

NHỮNG MỐI NGUY CHÍNH TẠI NHÀ MÁY TÁCH KHÍ

Main Hazards in **A**ir **S**eparation **U**nit
("ASU")

AIGAVN-TM-023

July 03, 2026



TUYÊN BỐ TỪ CHỐI TRÁCH NHIỆM

Nguồn tin: Dựa trên các hướng dẫn thực hành, quy trình an toàn và kinh nghiệm kỹ thuật từ các nguồn tin cậy của thành viên AIGA VN.

Trách nhiệm pháp lý: AIGA VN không bảo đảm tính chính xác và không chịu trách nhiệm pháp lý về nội dung trong các ấn phẩm.

Sử dụng tài liệu: Việc tham khảo hoặc áp dụng thông tin là hoàn toàn tự nguyện, không ràng buộc.

Kiểm soát & Diễn giải: AIGA VN không kiểm soát việc diễn giải hoặc sử dụng (hợp lý hay không hợp lý) ấn phẩm từ bất kỳ cá nhân, tổ chức nào.

Khuyến cáo: Người dùng không được chỉnh sửa nội dung hoặc sử dụng ấn phẩm sai mục đích.

Cập nhật: Các ấn phẩm được đánh giá định kỳ; người dùng cần chủ động cập nhật phiên bản mới nhất

DISCLAIMER

Information Sources: Content is based on safety procedures, technical data, and expertise from AIGA VN members at the time of publication.

No Liability: AIGA VN assumes no legal responsibility or guarantee regarding the accuracy, completeness, or correctness of the information.

Voluntary Application: References or applications of the content are strictly voluntary and non-binding for users.

No Control over Interpretation: AIGA VN does not control how individuals or organizations interpret or use the information, whether appropriately or inappropriately.

Usage Restrictions: Users are advised not to edit, modify, or use AIGA VN publications for unintended purposes.

Periodic Review: Publications are reviewed periodically; users should ensure they are using the latest version.

NỘI DUNG

Agenda



- 1. Giới thiệu về quy trình tách khí**
ASP introduction
- 2. Những mối nguy chính**
Main Hazards in ASP production
- 3. Quản lý sự cố mất kiểm soát**
Management of Loss of Containment (LoC)

1

GIỚI THIỆU VỀ QUI TRÌNH TÁCH KHÍ

Air Separation Unit (ASU) introduction



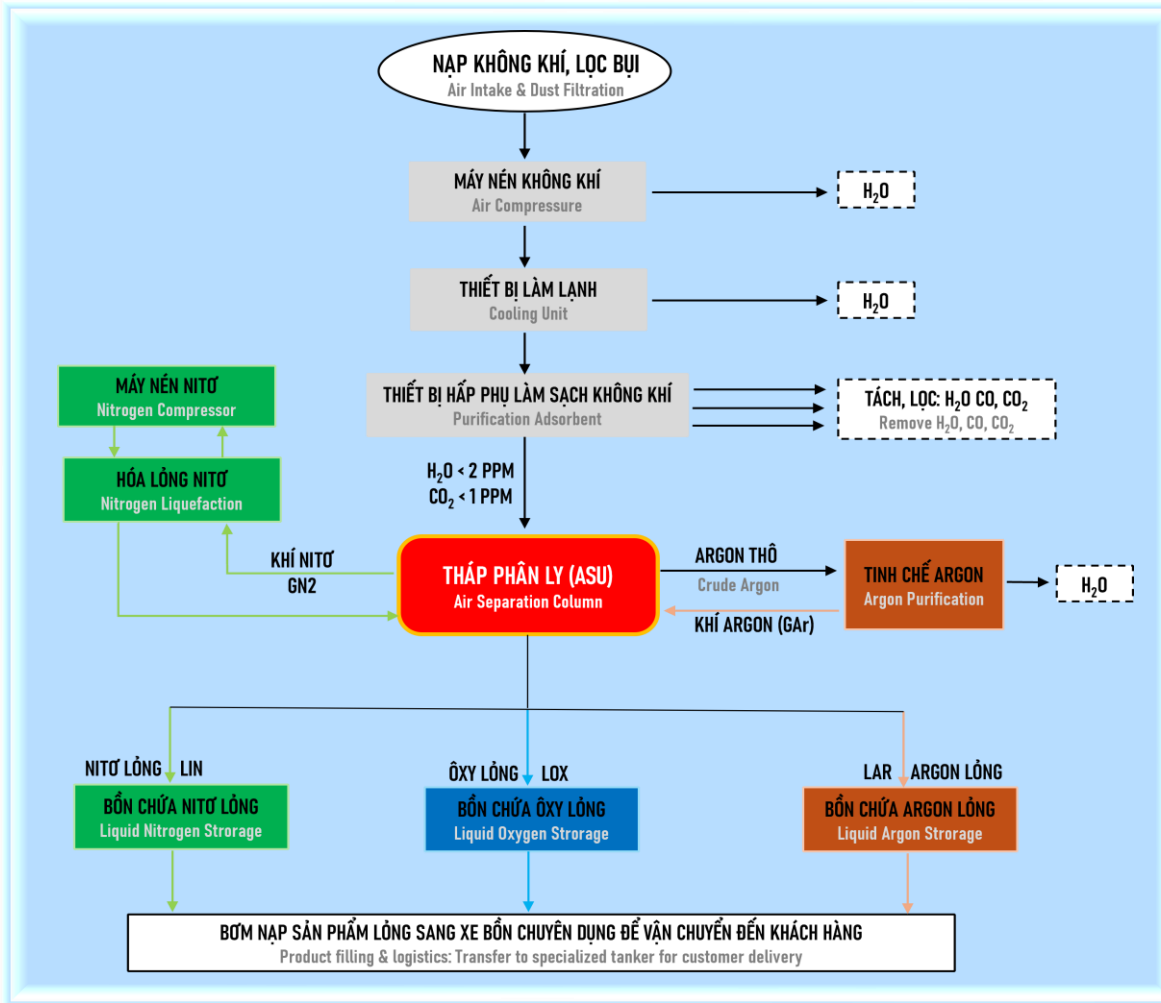
QUÁ TRÌNH TÁCH KHÍ

Air Separation Process

Oxy, Nitơ, Argon được sản xuất từ không khí bằng phương pháp phân ly không khí bằng kỹ thuật nhiệt lạnh dựa trên sự chênh lệch nhiệt độ sôi của các loại khí trong không khí. Không khí được hóa lỏng ở nhiệt độ thấp sau đó được phân tách bằng tháp chưng luyên để tách ra các sản phẩm tinh khiết.

Oxygen, Nitrogen, and Argon are produced from atmospheric air using the cryogenic air separation method based on the differences in boiling points of the gases. Air is liquefied at low temperatures and then separated in a distillation column to yield pure products.

