



QUY TẮC THỰC HÀNH VỚI PHOSPHINE ***CODE OF PRACTICE PHOSPHINE***

AIGA 051/20

(Sửa đổi từ AIGA 051/08)

(Revision of AIGA 051/08)

Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á
Asia Industrial Gases Association

No 2 Venture Drive, # 22-28 Vision Exchange, Singapore 608526

Tel: +65 67055642 Fax: +65 68633307

Internet: <http://www.asiaiga.org> LinkedIn Profile:

<https://www.linkedin.com/company/asiaigaorg>



AIGA 051/20

QUY TẮC THỰC HÀNH VỚI PHOSPHINE

CODE OF PRACTICE - PHOSPHINE

Là một phần của chương trình hài hòa hóa các tiêu chuẩn ngành, Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á (AIGA) đã xuất bản ấn phẩm AIGA 051, Quy tắc thực hành Phosphine, được sản xuất chung bởi các thành viên của Hội đồng hài hòa hóa quốc tế và được xuất bản ban đầu bởi AIGA phối hợp với Hiệp hội Khí Y tế và Công nghiệp Nhật Bản (JIMGA) với tên gọi T-S/37, Quy tắc thực hành đối với Phosphine.

As part of a program of harmonization of industry standards, the Asia Industrial Gases Association (AIGA) has published this publication AIGA 051, Code of Practice Phosphine, jointly produced by members of the International Harmonization Council and originally published by AIGA jointly with Japan Industrial and Medical Gases Association (JIMGA) as T-S/37, Code of Practice Phosphine.

Ấn phẩm này được dự định là một ấn phẩm hài hòa quốc tế để sử dụng và áp dụng trên toàn thế giới bởi tất cả các thành viên của Hội đồng hài hòa hóa quốc tế, bao gồm Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á (AIGA), Hiệp hội Khí nén (CGA), Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Âu (EIGA) và Hiệp hội Khí Y tế và Công nghiệp Nhật Bản (JIMGA). Nội dung kỹ thuật của mỗi hiệp hội khu vực là giống hệt nhau, ngoại trừ các yêu cầu pháp lý khu vực và các thay đổi nhỏ trong định dạng và chính tả.

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

Tuyên bố từ chối trách nhiệm

Disclaimer

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

© AIGA 2020 – Có thể được sao chép với sự cho phép của Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á. Bảo lưu mọi quyền.
AIGA 2020 – Can be reproduced with permission from Asia Industrial Gases Association. All Rights Reserved.

HIỆP HỘI KHÍ CÔNG NGHIỆP CHÂU Á
ASIA INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION

No 2 Venture Drive, # 22-28 Vision Exchange, Singapore 608526

Tel: +65 67055642 Fax: +65 68633307

Internet : <http://www.asiaiga.org>

Mục lục

Table of contents

Mục lục <i>Contents</i>	Trang <i>Page</i>
1. Giới thiệu / <i>Introduction</i>	5
2. Phạm vi và mục đích / <i>Scope and purpose</i>	5
2.1. Phạm vi / <i>Scope</i>	5
2.2. Mục đích / <i>Purpose</i>	5
3. Định nghĩa / <i>Definitions</i>	6
3.1. Thuật ngữ trong ấn phẩm / <i>Publication terminology</i>	6
3.2. Các định nghĩa kỹ thuật / <i>Technical definitions</i>	6
4. Tính chất khí / <i>Gas properties</i>	10
4.1. Tổng quan / <i>General</i>	10
4.2. Tính chất vật lý / <i>Physical properties</i>	10
4.3. Tính chất hóa học / <i>Chemical properties</i>	10
4.4. Tính chất về sức khỏe / <i>Health properties</i>	11
4.5. Tính chất tự cháy và dễ cháy / <i>Pyrophoric and flammability properties</i>	11
4.6. Tính chất môi trường / <i>Environmental properties</i>	13
5. Các mối nguy chính của khí / <i>Gas major hazards</i>	14
5.1. Các mối nguy cháy và nổ [21, 22, 23, 24, 25] / <i>Fire and explosion hazards [21, 22, 23, 24, 25]</i>	14
5.2. Độc tính / <i>Toxicology</i>	16
6. Thiết bị thao tác khí—những cân nhắc chung / <i>Gas handling equipment—general considerations</i>	20
6.1. Vật liệu chế tạo / <i>Materials of construction</i>	20
6.2. Tính tương thích của các hợp chất làm kín / <i>Compatibility of sealing compounds</i>	21
6.3. Áp suất hệ thống và bảo vệ quá áp / <i>System pressures and overpressure protection</i>	21
6.4. Loại van và loại bộ lọc / <i>Valve types and filter types</i>	22
6.5. Đường ống / <i>Tubing</i>	23
6.6. Độ tinh khiết / <i>Purity</i>	23
6.7. Kiểm tra rò rỉ và thông thổi hệ thống / <i>System leak tests and purge</i>	23
6.8. Kiểm soát nhiệt độ hệ thống / <i>System temperature control</i>	24
6.9. Sử dụng điều khiển điện và thiết bị được phân loại điện / <i>Use of electrical control and use of electrically classified equipment</i>	24
6.10. Hệ thống giám sát. / <i>Monitoring system</i>	25
6.11. Hệ thống giảm thiểu / <i>Abatement system</i>	27
6.12. Đường xả hệ thống / <i>System vent</i>	27
7. Quy trình và vận hành / <i>Process and operation</i>	28
7.1. Kiểm soát an toàn sinh mạng (hệ thống phát hiện khí và báo động) / <i>Life safety control (gas detection and alarm systems)</i>	28
7.2. Quy trình vận hành và nhân sự / <i>Operational procedures and personnel</i>	30
7.3. Thông gió / <i>Ventilation</i>	30
7.4. Các chương trình bảo trì liên tục và bảo trì phòng ngừa / <i>On-going maintenance and preventive maintenance programs</i>	33
8. Nạp/đóng gói chai khí / <i>Gas cylinder filling/packaging</i>	34
8.1. Cân nhắc về cơ sở nạp / <i>Filling facility consideration</i>	34
8.2. Bình / <i>Containers</i>	34

