignited. Electrostatic discharge was one of the probable ignition sources. The explosion caused death of the tanker driver, who died running to his vehicle to turn the flow of hydrogen off. Ten power plant workers were also injured in the incident. The infrastructure of the plant was also affected by the incident. [5]

4.5.4 Trường hợp 4 / Case 4

- 4.5.4.1 Vụ nổ tại nhà máy sản xuất hydro: vụ nổ ngày 7 tháng 4 năm 2020 đã gây thiệt hại lớn cho các tòa nhà xung quanh. Vụ nổ xảy ra tại nhà máy Nhiên liệu Hydro OneH2 ở Long View, Bắc Carolina, có thể cảm nhận được trong bán kính vài dặm.

Explosion at a hydrogen generation plant: the 7 April 2020 explosion caused extensive damage to surrounding buildings. The explosion, which occurred at the OneH2 Hydrogen Fuel plant in Long View, North Carolina, was perceptible within a radius of several miles. [6]



Tham khảo / Ref: [homes-damaged-explosion-fuel-facility-catawba-county/](https://www.wbtv.com/story/40888888/homes-damaged-explosion-fuel-facility-catawba-county/)

4.5.4.2 Tham khảo một số vụ nổ Hydro do phóng tĩnh điện từ đường dẫn bên dưới

Reference some cases of Hydrogen caused by electrostatic discharge from the below link
[the-risk-of-hydrogen-ignition-caused-by-electrostatic-discharge/](https://www.wbtv.com/story/40888888/homes-damaged-explosion-fuel-facility-catawba-county/)

Bài học kinh nghiệm / *Lessons learned*

- Hydro là một loại khí rất dễ cháy và hỗn hợp của nó với không khí cháy ở một phạm vi nồng độ rất rộng, khiến nó đặc biệt nguy hiểm về nguy cơ cháy nổ. Khí này còn có đặc điểm là trọng lượng phân tử rất thấp, khiến nó có khả năng khuếch tán trong không khí cao hơn các loại khí có trọng lượng phân tử cao hơn như metan, propan hoặc butan.

Hydrogen is a highly flammable gas and its mixtures with air burn over a very wide range of concentrations, making it particularly dangerous in terms of explosion or fire hazard. This gas is also characterised by a very low molecular weight, which makes it more likely to diffuse in the air than higher molecular weight gases such as methane, propane or butane.

LÀM THẾ NÀO ĐỂ GIẢM NGUY CƠ NỔ VÀ CHÁY HYDRO

HOW TO REDUCE THE RISK OF HYDROGEN EXPLOSION AND FIRE

Có thể thực hiện các bước sau đây để giảm thiểu nguy cơ đánh lửa hydro do phóng tĩnh điện:

The following steps can be undertaken to minimise the risk of hydrogen ignition caused by electrostatic discharge:

a. Tiếp đất tĩnh điện: / *Electrostatic earthing*

- Đảm bảo rằng tất cả các bồn chứa, đường ống và thiết bị liên quan đến việc lưu trữ, vận chuyển và xử lý hydro đều được nối đất để tránh tích tụ tĩnh điện.

Ensure that all tanks, pipelines and equipment involved in hydrogen storage, transport and handling are earthed to avoid the build-up of static electricity.



- Trong quá trình bơm bồn chứa, bồn chở hydro, sự phóng tĩnh điện có thể xảy ra và gây ra tia lửa điện và đánh lửa hỗn hợp hydro-không khí. Ngoài ra, khi hydro chảy qua đường ống và van, ma sát có thể xảy ra giữa các hạt hydro và bề mặt kim loại và nó cũng có thể dẫn đến hiện tượng phóng tĩnh điện.

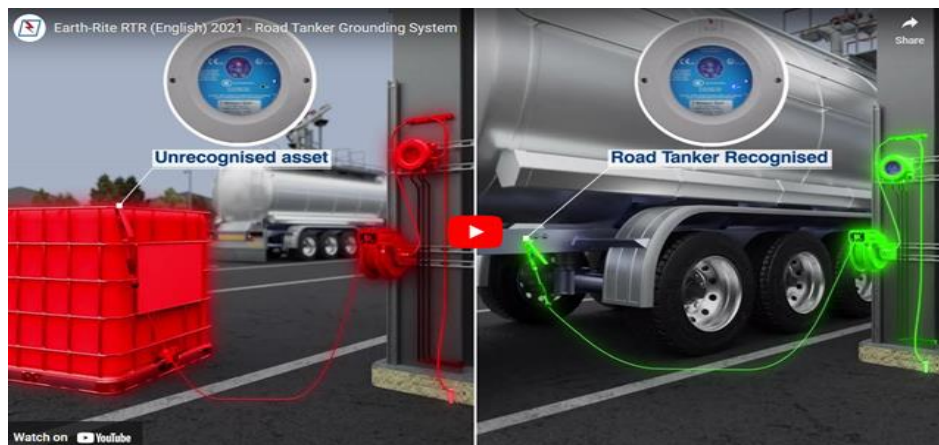
During loading and unloading of a hydrogen tanker, electrostatic discharge may occur and cause sparks and ignition of the hydrogen-air mixture. In addition, as hydrogen flows through pipes and valves, friction can occur between hydrogen particles and metal surfaces, and it can also result in electrostatic discharge.