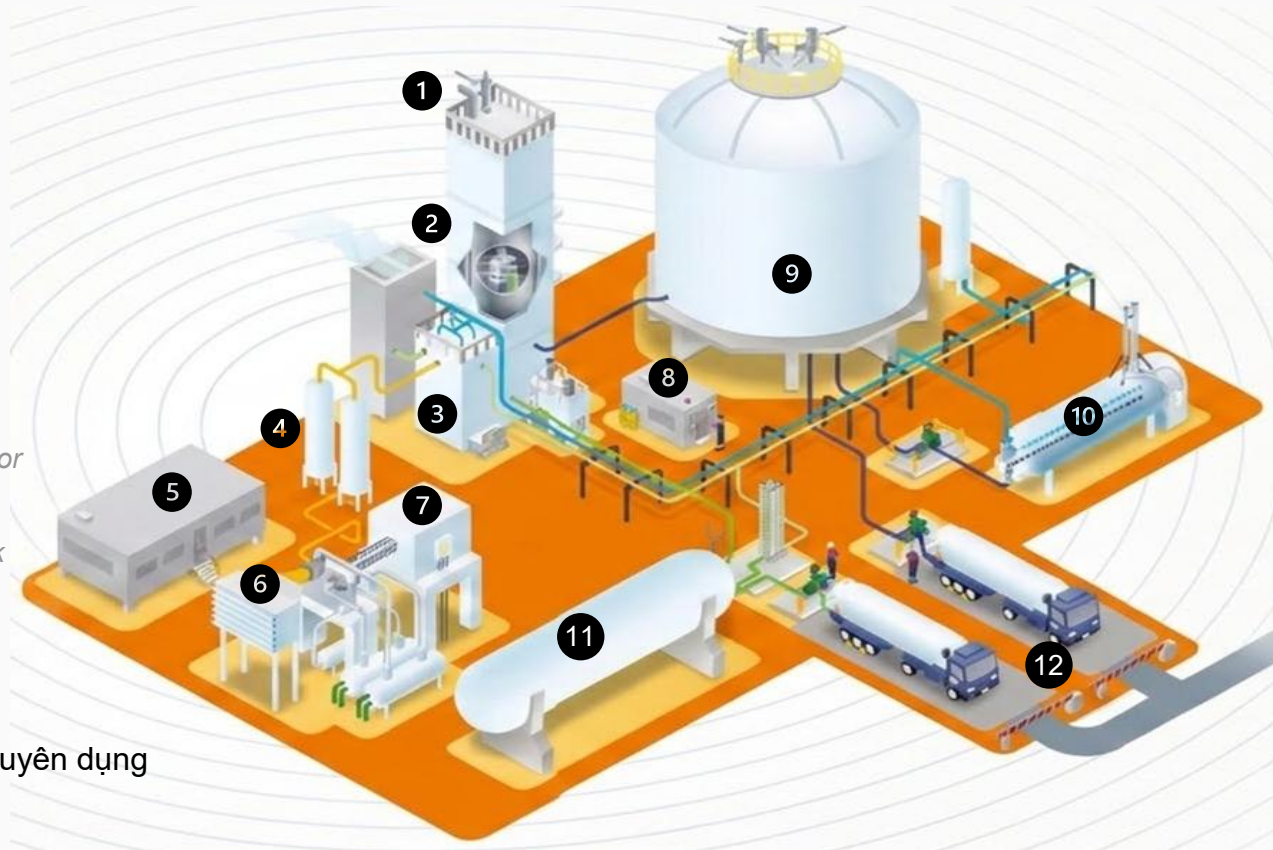
SƠ ĐỒ SẢN XUẤT
Production Flow



MẶT BẰNG NHÀ MÁY

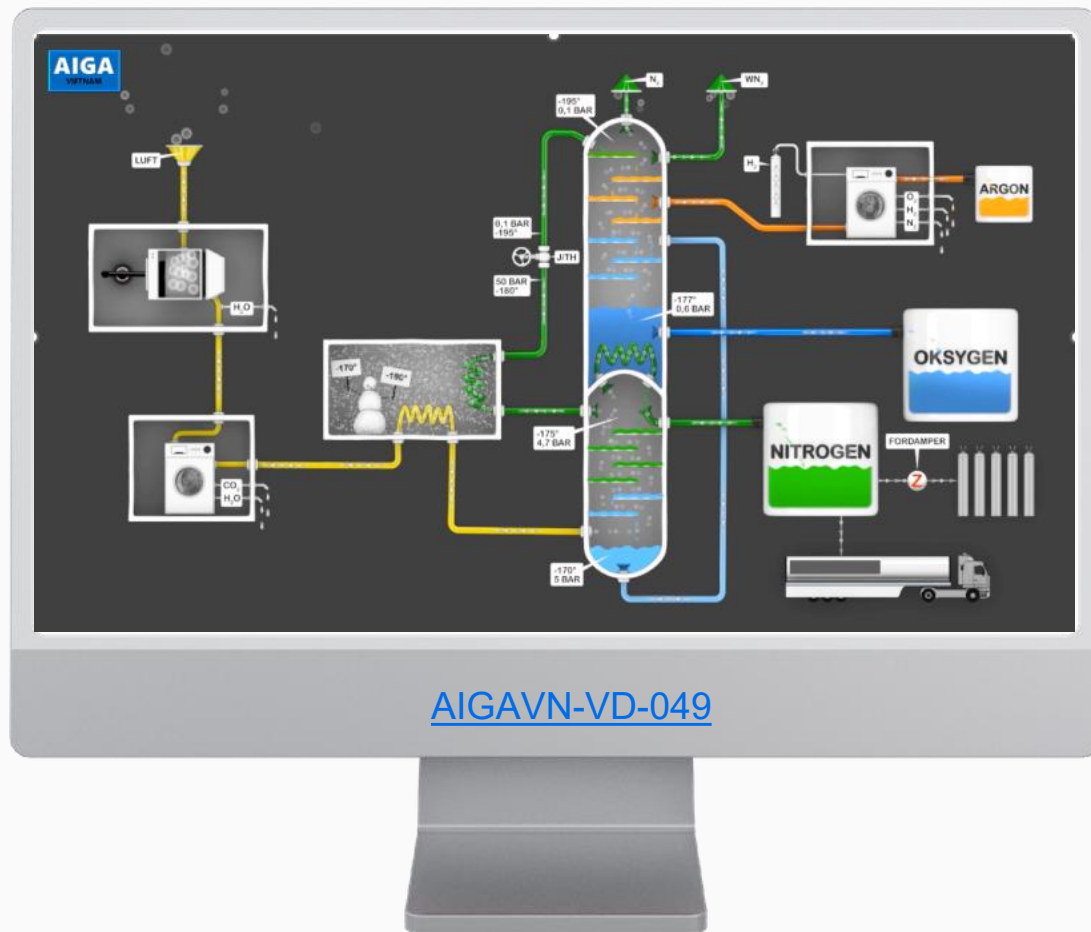
ASU Layout

1. Cột chưng cất ASU trong hộp lạnh.
ASU distillation column in coldbox
2. Thiết bị ngưng tụ / Bộ hóa hơi
ASU Condenser / Vaporizer
3. Bộ trao đổi nhiệt *Exchanger*
4. Lớp rây phân tử *Molecular Sieve Beds*
5. Phòng điều khiển *Control Room*
6. Bộ lọc khí ASU *ASU Air Filter*
7. Máy nén khí chính *Main Air Compressor*
8. Phòng máy phân tích *Analyzer Room*
9. Bồn chứa đáy phẳng *Flat-bottom tank*
10. Lưu trữ và dự phòng Oxy
O₂ storage & back up
11. Lưu trữ và dự phòng Nitơ
N₂ storage & back up
12. Chiết nạp sản phẩm sang xe bồn chuyên dụng
Products filling to specialized tankers



DÂY CHUYỀN TÁCH KHÍ VẬN HÀNH

ASU Operation



2

NHỮNG MỐI NGUY CHÍNH

Main Hazards

NHỮNG MỐI NGUY CHÍNH

Overall Main Hazards

MẤT KIỂM SOÁT LƯU TRỮ' Loss of Containment

CHẤT OXY HÓA
Oxidizing Mat.