8.3. Thiết bị nạp / <i>Filling equipment</i>	36
9. Tồn chứa và Thao tác / <i>Storage and Handling</i>	37
9.1. Hướng dẫn chung / <i>General guidelines</i>	37
9.2. Tồn chứa / <i>Storage</i>	38
9.3. Thao tác / <i>Handling</i>	39
9.4. An ninh / <i>Security</i>	41
10. Cung cấp khí đến điểm sử dụng / <i>Gas supply to point-of-use</i>	41
10.1. Kiểm soát đường ống quy trình / <i>Process line control</i>	41
10.2. Bộ điều áp / <i>Regulators</i>	42
11. Hệ thống xử lý khí thải / <i>Gas abatement systems</i>	42
11.1. Các nguyên tắc cơ bản của xử lý / <i>Basic principles of abatement</i>	43
11.2. Yêu cầu của người dùng / <i>User requirements</i>	46
11.3. Thải bỏ dòng chất thải / <i>Waste stream disposal</i>	47
11.4. Quản lý chất thải / <i>Waste management</i>	47
12. Ứng phó khẩn cấp / <i>Emergency response</i>	48
12.1. Chuẩn bị / <i>Preparation</i>	48
12.2. Ứng phó / <i>Response</i>	50
13. Tài liệu tham khảo / <i>References</i>	50

Bảng / *Tables*

Bảng 1 – Tính chất của phosphine	11
<i>Table 1—Properties of phosphine</i>	
Bảng 2 - Giới hạn phơi nhiễm theo quy định đối với phosphine	18
<i>Table 2—Regulatory exposure limits for phosphine</i>	
Bảng 3 - Hướng dẫn tương thích vật liệu [33]	21
<i>Table 3—Material compatibility guide [33]</i>	

Hình / *Figures*

Hình 1 — Đường cong áp suất hơi của phosphine (Đơn vị SI)	13
<i>Figure 1—Phosphine vapor pressure curve (SI Units)</i>	
Hình 2 — Đường cong áp suất hơi của phosphine (Đơn vị Hoa Kỳ)	13
<i>Figure 2—Phosphine vapor pressure curve (U.S. Units)</i>	

Sửa đổi từ AIGA 051/08 *Amendments from AIGA 051/08*

Mục <i>Section</i>	Thay đổi <i>Changes</i>
	Chỉnh sửa biên tập để phù hợp với phong cách của các hiệp hội IHC <i>Editorial to align style with IHC associations</i>
	Cập nhật chung <i>General update</i>

Lưu ý: Các thay đổi kỹ thuật so với phiên bản trước được gạch dưới
Note: Technical changes from the previous edition are underlined

1. Giới thiệu / Introduction

- Phosphine là một chất khí độc, không màu, có mùi cá thối hoặc phổ biến hơn là mùi của axetylen dùng cho hàn. Nó được vận chuyển dưới dạng khí nén hóa lỏng dưới áp suất hơi riêng là 516 psi (3558 kPa). Nó cũng được cung cấp ở trạng thái khí, được pha loãng với các khí khác dưới áp suất. Nó là chất dễ cháy, tự bốc cháy và có độc tính cao.

Phosphine is a toxic, colorless gas with an odor of decaying fish or more commonly like that of welding grade acetylene. It is shipped as a liquefied compressed gas under its own vapor pressure of 516 psi (3558 kPa). It is also supplied in a gaseous state, diluted with other gases under pressure. It is flammable, pyrophoric, and highly toxic.

- Vấn đề thao tác an toàn với phosphine là một chủ đề rất quan trọng và phù hợp với ngành khí nén cũng như cộng đồng người sử dụng loại khí đặc biệt này.

The issue of the safe handling of phosphine is a very important and relevant topic to the compressed gas industry as well as the user community of this specialty gas.

- Phosphine được sử dụng làm chất pha tạp cho các thiết bị điện tử trạng thái rắn dựa trên silicon. Nó được khuếch tán nhiệt vào lớp silicon bằng cách sử dụng lò hoặc bằng hệ thống cấy ion (chất pha tạp loại n). Nó cũng được sử dụng để sản xuất các chất bán dẫn hợp chất như điốt phát sáng (LED) bằng phản ứng với một chất hữu cơ kim loại như trimethyl gali tạo thành một lớp gali photphua. Phosphine cũng được sử dụng trong ngành công nghiệp bán dẫn để phát triển một lớp phủ. Phosphine có thể vô tình được tạo ra trong các quy trình khai thác và sản xuất liên quan đến các hợp chất photpho và sơn và thuốc diệt cỏ có chứa các hợp chất photpho. Phosphine cũng được sử dụng làm thuốc khử trùng cho ngũ cốc.