- Đây là một số lý do tại sao các trạm tiếp nhiên liệu hydro nên được trang bị hệ thống điều khiển nối đất. Điều quan trọng là cả thiết bị này và các thiết bị khác nằm trong vùng khí quyển dễ nổ đều phải được chứng nhận ATEX cho các loại khí Nhóm IIC. Hệ thống Earth-Rite RTR hiện là hệ thống điều khiển nối đất duy nhất được cấp chứng chỉ như vậy.

These are some of the reasons why hydrogen refuelling stations should be equipped with earthing control systems. It is important that both this equipment and other equipment located in an explosive atmosphere zone are ATEX certified for Group IIC gases. The Earth-Rite RTR system is currently the only earthing control system provided with such a certificate

- Hệ thống điều khiển nối đất chỉ cho phép bốc dỡ bồn chứa khi phát hiện đúng van khóa nối đất của bơm

The grounding control system allows loading unloading tankers only when it detects correct grounding blocking valve pump



b. Phát hiện / Detection:

- Hydro có thể thoát ra ngoài qua những khe hở nhỏ nhất và thậm chí khuếch tán qua thành kim loại của bể chứa. Đây là lý do tại sao, điều quan trọng là phải theo dõi sự hiện diện của nó.

Hydrogen can escape through the smallest openings and even diffuse through the metal walls of tanks. This is why it is important to monitor its presence.

- Hydro thậm chí có thể xuyên qua những bức tường kim loại dày

Hydrogen can even penetrate through thick metal walls

- Một trong những đặc điểm chính của hydro thách thức công nghệ này là khả năng xuyên qua các rào cản vật lý. Một nguyên tử hydro có thể liên kết với bề mặt vật liệu (sự hấp phụ), về mặt vật lý hoặc hóa học, và sau đó nó có thể xâm nhập vào cấu trúc vật liệu thông

qua sự hấp thụ. Sau đó, thông qua sự khuếch tán, hydro có thể xuyên qua cả tấm chắn kim loại dày và thoát ra ngoài bể chứa

One of the key characteristics of hydrogen challenging technology is its ability to penetrate physical barriers. A hydrogen atom can become bound to the surface of a material (adsorption), either physically or chemically, and subsequently it can penetrate the material structure through absorption. Then, through diffusion, hydrogen can penetrate even thick metal shielding and escape outside of the tanks [1].

— Hydro – một loại khí bạn không thể ngửi thấy

Hydrogen – a gas you can not smell

— Một yếu tố quan trọng khác khiến hydro trở nên đặc biệt nguy hiểm là nó không màu và không mùi, nên khó phát hiện trong trường hợp rò rỉ hoặc tai nạn. Hỗn hợp hydro-không khí dễ nổ có thể hình thành trong trường hợp rò rỉ hydro, làm tăng nguy cơ nổ hoặc cháy.

Another important factor that makes hydrogen particularly dangerous is the fact that it is colourless and odourless, making it difficult to detect in the event of a leak or an accident. An explosive hydrogen-air mixture can form in the event of a hydrogen leak, increasing the risk of explosion or fire.

— Tất cả những yếu tố này làm cho hydro trở nên nguy hiểm hơn khí metan, propan, butan hay hàng chục loại khí khác về nguy cơ nổ hoặc cháy trong quá trình chiết nạp. Đây là lý do tại sao việc sử dụng các quy trình và biện pháp bảo vệ thích hợp, chẳng hạn như hệ thống điều khiển nổi đất hoặc phát hiện rò rỉ là cực kỳ quan trọng, vì chúng giảm thiểu rủi ro xảy ra các tình huống nguy hiểm.