CHẤT LỎNG SIÊU LẠNH
Cryogenic Mat.



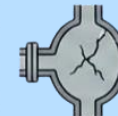
KHÍ TRƠ
Inert Gas

NGUYÊN NHÂN Cause

LỖI THIẾT BỊ

Equipment Failure

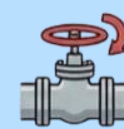
- Ăn mòn, nứt áp suất/nhiệt độ
Corrosion, stress cracks



LỖI VẬN HÀNH

Operation Error

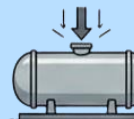
- Vận hành sai qui trình
Operating incorrectly



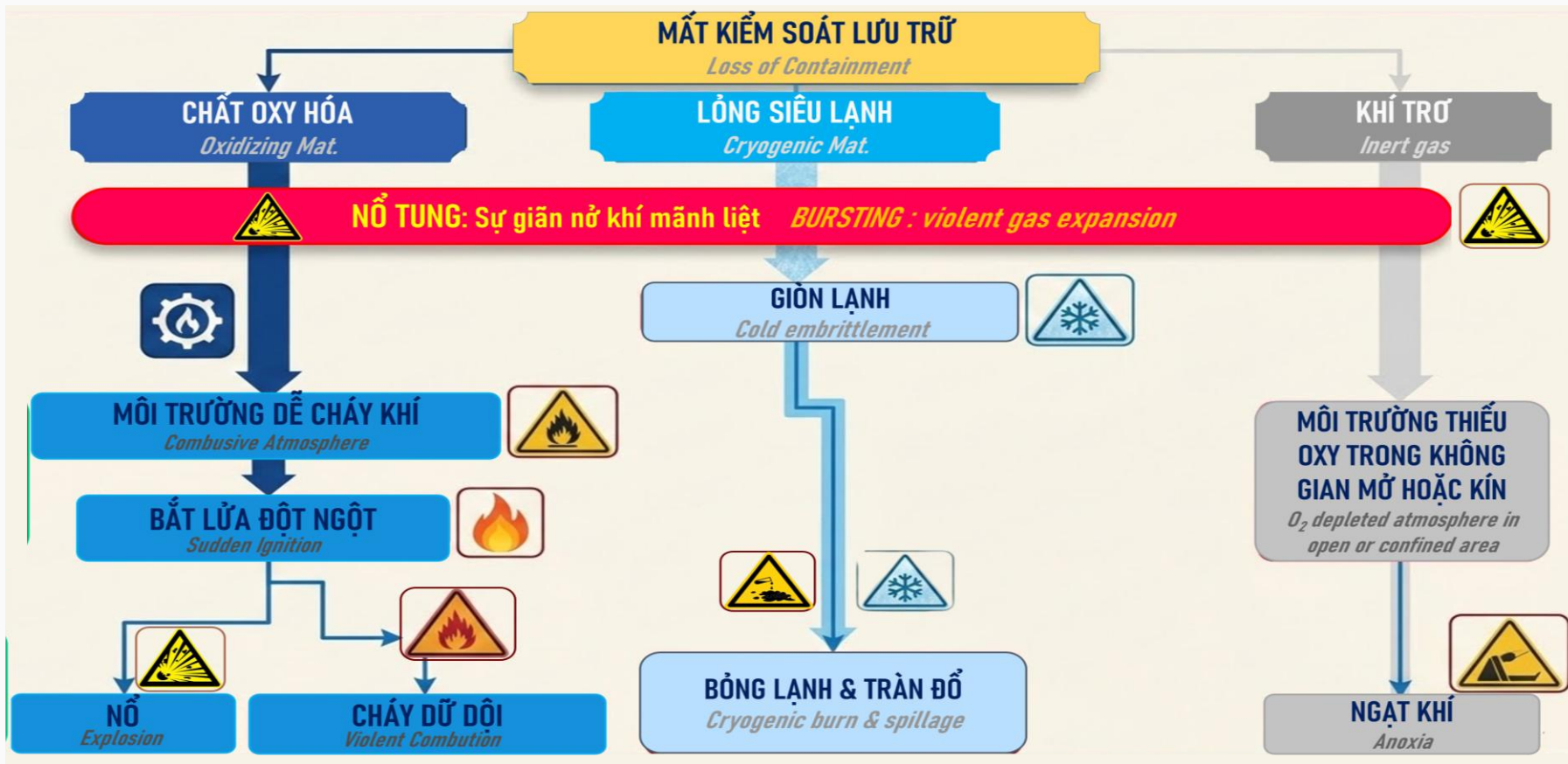
TÁC ĐỘNG BÊN NGOÀI

External Impact

- Va đập cơ học, rung chấn
Mechanical impact vibration

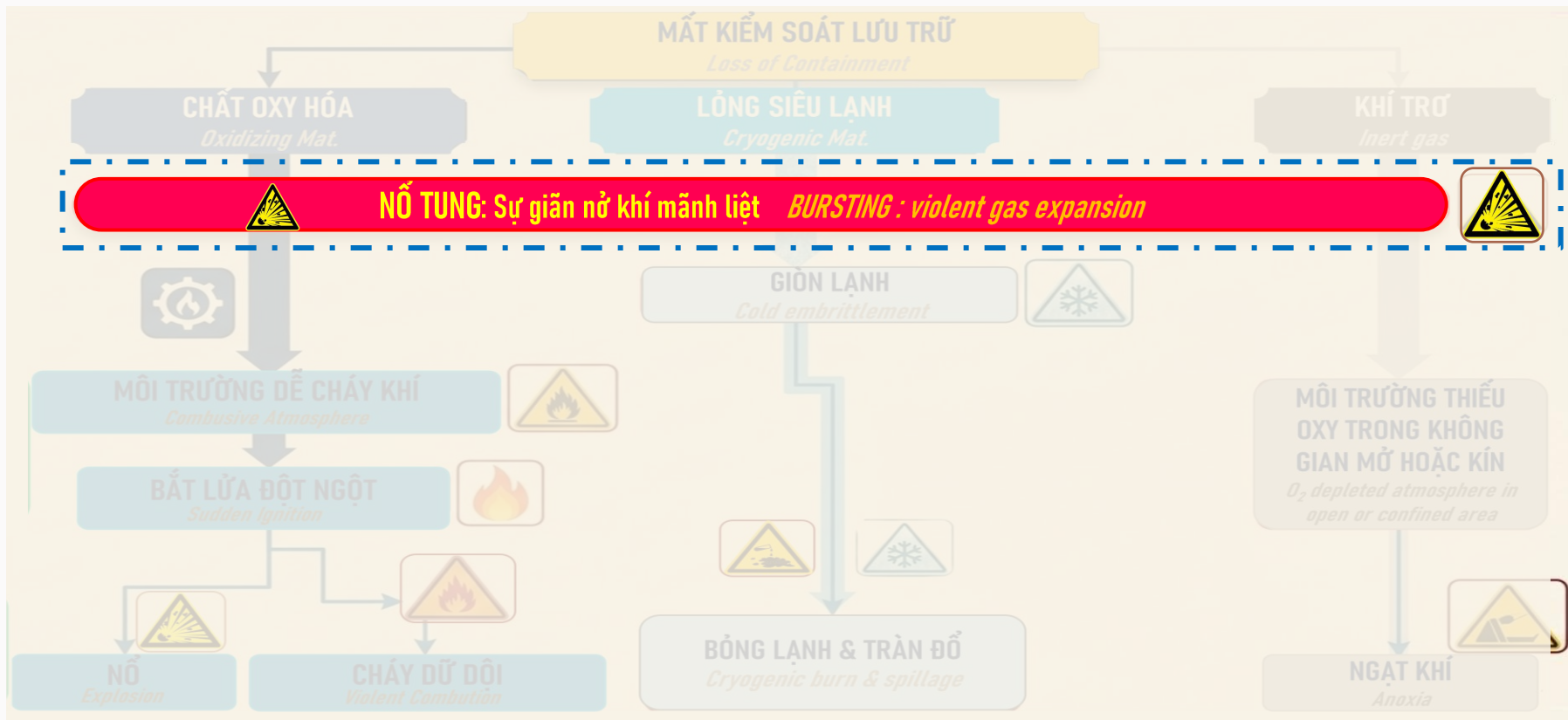


NHỮNG MỐI NGUY CHÍNH *Overall Main Hazards*



NỔ TUNG: SỰ GIÃN NỔ KHÍ

Bursting: Violent gas explosion



NỔ TUNG: SỰ GIÃN NỔ KHÍ

Bursting: Violent gas explosion



Nguy cơ áp suất luôn hiện hữu bất cứ khi nào vật liệu dạng lỏng được lưu trữ, vận chuyển hoặc xử lý dưới áp suất.

Pressure Hazards exist every time a fluid material is stored, transported or processed under pressure.

Nguyên Nhân *Causes*

- Tác động bên ngoài: động đất, vật rơi...
External Impact: seism, dropped object;
- Suy giảm vật liệu: ăn mòn, lỗi sản xuất...
Material weakening: corrosion, manufacturing defects.....;
- Áp suất quá cao do hỏng hệ thống điều khiển áp suất
Overpressure due to pressure control system failure;
- Hỏng gioăng
Gasket failure



NỔ TUNG: SỰ GIÃN NỔ KHÍ

Bursting: Violent gas explosion



Nguy cơ áp suất luôn hiện hữu bất cứ khi nào vật liệu dạng lỏng được lưu trữ, vận chuyển hoặc xử lý dưới áp suất.

Pressure Hazards exist every time a fluid material is stored, transported or processed under pressure.

Hậu quả *Consequences*