Phosphine is used as a doping agent for silicon-based solid state electronic devices. It is thermally diffused into the silicon layer using furnaces or by an ion implantation system (n-type dopant). It is also used to manufacture compound semiconductors such as light-emitting diodes (LEDs) by reaction with a metal organic such as trimethyl gallium forming a gallium phosphide layer. Phosphine is also used in the semiconductor industry to grow a capping layer. Phosphine can be inadvertently generated in mining and manufacturing processes involving phosphorous compounds and paints and herbicides containing phosphorous compounds. Phosphine is also used as a fumigant for grain.

- Phosphine có thể được thao tác một cách an toàn nếu thiết bị được thiết kế và bảo trì đúng cách và nhân viên được đào tạo. Tối thiểu, tất cả nhân viên phải có quyền truy cập vào phiếu an toàn hóa chất (SDS) của phosphine và được đào tạo về cách sử dụng SDS và tài liệu tham khảo khác.

Phosphine can be safely handled if equipment is properly designed and maintained and employees are trained. As a minimum, all personnel shall have access to the phosphine safety data sheet (SDS) and training in the use of the SDS and other reference material.

- LƯU Ý—Trong ấn phẩm này, phosphine được hiểu là ở pha khí trừ khi có quy định khác.

NOTE—In this publication, phosphine is understood to be in the gaseous phase unless otherwise stated.

2. Phạm vi và mục đích / Scope and purpose

2.1. Phạm vi / Scope

- Ấn phẩm này dành cho các nhà cung cấp, nhà phân phối và người sử dụng phosphine và thiết bị thao tác của nó. Ấn phẩm này bao gồm hướng dẫn về thiết kế thiết bị, lựa chọn xi lanh và van, kiểm soát thao tác và thực hành an toàn. Các hướng dẫn về các bước vận hành liên quan đến việc sử dụng phosphine và hỗn hợp phosphine cũng như bảo vệ chống cháy, phát hiện khí, thông gió và các biện pháp bảo vệ liên quan cũng được bao gồm. Việc sản xuất, tinh chế và phân tích phosphine nằm ngoài phạm vi của ấn phẩm này, mặc dù hướng dẫn chung được đưa ra cũng liên quan đến các quy trình này.

This publication is intended for the suppliers, distributors, and users of phosphine and its handling equipment. This publication includes guidance for design of equipment, selection of cylinders and valves, handling controls, and safety practices. Guidelines on the operational steps associated with the use of phosphine and phosphine mixtures as well as fire protection, gas detection, ventilation, and related safeguards are also included. The manufacture, purification, and analysis of phosphine are beyond the scope of this publication, although the general guidance given is also relevant to these processes.

2.2. Mục đích / Purpose

- Ấn phẩm này được viết để giải quyết vấn đề độc tính cao và khả năng bắt lửa của phosphine, nơi hậu quả của việc thao tác không đúng cách với phosphine có thể gây thương tích, tử vong

và/hoặc thiết hai cho cơ sở. Ấn phẩm này đưa ra mô tả về các mối nguy tiềm ẩn liên quan đến thao tác phosphine và các hướng dẫn cần tuân theo để giảm thiểu rủi ro tiềm ẩn.

This publication was written to address the high toxicity and flammability of phosphine where the consequences of improper handling of phosphine could cause injury, death, and/or facility damage. This publication provides a description of the potential hazards involved in handling phosphine and the guidelines to follow to minimize risk potential.

3. Định nghĩa / *Definitions*

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

3.1. Thuật ngữ trong ấn phẩm / *Publication terminology*

3.1.1. Phải / *Shall*

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

3.1.2. Nên / *Should*

- Chỉ ra rằng một quy trình được khuyến nghị.
Indicates that a procedure is recommended.

3.1.3. Có thể / *May*

- Chỉ ra rằng quy trình là tùy chọn.
Indicates that the procedure is optional.

3.1.4. Sẽ / *Will*

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

3.1.5. Có thể / *Can*

- Chỉ ra một khả năng hoặc năng lực.
Indicates a possibility or ability.

3.2. Các định nghĩa kỹ thuật / *Technical definitions*

3.2.1. Áp suất tuyệt đối / *Absolute pressure*

- Dựa trên điểm tham chiếu bằng không, độ chân không hoàn hảo. Đo từ tham chiếu này, áp suất khí quyển tiêu chuẩn ở mực nước biển là 101.325 kPa, abs (14.696 psia); tuy nhiên, áp suất khí quyển cục bộ có thể sai lệch so với giá trị tiêu chuẩn này do điều kiện thời tiết và độ cao trên hoặc dưới mực nước biển.

Based on a zero reference point, the perfect vacuum. Measured from this reference, the standard atmospheric pressure at sea level is 101.325 kPa, abs (14.696 psia); however, local atmospheric pressure can deviate from this standard value because of weather conditions and the elevation above or below sea level.

3.2.2. Thiết bị / *Apparatus*

- Thiết bị phụ trợ như van, thiết bị giảm áp (PRD), bộ điều áp, van một chiều được sử dụng với khí nén.
Accessory equipment such as valves, pressure relief devices (PRDs), regulators, non-return valves (check valves) used with compressed gas.