All these factors make hydrogen more dangerous than methane, propane, butane or dozens of other gases in terms of the risk of explosion or fire during tanker loading and unloading. This is why the use of appropriate procedures and safeguards, such as earthing control systems or leak detection are extremely important, as they minimise the risk of hazardous situations.

c. Kiểm soát độ ẩm / Humidity control:

— Theo dõi và kiểm soát mức độ ẩm ở những khu vực lưu trữ hoặc xử lý hydro. Độ ẩm cao có thể giúp tiêu tán tĩnh điện.

Monitor and control humidity levels in areas where hydrogen is stored or processed. High humidity can help dissipate static electricity.

d. Kiểm soát nhiệt độ Temperature control:

— Đảm bảo rằng nhiệt độ được kiểm soát ở khu vực lân cận các quy trình liên quan đến hydro, vì nhiệt độ cao có thể làm tăng nguy cơ phóng tĩnh điện.

Ensure that temperature is controlled in the vicinity of hydrogen-related processes, as high temperatures can increase the risk of electrostatic discharge.

e. Loại bỏ nguồn Source elimination:

— Tránh sử dụng các vật liệu có thể tạo ra điện tích, chẳng hạn như nhựa và vải tổng hợp.

Avoid using materials able to generate electrostatic charges, such as plastics and synthetic textiles.

f. Sử dụng vật liệu thích hợp Use the appropriate materials:

— Sử dụng vật liệu nổi đất, dẫn điện giúp tiêu tán tĩnh điện.

Use grounding and conductive materials which help dissipate static electricity.

g. Đào tạo Training:

- Đảm bảo rằng nhân viên tham gia vào các quy trình sử dụng hydro được đào tạo về cách xử lý an toàn tĩnh điện và quen thuộc với các quy trình an toàn liên quan.

Ensure that the staff involved in processes using hydrogen are trained in the safe handling of electrostatic charges and are familiar with the relevant safety procedures

h. Giám sát và kiểm tra:

- Thường xuyên giám sát và kiểm tra các quy trình liên quan đến hydro để phát hiện các rò rỉ có thể xảy ra hoặc tích tụ tĩnh điện và thực hiện các biện pháp phòng ngừa thích hợp.

Monitoring and testing: Regularly monitor and test hydrogen-related processes to detect possible leaks or static build-up and take appropriate precautions.

i. Khí H₂ hóa lỏng nên lưu trữ Hydrogen liquid gas should be stored:

- Ở khu vực thoáng mát, hạn chế ít nhất vật cản, cách xa nơi có người thường xuyên làm việc, giới hạn người ra vào khu vực lưu trữ để giảm thiệt hại nếu có sự cố xảy ra.

in a cool area with minimal obstructions, away from places where people regularly work, and limit people entering and leaving the storage area to reduce damage if an incident occurs.

Tóm lại, điều quan trọng là phải đảm bảo áp dụng các quy trình an toàn thích hợp và tiến hành kiểm tra thường xuyên để tránh nguy cơ bốc cháy hydro do phóng tĩnh điện.

In summary, it is crucial to ensure that appropriate safety procedures are in place and that regular checks are carried out, to avoid the risk of hydrogen ignition caused by electrostatic discharge.

PHỤ LỤC / APPENDIX:

Phụ lục I: Loại giấy chứng nhận, chứng chỉ của lái phụ xe chở H2

Appendix I: Types of certificates and licenses for drivers of H2 vehicles

#	Loại giấy chứng nhận, chứng chỉ Kind of Certificates	Thời hạn Expiry date	Ảnh minh họa Illustration	Ghi chú Notes
1	Chứng nhận nghiệp vụ phòng cháy, chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ <i>Certification of fire prevention, fighting and and rescue</i>	5 năm 5 years		Phải được bồi dưỡng bổ sung hàng năm về nghiệp vụ PCCC bởi cơ quan có chức năng. <i>Must receive annual additional training in fire prevention, fighting and rescue skills by competent authorities.</i>
2	Thẻ huấn luyện An toàn vệ sinh lao động nhóm 3 <i>Occupational safety and hygiene training card group 3</i>	2 năm 2 years		Gồm các nội dung: <i>Includes the following contents:</i> - Vận hành thiết bị áp lực <i>Operate pressure equipment</i> - An toàn hóa chất <i>Chemical safety</i> - Vận hành an toàn thiết bị nâng (xe nâng) <i>Safe operation of lifting equipment (forklift)</i>
3	Quyết định công nhận kết quả kiểm tra huấn luyện an toàn hóa chất <i>Decision to recognize the results of chemical safety training testing</i>	2 năm 2 years		
4	Giấy chứng nhận hoàn thành chương trình tập huấn vận chuyển hàng hóa nguy hiểm <i>Certificate of completion of training program for transport dangerous goods</i>	2 năm 2 years		