Nếu xảy ra sự cố rò rỉ, giải phóng năng lượng cao và sự giãn nở chất lỏng đột ngột dẫn đến:

If loss of containment, high energy release and sudden fluid expansion leading to:



Nổ *Bursting*



Tràn đổ, rò rỉ *Spilling, Leakage*



Vỡ *Broken*



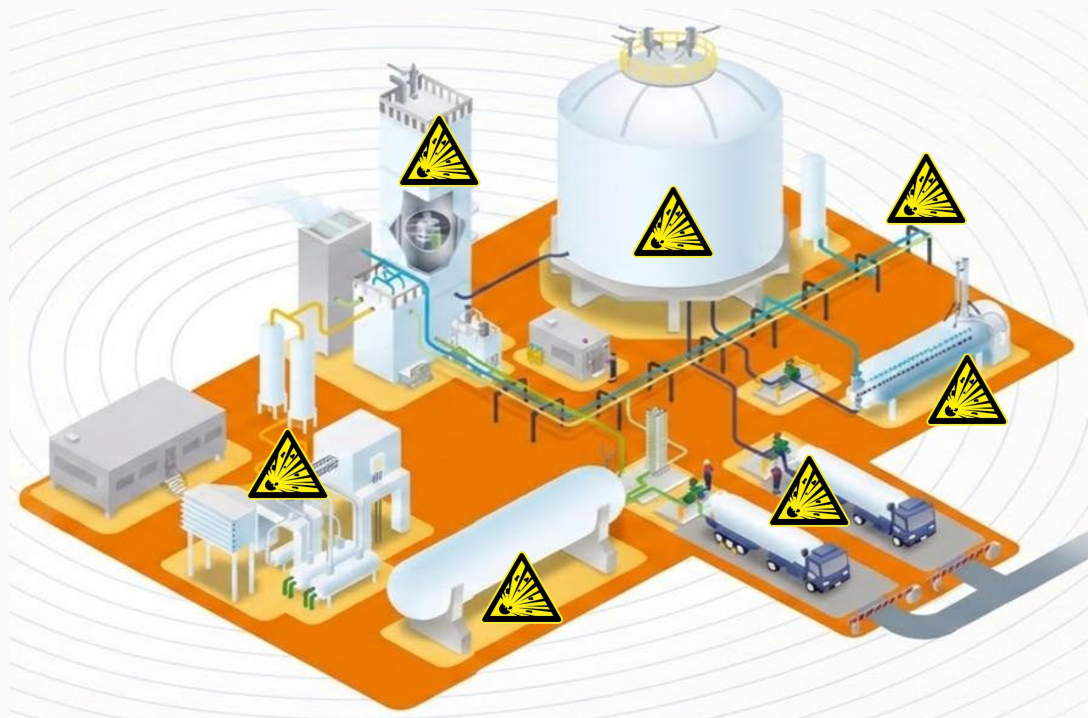
NỔ TUNG: SỰ GIÃN NỔ KHÍ

Bursting: Violent gas explosion



Vị trí mối nguy áp suất *Pressure Hazard location*

- Máy nén khí
Air Compressors
- Hộp lạnh
Colbox
- Thiết bị áp suất cao
(van, đường ống, bơm hoặc máy nén) tại bồn
High pressured equipments (valves, pipes, pumps or compressors) at Cryogenic storage







Hiện tượng giòn lạnh của các vật liệu không đàn hồi (thép cacbon, v.v.) khi tiếp xúc với nhiệt độ thấp hơn -29°C .

Definition: Cold embrittlement of non-resilient materials (carbon steel, etc.) exposed to temperatures lower than -29°C

Hậu quả *Consequences*

- Thiết bị phát nổ
Equipment bursting
- Vụ nổ áp suất
Pressure blast
- Mảnh vỡ văng ra
Fragment projection
- Tràn chất lỏng siêu lạnh và sương mù
Cryogenic liquid spill and fog

Nguyên Nhân *Causes*

- Sự cố rò rỉ chất lỏng đông lạnh tại bồn chứa chất lỏng
Cryogenic spillage at liquid storage tank
- Vỡ đường ống/ống dẫn
Pipe / hose rupture
- Lỗi hệ thống kiểm soát nhiệt độ
Temperature control system failure
- Khách hàng tiêu thụ quá mức
Client over-consumption





Đường ống tại bộ trao đổi nhiệt chính

Warm end piping at main heat exchanger

- Nơi chất lỏng siêu lạnh và chất lỏng ở nhiệt độ môi trường trao đổi nhiệt
Critical interface where cryogenic and ambient fluids exchange heat.