3.2.3. Khí / *Gas*

- Khí hoặc khí nén như được định nghĩa trong Khuyến nghị của Liên Hợp Quốc (UN) về Vận chuyển Hàng hóa Nguy hiểm, Quy định Mẫu và trong Hệ thống Phân loại và Ghi nhãn Hóa chất Hải hòa Toàn cầu (GHS) [1, 2].
Gas or gas under pressure as defined in United Nations (UN) Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Model Regulations and in Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) [1, 2].

- Khí là một chất mà (a) ở 50 °C có áp suất hơi lớn hơn 300 kPa; hoặc (b) hoàn toàn ở thể khí ở 20 °C dưới áp suất tiêu chuẩn 101.3 kPa [1, 2].
A gas is a substance that (a) at 50 °C has a vapor pressure greater than 300 kPa; or (b) is completely gaseous at 20 °C at a standard pressure of 101.3 kPa [1, 2].

3.2.4. Bình chứa / Containers

- Các bình có hình dạng, kích thước và vật liệu cấu tạo khác nhau như chai, bồn chứa di động hoặc bồn chứa cố định, và có thiết kế đáp ứng các thông số kỹ thuật của Hiệp hội Kỹ sư Cơ khí Hoa Kỳ (ASME), Vận tải Canada (TC), Bộ Giao thông Vận tải Hoa Kỳ (DOT), Hiệp định Châu Âu về Vận chuyển Hàng hóa Nguy hiểm bằng Đường bộ (ADR), Tiêu chuẩn Công nghiệp Nhật Bản (JIS), hoặc các cơ quan quản lý quốc gia và được nạp khí nén [3].

Vessels of various shapes, sizes, and materials of constructions such as cylinders, portable tanks, or stationary tanks, and of designs meeting the specifications of the American Society of Mechanical Engineers (ASME), Transport Canada (TC), United States Department of Transportation (DOT), European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), Japanese Industrial Standard (JIS), or national authorities and are filled with compressed gases [3].

3.2.5. Nhiệt độ tới hạn / Critical temperature

- Nhiệt độ mà trên đó một khí tinh khiết không thể hóa lỏng, bất kể mức độ nén.
Temperature above which a pure gas cannot be liquefied, regardless of the degree of compression.

3.2.6. Chai / Cylinder

- Bình chịu áp lực có thể vận chuyển được với dung tích nước không vượt quá 150 L có thể được nạp khí nén.

Transportable pressure receptacle having a water capacity that does not exceed 150 L that can be filled with a gas under pressure.

3.2.7. Tỷ lệ nạp / Filling ratio

- Tỷ lệ khối lượng khí hóa lỏng được đưa vào một bình so với khối lượng nước ở 15 °C (59 °F) có thể nạp đầy cùng một bình đã được trang bị sẵn sàng để sử dụng.

Ratio of the mass of liquefied gas introduced in a container to the mass of water at 15 °C (59 °F) that would fill the same container fitted ready for use.

- LƯU Ý—Còn được gọi là mật độ nạp, hệ số nạp, mức độ nạp tối đa, hoặc áp suất nạp tối đa.

NOTE—Also known as fill density, filling factor, maximum fill degree, or maximum fill pressure.

3.2.8. Khí dễ cháy / Flammable gas

- Khí mà trong đó hỗn hợp 13% hoặc ít hơn (theo thể tích) với không khí có thể bốc cháy ở 0.101 MPa, abs (14.696 psia) hoặc có phạm vi cháy với không khí ít nhất 12% bất kể giới hạn dưới. Các giới hạn này phải được xác định tại áp suất 0.101 MPa, abs (14.696 psia) và ở nhiệt độ 20 °C (68 °F).

Gas in which either a mixture of 13% or less (by volume) with air ignitable at 0.101 MPa, abs (14.696 psia) or a flammable range with air of at least 12% regardless of the lower limit. These limits shall be determined at 0.101 MPa, abs (14.696 psia) pressure and at a temperature of 20 °C (68 °F).

3.2.9. Nhà cung cấp khí / Gas supplier

- Doanh nghiệp sản xuất, nạp, và/hoặc phân phối khí nén và bình khí nén.

Business that produces, fills, and/or distributes compressed gases and compressed gas containers.

3.2.10. Thao tác / Handling

- Di chuyển, kết nối, hoặc ngắt kết nối một bình khí trong điều kiện bình thường.

Moving, connecting, or disconnecting a gas container under normal conditions.

3.2.11. Mối nguy / Hazard

- Bất kỳ điều kiện nào có thể gây thương tích cho nhân viên hoặc tài sản.
Any condition that could cause injury to personnel or property.

3.2.12. Độc tính cao / *Highly toxic*

- Các loại khí có LC50 trong không khí nhỏ hơn hoặc bằng 200 ppm khi phơi nhiễm trong 1 giờ, tương ứng với các loại khí được phân loại là Cấp độ Độc Cấp tính cấp 1 theo UN GHS [2]. Tham khảo 3.2.15.
Gases that have an LC50 in air less than or equal to 200 ppm for a 1 hour exposure, which corresponds to gases classified as Acute Toxicity Category 1 according to UN GHS [2]. Refer to 3.2.15.
- LƯU Ý—Trong ấn phẩm này, phần triệu (ppm) có nghĩa là phần triệu theo thể tích (ppmv).
NOTE—In this publication, parts per million (ppm) means parts per million by volume (ppmv).