Hộp lạnh hóa lỏng *Liquefier cold box*

- Vỏ cách nhiệt chứa thiết bị nhiệt độ thấp có rủi ro cao.
Insulated enclosure containing high-risk low-temp equipment

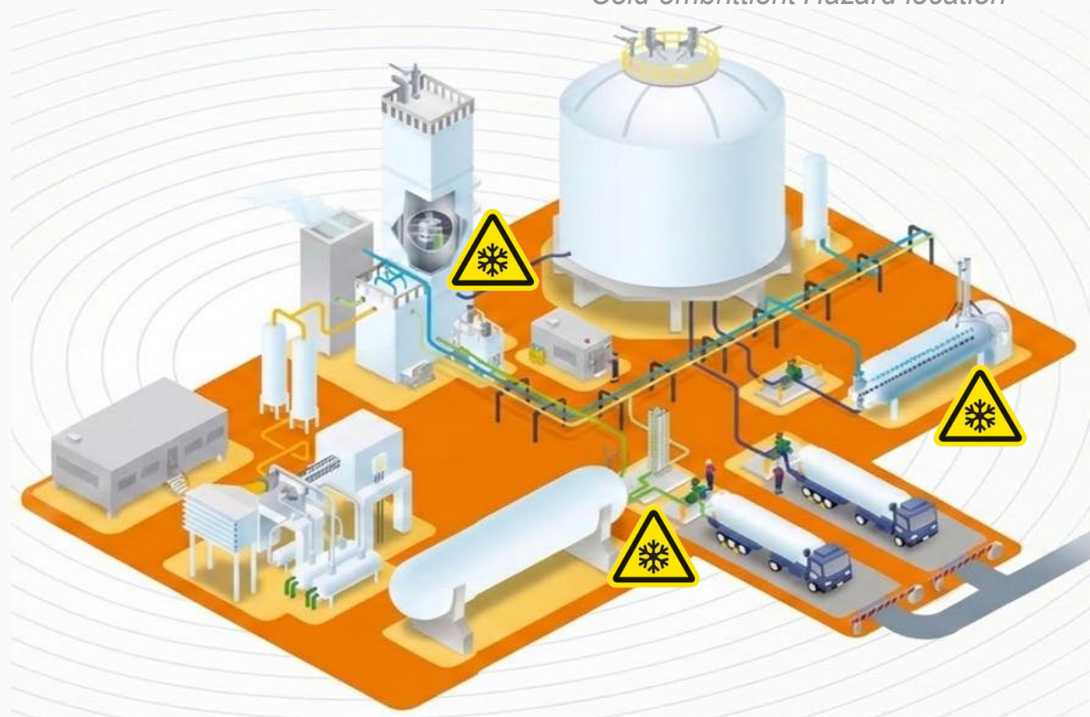
Đường ống bộ hóa hơi sản phẩm

Product Vaporizer lines

- Hệ thống đường ống xử lý sự thay đổi pha của chất lỏng siêu lạnh.
Piping systems handling phase changes of cryogenic liquids.

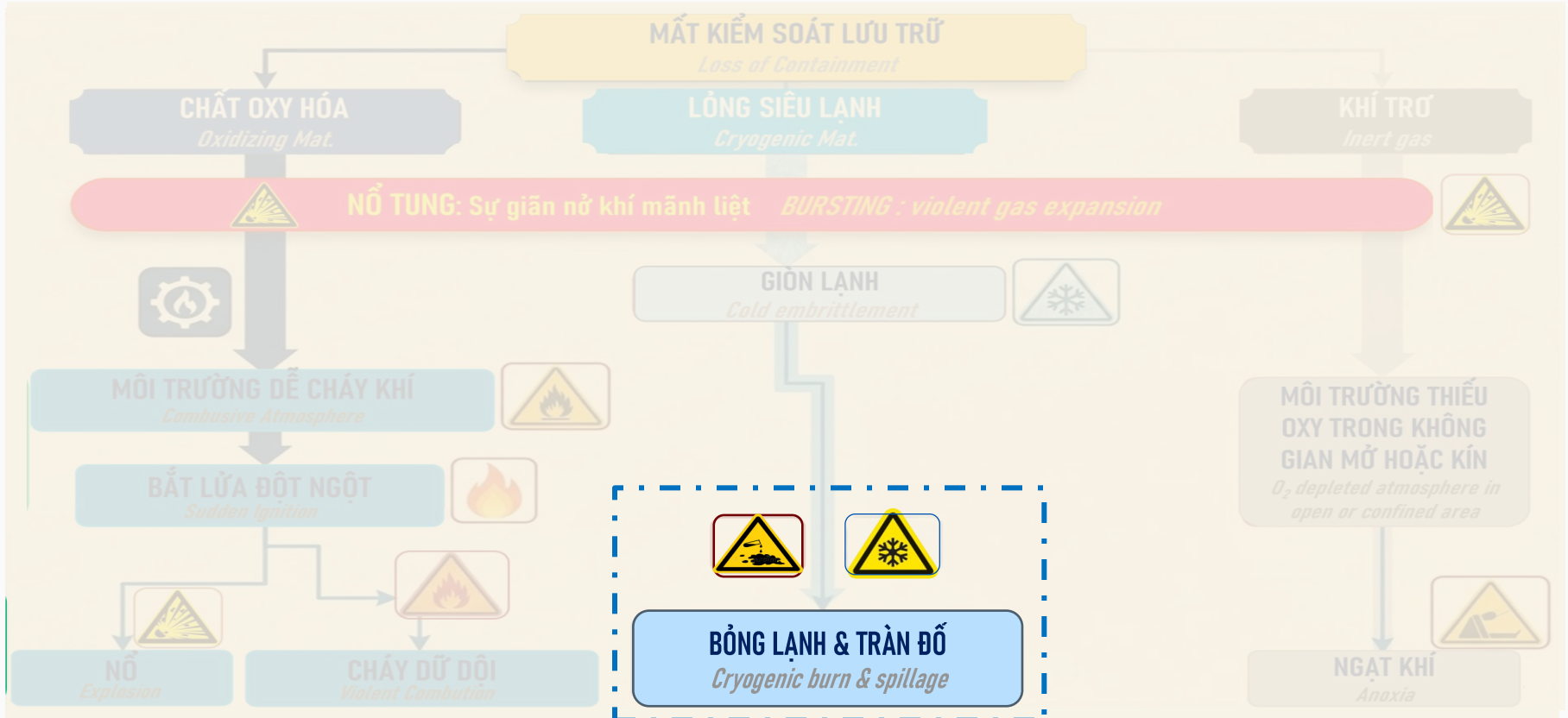
Vị trí mỗi nguy giòn lạnh

Cold embrittled Hazard location



BÔNG & TRÀN LẠNH

Cryogenic burn & Spillage





Rủi ro vốn có trong quá trình xử lý khí hóa lỏng ở nhiệt độ rất thấp (-50°C / -190°C)
Risk inherent to the processing of liquefied gases at very low temperatures (-50°C / -190°C)



Hậu quả *Consequences*

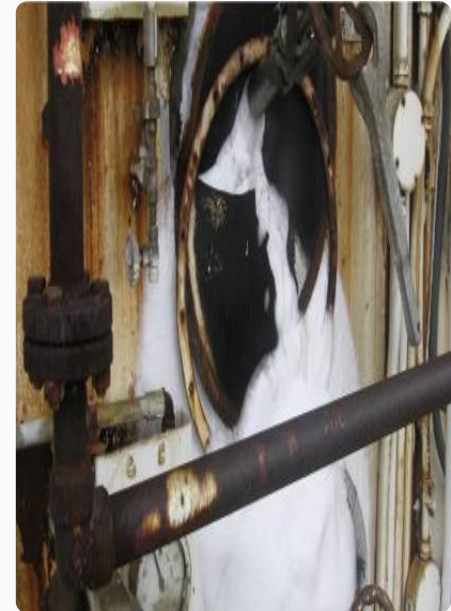
Tiếp xúc với khí hóa lỏng và môi trường lỏng siêu lạnh:

Contact with liquefied gas & cryogenic atmosphere:

- Bỏng lạnh da
Skin Frostbite
- Tổn thương phổi
Lungs damage
- Hạ thân nhiệt
Hypothermia
- Sự cố tràn chất lỏng đông lạnh và sương mù
Cryogenic liquid spill and fog

Nguyên nhân *Causes*

- Xả và thoát chất lỏng
Liquid purge and drainage
- Vỡ ống/ống mềm
Pipe / hose rupture
- Rò rỉ ở mặt bích, van
Leak on flanges, valves
- Van an toàn mở
Safety valve opening
- Lỗi hệ thống điều khiển nhiệt độ
Temperature control system failure





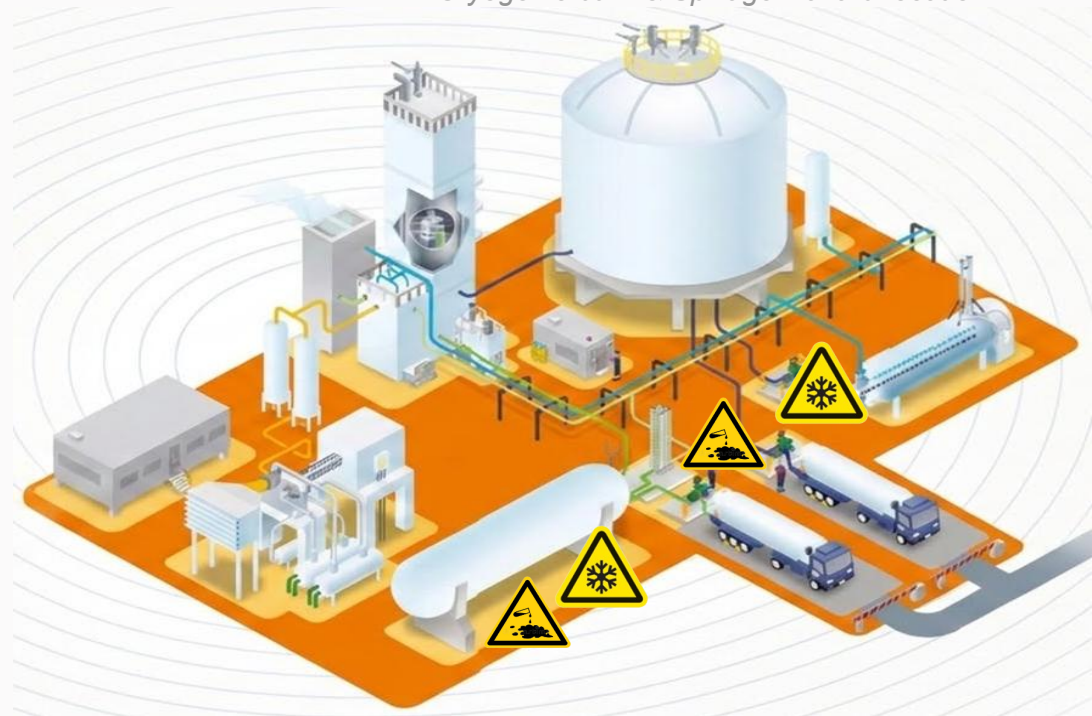
Vị trí mối nguy bông lạnh & tràn đổ

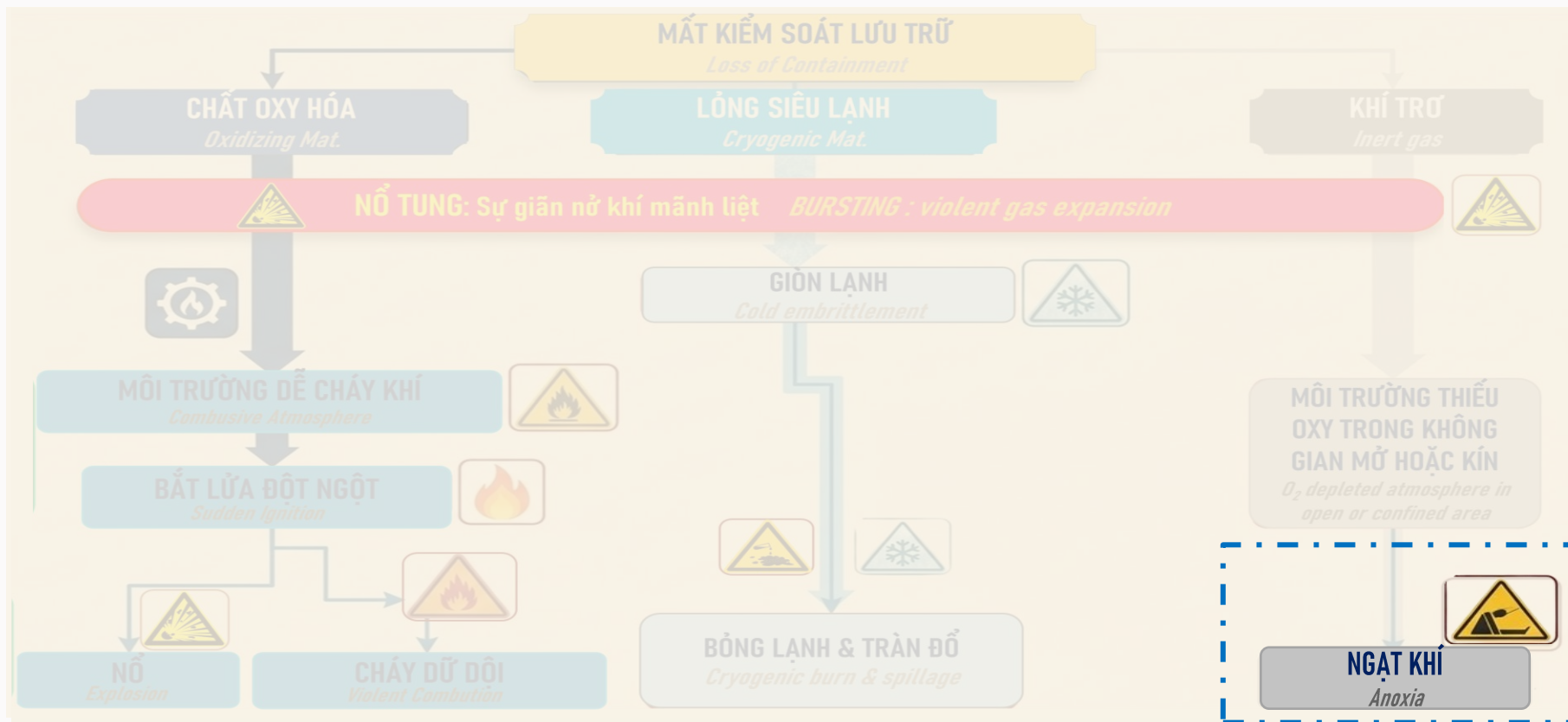
Cryogenic burn & Spillage Hazard location

Thiết bị hộp lạnh bao gồm

Cold box equipments, including :

- Bơm lỏng siêu lạnh
Cryogenic pumps
- Van lỏng siêu lạnh
Cryogenic valves
- Thiết bị làm sạch lỏng siêu lạnh
Cryogenic purges
- Bể chứa chất lỏng siêu lạnh
Cryogenic liquid Storage tanks







“Tình trạng thiếu oxy trong cơ thể. Xảy ra khi không khí được thay thế bằng hỗn hợp khí thiếu oxy.”

“Lack of oxygen in the body. Occurs when air is replaced by an oxygen deficient gas mixture.”