3.2.13. Vùng nóng / *Hot zone*

- Khu vực ngay xung quanh sự cố tràn đổ hóa chất và vùng lân cận có thể gây nguy hiểm nghiêm trọng từ các mối nguy vật lý như cháy, nổ, hoặc phơi nhiễm hóa chất.
Area immediately around the chemical spill and the surrounding region that could be in serious danger from physical hazards such as fire, explosion, or chemical exposure.
- LƯU Ý—Thông thường, chỉ lính cứu hỏa và đội ứng phó khẩn cấp là thành viên của đội vật liệu nguy hiểm (HAZMAT) chuyên biệt mới được phép vào vùng nóng.
NOTE—Generally, only firefighters and the emergency response team who are members of a specialized hazardous material (HAZMAT) team will enter the hot zone.

3.2.14. Khí trơ / *Inert gas*

- Khí không độc, không hỗ trợ hô hấp của con người, và phản ứng rất ít hoặc không phản ứng với các chất khác.
Gas that is not toxic, doesn't support human breathing, and reacts scarcely or not at all with other substances.

3.2.15. Nồng độ gây chết 50 (LC50) / *Lethal concentration 50 (LC50)*

- Nồng độ của một chất trong không khí, khi tiếp xúc trong một khoảng thời gian xác định được dự kiến sẽ gây tử vong cho 50% toàn bộ quần thể thử nghiệm được xác định.
Concentration of a substance in air, exposure to which for a specified length of time is expected to cause the death of 50% of the entire defined experimental population.
- LƯU Ý—Thường được đo bằng ppm hoặc mg/m³.
NOTE—Usually measured as ppm or mg/m³.

3.2.16. Giới hạn cháy dưới (LFL) / *Lower flammability limit (LFL)*

- Giới hạn cháy dưới (điểm mà tại đó ngọn lửa bắt đầu lan truyền) của một loại khí hoặc hơi ở nhiệt độ và áp suất môi trường thông thường được biểu thị bằng phần trăm của khí hoặc hơi trong không khí theo thể tích. LFL sẽ thay đổi theo nhiệt độ và áp suất.
Lower limit of flammability (point at which a flame just starts to propagate) of a gas or vapor at ordinary ambient temperatures and pressure expressed in percent of the gas or vapor in air by volume. The LFL will vary with temperature and pressure.
- LƯU Ý—Còn được gọi là giới hạn nổ dưới (LEL).
NOTE—Also referred to as lower explosive limit (LEL).

3.2.17. Tiêu chuẩn, hướng dẫn, quy định quốc gia / *National standards, guidelines, regulations*

- Các tiêu chuẩn kỹ thuật do các cơ quan quản lý của quốc gia nơi thiết bị/cơ sở được sử dụng đặt ra, liên quan đến thiết kế, xây dựng, thử nghiệm và sử dụng. Khi có sẵn và áp dụng được, các tiêu chuẩn này phải được tuân thủ.
Technical standards set by the regulatory authorities of the country in which the equipment/facility is used, with respect to design, construction, testing, and use. Where available and applicable, these standards shall be followed.

3.2.18. Chất oxy hóa / *Oxidizer*

- Khí hoặc hỗn hợp khí có khả năng, ở áp suất khí quyển, hỗ trợ quá trình cháy nhiều hơn một chất oxy hóa tham chiếu bao gồm 23.5% oxy trong nitơ (ví dụ, oxy dạng khí, oxit nitơ, hoặc flo).
Gas or gas mixture that is able, at atmospheric pressure, to support the combustion more than a reference oxidizer consisting of 23.5% oxygen in nitrogen (for example, gaseous oxygen, nitrous oxide, or fluorine).

3.2.19. Áp suất / *Pressure*

- Lực trên một đơn vị diện tích do khí tác dụng lên môi trường xung quanh. Thuật ngữ megapascal (MPa) là thuật ngữ tiêu chuẩn cho áp suất được sử dụng trong ấn phẩm này. 1 MPa = 1000 kPa = 20,885.4 psf = 145 psi = 10 bar.
Force per unit of area exerted by a gas to its surroundings. The term megapascal (MPa) is the standard term for pressures used in this publication. 1 MPa = 1000 kPa = 20,885.4 psf = 145 psi = 10 bar.

3.2.20. Thiết bị giảm áp / *Pressure relief device*

- Thiết bị kích hoạt bằng áp suất và/hoặc nhiệt độ có thể được sử dụng để ngăn áp suất tăng lên trên mức tối đa định trước và do đó ngăn ngừa hỏng hóc thiết bị hoặc bình do quá áp.
Pressure and/or temperature activated device that may be used to prevent the pressure from rising above a predetermined maximum and thereby prevent equipment or container failure due to overpressurization.

3.2.21. Khí tự cháy / *Pyrophoric gas*

- Khí dễ cháy tự bốc cháy trong không khí ở nhiệt độ 54 °C (129 °F) hoặc thấp hơn.
Flammable gas that ignites spontaneously in air at a temperature of 54 °C (129 °F) or less.

3.2.22. Phiếu dữ liệu an toàn (SDS) / *Safety data sheet (SDS)*

- Thông tin bằng văn bản hoặc in ấn liên quan đến vật liệu nguy hiểm (tính chất, biện pháp phòng ngừa, v.v.) tuân thủ các quy định quốc gia.
Written or printed information concerning a hazardous material (properties, precautions, etc.) following national regulations.