Hậu quả *Consequences*

- Ngạt thở đột ngột *Sudden asphyxiation*: < 6% O₂
- Ngạt thở từ từ *Slow asphyxiation*: 6% < thể tích O₂ (vol.) < 19.5%

Nguyên nhân & Khu vực nguy hiểm

- Tích tụ khí trơ
- Khu vực kín hoặc hạn chế
- Thông gió kém hoặc thiếu thông gió
- Nồng độ khí trơ cao gần các cửa xả khí ngoài trời
- Thải khí trơ quá mức
- Các hoạt động sử dụng nitơ

Causes & Critical Zones

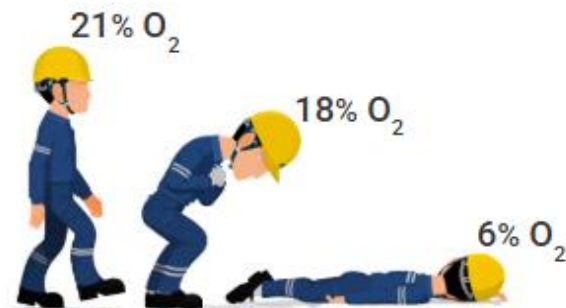
Accumulation of inert gas
Confined or closed zones
Poor or missing ventilation
High inert gas concentration near open outdoor purges
Excessive inert gas venting
Operations where nitrogen is used

Thiếu oxy là một nguy cơ mà chúng ta phải đối mặt trong môi trường thiếu oxy.

Chỉ cần hai hoặc ba hơi thở vào môi trường thiếu oxy cũng đủ làm giảm lượng oxy trong máu. Bạn có thể nhanh chóng mất ý thức và tử vong.

Anoxia is a safety risk we face in a oxygen-deficient atmosphere.

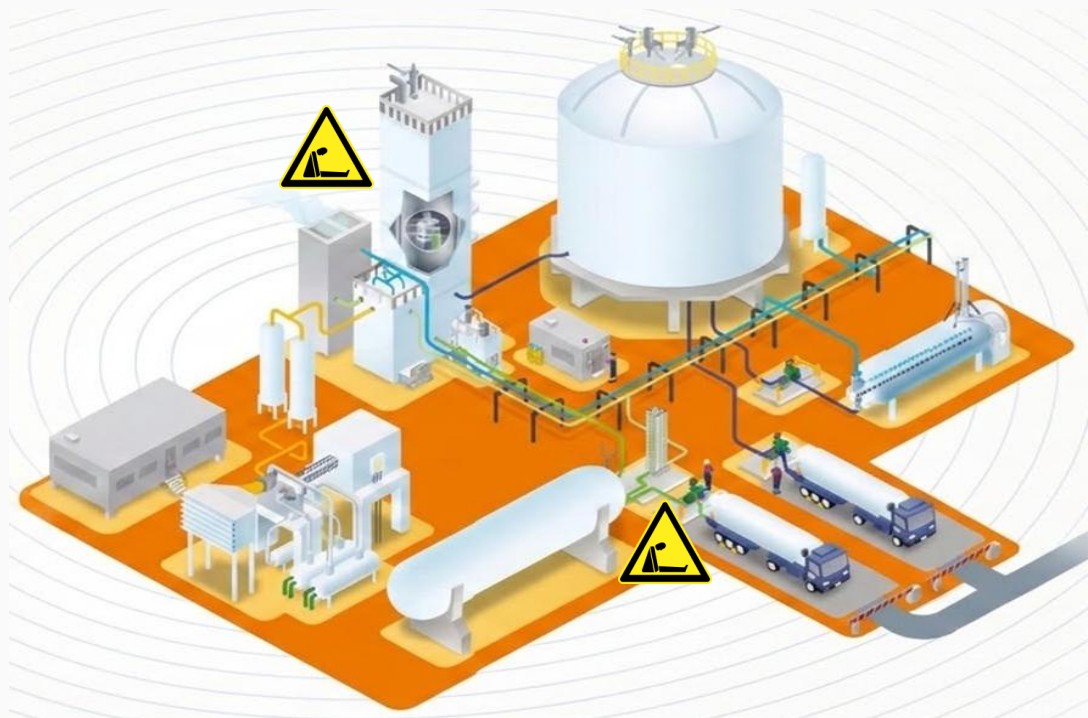
Two or three breaths into an oxygen - deficient atmosphere remove oxygen from your blood. You may quickly lose consciousness and die.





Vị trí mối nguy ngạt khí *Anoxia Hazard location*

- Bồn chứa Nitơ hoặc Argon
Nitrogen or Argon Storage tanks
- Ống thông hơi
Vents
- Bình lọc trong quá trình tái tạo
Purification bottles during regeneration
- Bất kỳ phòng nào vận hành khí trơ
Any room where inert gases are operated







Việc giải phóng oxy tạo ra bầu không khí dễ cháy nổ cao.
Oxygen releases create highly combustive atmosphere

Nguy cơ gia tăng Oxy.
Oxygen enrichment Hazards

Nguyên nhân *Causes*

- Rò rỉ các mối nối hoặc mặt bích oxy
Leaking oxygen connections or flanges
- Vỡ hệ thống dưới áp suất oxy
Breaking of systems under oxygen pressure
- Rò rỉ oxy lỏng và đám mây hơi oxy
Liquid oxygen spillage and vapor cloud
- Hóa lỏng không khí gần thiết bị đông lạnh
Air liquefaction near cryogenic equipments
- Thoát khí oxy
Oxygen venting
- Xử lý oxy lỏng
Liquid oxygen disposal

Hậu quả *Consequences*

Trong trường hợp bắt lửa *In case of ignition:*

- Bỏng nặng *Severe burns*
- Nguy cơ bùng cháy và/hoặc nổ
Potential flash fire and/or explosion





Các thiết bị chứa oxy (đường ống, máy bơm, máy nén) dễ bị cháy dữ dội nếu có mặt các tạp chất dễ cháy và năng lượng.

Oxygen-containing equipment (piping, pumps, compressors) are subject to violent fires if flammable impurities and energy are present.

Nguyên nhân *Causes*

- Nén đoạn nhiệt *Adiabatic Compression*
- Ma sát dòng chảy *Flow Friction*
- Phóng điện hồ quang *Electrical Arcing*
- Sự hiện diện của dầu *Oil presence*
- Bùng cháy nhiệt *Thermal ignition*
- Va chạm cơ học *Mechanical impact*
- Phóng tĩnh điện *Static discharge*
- Cộng hưởng *Resonance*

Hậu quả *Consequences*

- Cháy kim loại *Metal combustion*
- Đạn nóng chảy *Molten Projectiles*
- Cháy bùng và nhiệt độ cực cao
Flash fire & extreme temperatures
- **Áp suất quá cao và nổ**
Overpressure & blast
- Giải phóng năng lượng trong đường ống /thiết bị liền kề
Energy release in adjacent piping/equipment





Vị trí môi nguy cháy *Oxygen risk location*

- Bơm Oxy lỏng siêu lạnh
Cryogenic oxygen pumps
- Bồn Oxy lỏng ở đáy cột áp suất thấp/cao
LOX Bath at Lower Pressure /Middle Pressure column bottom
- Hệ thống lưu trữ và cung cấp Oxy lỏng
Liquide Oxygen (LOX) storage and delivery system
- Hệ thống lưu trữ và cung cấp Oxy khí
Gas Oxygen (GOX) storage and delivery system
- Thiết bị sử dụng dầu bôi trơn
Equipments using lube oil







Sự lắng đọng và bắt lửa của hydrocarbon trong oxy nguyên chất dẫn đến vụ nổ dữ dội
Hydrocarbon deposition and ignition in pure oxygen leading to violent explosion