3.2.23. Áp suất thử / *Test pressure*

- Áp suất mà bình được thử bằng thủy lực hoặc khí nén và là áp suất phải không được vượt quá trong bất kỳ điều kiện vận hành bình thường có thể dự đoán trước (ví dụ, trong quá trình nạp).
Pressure at which the container is hydraulically or pneumatically tested and is the pressure that shall not be exceeded under any foreseeable normal operating conditions (for example, during filling).

3.2.24. Khí độc / *Toxic gas*

- Khí nén có LC50 trong không khí nhỏ hơn hoặc bằng 5000 ppm nhưng lớn hơn 200 ppm khi tiếp xúc trong 1 giờ, bao gồm các loại khí được phân loại là Độc cấp tính Loại 2 và 3 theo UN GHS [2].
Compressed gas that has a LC50 in air of less than or equal to 5000 ppm but greater than 200 ppm for a 1-hour exposure, which includes gases classified as Acute Toxicity Category 2 and 3 according to UN GHS [2].

3.2.25. Giá trị giới hạn ngưỡng – Trung bình theo thời gian (TLV®–TWA) / *Threshold limit value–Time weighted average (TLV®–TWA)*

- Nồng độ mà một người có thể tiếp xúc, 8 giờ mỗi ngày, 40 giờ mỗi tuần, mà không gây hại [4].
Concentration to which a person may be exposed, 8 hours a day, 40 hours a week, without harm [4].

3.2.26. Giới hạn cháy trên (UFL) / *Upper flammability limit (UFL)*

- Giới hạn cháy trên (điểm mà ngọn lửa vẫn có thể lan truyền danh nghĩa) của một loại khí hoặc hơi ở nhiệt độ và áp suất môi trường thông thường, được biểu thị bằng phần

trầm thể tích của khí hoặc hơi trong không khí. UFL sẽ thay đổi theo nhiệt độ và áp suất.

Upper limit of flammability (point at which a flame can still nominally propagate) of a gas or vapor at ordinary ambient temperatures and pressure expressed in percent of the gas or vapor in air by volume. The UFL will vary with temperature and pressure.

- LƯU Ý—Còn được gọi là giới hạn nổ trên (UEL).
NOTE—Also referred to as upper explosive limit (UEL).

3.2.27. Nắp và nút bịt đầu ra van / *Valve outlet caps and plugs*

- Các phụ kiện có thể tháo rời thường tạo thành một lớp kín khí trên các đầu ra van do nhà cung cấp khí cung cấp kèm theo một số loại khí nhất định.
Removable attachments that usually form a gas-tight seal on valve outlets provided by the gas supplier with certain gases.
- LƯU Ý—Một số nắp chỉ được thiết kế để bảo vệ ren van và không kín khí.
NOTE—Some caps are designed only for valve thread protection and are not gas-tight.

3.2.28. Nắp bảo vệ van / *Valve protection cap*

- Nắp cứng có thể tháo rời được cung cấp để bảo vệ van bình trong quá trình thao tác, vận chuyển và tồn chứa.
Rigid removable cover provided for container valve protection during handling, transportation, and storage.

4. Tính chất khí / *Gas properties*

4.1. Tổng quan / *General*

- Phosphine là một loại khí hydrua kim loại có công thức hóa học PH_3 . Nó rất độc với LC50 1 giờ là 20 ppm và LC50 4 giờ là 10 ppm đã được xác định. Ngoài độc tính của nó, nó còn dễ cháy và nổ trong không khí, và có thể tự bốc cháy ở nhiệt độ môi trường. Nó không được coi là ăn mòn ở trạng thái khí khô. Nó ít tan trong nước và tan trong hầu hết các dung môi hữu cơ. Nó có mùi cá ươn và mùi axetylen dùng trong hàn [2].
Phosphine is a metal hydride gas with the chemical formula PH_3 . It is highly toxic with an established LC50 1 hour of 20 ppm and LC50 4 hour of 10 ppm. In addition to its toxicity, it is also flammable and explosive in air, and can autoignite at ambient temperatures. It is not considered to be corrosive in the dry gaseous state. It is slightly soluble in water and soluble in most organic solvents. It possesses an odor of decaying fish and welding grade acetylene [2].
- Bảng 1 thể hiện các tính chất của phosphine.
Table 1 shows properties of phosphine.
- Hình 1 và Hình 2 thể hiện đường cong áp suất hơi của phosphine.
Figure 1 and Figure 2 show a vapor pressure curve for phosphine.

4.2. Tính chất vật lý / *Physical properties*

- Tránh các nguồn gây cháy, tia lửa và ngọn lửa do tính chất dễ cháy của phosphine. Tránh tiếp xúc với không khí vì phosphine là chất tự cháy và có thể tạo thành hỗn hợp nổ ở nồng độ 1.6% trở lên trong không khí. Phosphine gây ra mối nguy cháy nghiêm trọng và nguy cơ nổ. Phosphine ổn định ở nhiệt độ phòng và bắt đầu phân hủy ở khoảng 375 °C (707 °F) với sự phân hủy hoàn toàn ở khoảng 593 °C (1100 °F) [5].
Avoid sources of ignition, sparks, and flames due to the flammable properties of phosphine. Avoid contact with air as phosphine is pyrophoric and can form explosive mixtures in concentrations of 1.6% or greater in air. Phosphine poses a severe fire hazard and an explosion risk. Phosphine is stable at room temperature and begins to decompose at approximately 375 °C (707 °F) with complete decomposition at approximately 593 °C (1100 °F) [5].

4.3. Tính chất hóa học / *Chemical properties*

- Phosphine không tương thích với các chất oxy hóa, các nguyên tố halogen và axit. Phosphine là một chất khử mạnh và phản ứng mạnh với các chất oxy hóa như kali permanganat, natri hypoclorit, oxy, ozon, clo, flo và nitơ oxit. Phosphine có thể có một số phản ứng với nước và nhóm kim loại kiềm.

Phosphine is incompatible with oxidizing materials, members of the halogen family, and acids. Phosphine is a strong reducing agent and reacts vigorously with oxidizers such as potassium permanganate, sodium hypo-chlorite, oxygen, ozone, chlorine, fluorine, and nitric oxide. Phosphine can have some reaction with water and the alkali metal family.

- Phosphine không được biết là có khả năng trùng hợp.
Phosphine is not known to polymerize.

4.4. Tính chất sức khỏe / *Health properties*

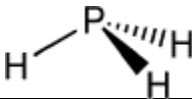
- Tham khảo 5.2.
Refer to 5.2.

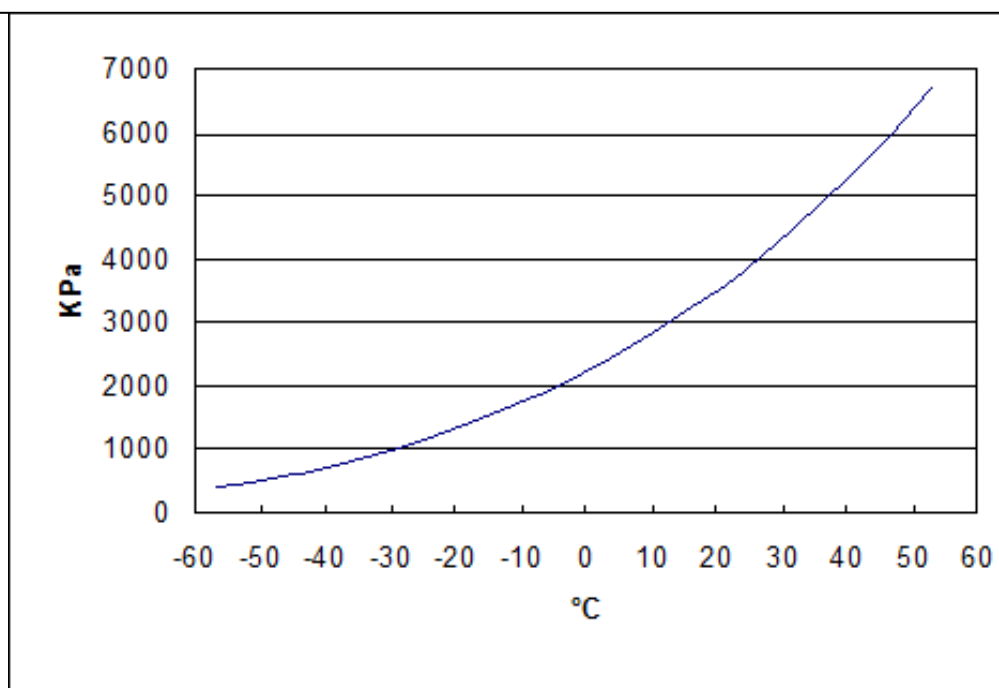
4.5. Tính chất tự cháy và tính dễ cháy / *Pyrophoric and flammability properties*

- Tham khảo 5.1.
Refer to 5.1.

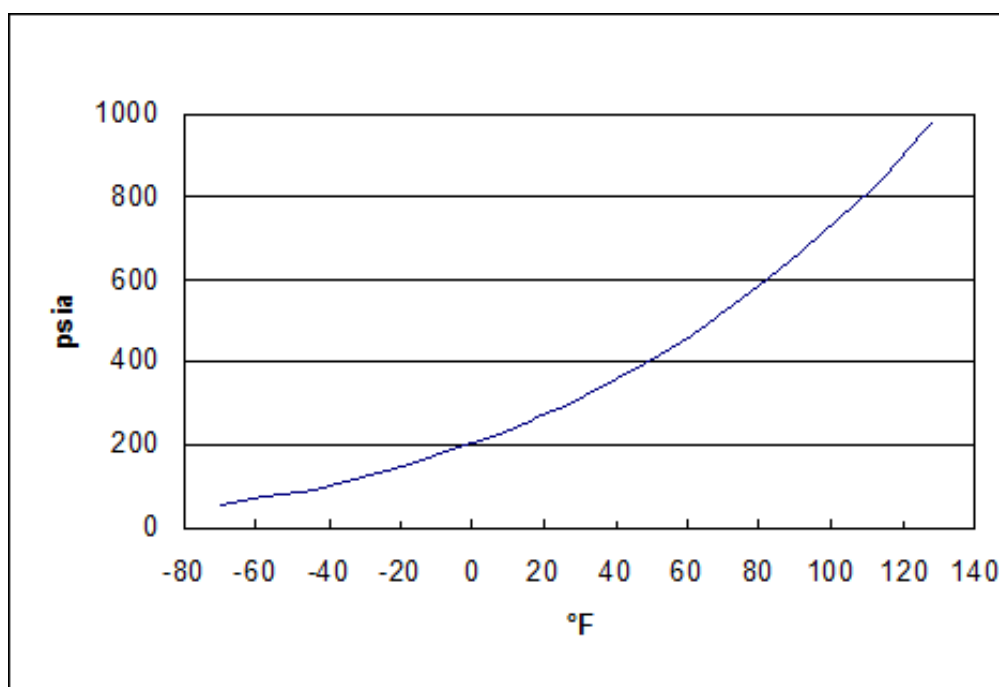
Bảng 1 – Tính chất của phosphine
Table 1—Properties of phosphine