MÔ TẢ TÌNH HUỐNG *Scenario Description*

Mức LOX trong bồn giảm
Loss of LOX bath level

Sự hiện diện bất thường của tạp chất
Abnormal presence of impurities

Sự lắng đọng chất rắn làm tắc nghẽn ống dẫn hơi
Solid deposition plugging vapo. Tubes

Hóa hơi khô và cô đặc CnHm
Dry Vaporization & CnHm concentration

Sự bốc cháy không kiểm soát của hydrocarbon trong môi trường oxy
Hydrocarbon uncontrolled ignition in oxygen

VỤ NỔ THẢM KHỐC
CATASTROPHIC EXPLOSION



Các biện pháp bảo vệ chính *Main Safeguards*

- Súc rửa LOX định kỳ
Regular LOX purging
- Máy phân tích CO₂ và CnHm
CO₂ and CnHm analyzer
- Cảnh báo mức với chức năng ngắt hệ thống
Level alarm with plant trip

NỔ : Thiết bị hóa hơi chính

Explosion: Main Vaporator Explosion



Vị trí mối nguy nổ *Explosion hazards location*

- Máy hóa hơi chính trong hộp giữ lạnh
Main vaporator in cold box



XỬ LÝ SỰ CỐ VẬN HÀNH ASU

*Incident Handling
ASU Operation*



3

QUẢN LÝ SỰ CỐ MẤT KIỂM SOÁT

Management of Loss of Containment (LoC)

3 TRỤ CỘT CHÍNH

The three key pillars

Các chiến lược, quy trình và công nghệ được sử dụng trong an toàn quy trình nhằm ngăn ngừa và giảm thiểu việc giải phóng ngoài ý muốn các vật liệu hoặc năng lượng nguy hiểm từ các hệ thống ngăn chặn sơ cấp.

Strategies, protocols, and technologies used in process safety to prevent and mitigate the unintended release of hazardous materials or energy from primary containment systems.

Ba trụ cột chính của quản lý LoC hiệu quả

The Three Key Pillars of Effective LoC Management



PHÒNG NGỪA
PREVENTION



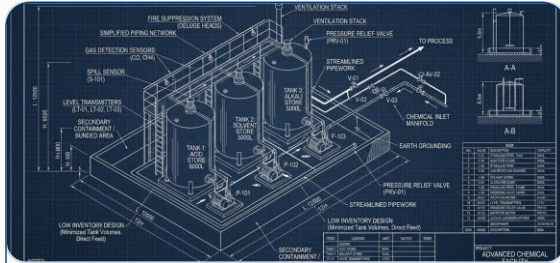
PHÁT HIỆN
DETECTION



GIẢM THIỂU
MITIGATION

BIỆN PHÁP PHÒNG NGỪA SƠ CẤP

Primary Prevention



Thiết kế an toàn

Inherently Safer Design

Giảm thiểu vật liệu nguy hiểm và quy trình an toàn hơn.

Minimize hazardous materials and implement safer processes.



Quản lý thay đổi (MOC)

Management of Change

Đảm bảo mọi sửa đổi được đánh giá rủi ro nghiêm ngặt.

Ensure all modifications undergo rigorous risk assessment.



Đào tạo & Giảm lỗi

Human Error Reduction

Đào tạo cho người vận hành và tối ưu giao diện phòng điều khiển.

Train operators and optimize the control room interface.

Quản lý tính toàn vẹn *Integrity Management:*

Kiểm tra nghiêm ngặt và bảo trì phòng ngừa để ngăn ngừa ăn mòn *Strict inspection and preventative maintenance are necessary to prevent corrosion.*

PHÁT HIỆN SỚM

Early Detection

Phát hiện các điều kiện bất thường hoặc "tín hiệu yếu" trước khi chúng leo thang thành sự cố tràn đổ:

Catching abnormal conditions or "weak signals" before they escalate into a breach

- **Hệ thống giám sát:** Sử dụng các cảm biến tự động để theo dõi áp suất, nhiệt độ và độ rung trong thời gian thực.

Monitoring Systems: Utilizing automated sensors to track pressure, temperature, and vibration in real-time.

- **Kiểm tra vận hành:** Nhân viên hiện trường kiểm tra các dấu hiệu xuống cấp sớm như rò rỉ hoặc lớp cách nhiệt bị ăn mòn.

Operator Rounds: Field personnel visually check for early signs of degradation, such as leaks or corroded insulation.

- **Quản lý báo động:** Hiệu chỉnh hệ thống an toàn để cảnh báo người vận hành về các sai lệch quy trình trước khi xảy ra tình trạng không thể kiểm soát

Alarm Management: Tuning safety systems to alert operators to process deviations before irreversible conditions occur.



Máy dò khí cố định
Fixed Gas Detector



Kiểm tra vận hành / Operator Rounds



Quản lý báo động / Alarm Management

GIẢM THIỂU VÀ ỨNG PHÓ

Mitigation and Response

Nếu xảy ra sự cố mất lưu trữ chính, các kế hoạch phải được triển khai ngay lập tức để giảm thiểu tác động đến con người, môi trường và tài sản:

If a Loss of Primary Containment (LOPC) occurs, plans must immediately be deployed to minimize the impact on people, the environment, and assets:



Ngăn chặn thứ cấp

Secondary Containment

Sử dụng các rào cản vật lý như tường bao và hệ thống thoát nước an toàn để giữ chất lỏng và khí rò rỉ.

Utilizing physical barriers, such as bund walls and safe drainage systems, to trap released liquids and gases.



Ứng phó khẩn cấp (5 C's)

Emergency Response

Kiểm soát tại nguồn, Ngăn chặn, Làm sạch, Thông báo và Xử lý an toàn.

Control, Contain, Clean-Up, Communicate, and dispose safely.



Phân tích Bowtie

Bowtie Analysis

Áp dụng các công cụ đánh giá rủi ro để lập bản đồ các mối đe dọa đối với rào cản và đảm bảo có kế hoạch dự phòng.

Map threats to barriers and ensure contingencies are in place.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Reference document

<https://www.asiaiga.org>

1. **AIGA 056/23** - Safe Practices Guide for Cryogenic Air Separation Plants (*)
Hướng dẫn Thực hành An toàn cho các Nhà máy Tách khí Hóa lỏng (hoặc Nhà máy Tách khí _Lỏng siêu lạnh).
2. **AIGA 035/20**- Safe Operation of Reboilers/Condensers in Air Separation Units
Vận hành An toàn Thiết bị Đun sôi lại/Thiết bị Ngưng tụ trong các Thiết bị Tách phân đoạn Không khí (ASU).
3. **AIGA SB 22/20** - Safety Inspection Check List of Air Separation Units and Cryogenic Liquid Storages at plant site
Danh mục Kiểm tra An toàn cho các Thiết bị Tách phân đoạn Không khí (ASU) và Hệ thống Lưu trữ Chất lỏng Hóa lỏng tại Nhà máy.
4. **027/24** - Cryogenic Vaporization Systems – Prevention of Brittle Fracture of Equipment and Piping
Hệ thống Hóa hơi Nhiệt độ Thấp – Phòng ngừa Hiện tượng Nứt giòn của Thiết bị và Đường ống.
5. **008/18** - Hazards of Oxygen Deficient Atmospheres
Các mối nguy hiểm của Môi trường Thiếu hụt Oxy.

(*) Đã có bản dịch tiếng Việt trên website của AIGA Việt Nam
Vietnamese version available on AIGA Vietnam's website.

*Thank
you*



aigavn@aigavn.com.vn



<https://aigavn.com.vn>