Tính chất <i>Property</i>	Đơn vị SI <i>SI units</i>	Đơn vị Hoa Kỳ <i>U.S. units</i>	Tham chiếu <i>Reference</i>
Từ đồng nghĩa <i>Synonyms</i>	hydro photphua, hydrua photpho, hydro photphat hóa <i>hydrogen phosphide, phosphorous hydride, phosphorated hydrogen</i>		
Công thức hóa học <i>Chemical formula</i>	PH ₃		
Số CAS <i>CAS number</i>	7803-51-2		
Số UN <i>UN number</i>	UN 2199		
Trạng thái vật lý <i>Physical state</i>	Khí <i>Gas</i>		
Màu sắc <i>Color</i>	Không màu <i>Colorless</i>		
Mùi <i>Odor</i>	cá thối; khí axetylen hàn <i>decaying fish; welding grade acetylene</i>		
Khối lượng phân tử <i>Molecular weight</i>	33.998		
Điểm sôi ở 1 atm <i>Boiling point at 1atm</i>	–87.74 °C	–125.93 °F	[6]
Điểm nóng chảy ở 1 atm <i>Melting point at 1 atm</i>	–133.78 °C	–208.8 °F	[6]
Khoảng nhiệt độ phân hủy <i>Decomposition temperature range</i>	375 °C đến 593 °C <i>375 °C to 593 °C</i>	707 °F đến 1100 °F <i>707 °F to 1100 °F</i>	[5]
Nhiệt độ tới hạn <i>Critical temperature</i>	51.6 °C	124.88 °F	[5]
Áp suất tới hạn <i>Critical pressure</i>	6.536 MPa, abs	947.97 psia	[5]
Thể tích tới hạn <i>Critical volume</i>	113.32 cm ³ /mol	6.915 in ³ /mol	[6]
Mật độ tới hạn <i>Critical density</i>	0.3 g/cm ³	18.7 lb/ft ³	[6]
Hệ số nén tới hạn <i>Critical compressibility factor</i>	0.274		[6]
Mật độ chất lỏng ở 25 °C và 3,46 MPa <i>Density of liquid at 25 °C at 3.46 MPa</i>	0.491 g/cm ³	30.65 lb/ft ³	[6]
Mật độ khí ở 21,1 °C và 101325 Pa <i>Density of gas at 21.1 °C at 101325 Pa</i>	1.408 kg/m ³	0.0879 lb/ft ³	[6]

Tỷ trọng riêng của khí ở 25 °C và 1 atm (không khí = 1) <i>Specific gravity of gas at 25 °C and 1 atm (air =1)</i>	1.184		
Áp suất hơi ở 21,1 °C (70 °F) <i>Vapor pressure at 21.1 °C (70 °F)</i>	3558 kPa	516 psi	[7, 8]
Nhiệt ẩn hóa hơi ở 25 °C (77 °F) <i>Latent heat of vaporization at 25 °C (77 °F)</i>	204.7 kJ/kg	88 Btu/lb	
Độ hòa tan trong nước ở 25 °C và 101325 Pa <i>Solubility in water at 25 °C and 101325 Pa</i>	269.7 ppm (khối lượng) <i>269.7 ppm (wt)</i>		[6]
pH	Không áp dụng <i>Not applicable</i>		
Độ bay hơi <i>Volatility</i>	Không áp dụng <i>Not applicable</i>		
Ngưỡng mùi (thay đổi theo tạp chất) <i>Odor threshold (varies with impurities)</i>	0.03 ppm đến 3 ppm <i>0.03 ppm to 3 ppm</i>		[9, 10]
Tốc độ bay hơi <i>Evaporation rate</i>	Không áp dụng <i>Not applicable</i>		
Điểm chớp cháy <i>Flash point</i>	Không áp dụng <i>Not applicable</i>		
Giới hạn cháy dưới (LFL) <i>Lower flammability limit (LFL)</i>	1.6, 1.8%		[11, 12, 13]
Giới hạn cháy trên (UFL) <i>Upper flammability limit (UFL)</i>	98%		[14, 15]
Nhiệt độ tự bốc cháy <i>Autoignition temperature</i>	37.8 °C	37.8 °C 100 °F	[5, 15, 16]
Hình dạng phân tử <i>Molecular shape</i>	chóp tam giác <i>trigonal pyramidal</i>		
Momen lưỡng cực <i>Dipole moment</i>	0.58 D		[17, 18]
Entanpy tạo thành tiêu chuẩn ở 25 °C, $\Delta_f H^0_{\text{khí}}$ <i>Standard enthalpy of formation at 25 °C, $\Delta_f H^0_{\text{gas}}$</i>	+5.4 kJ/mol		[19, 20]
Cấu trúc <i>Structure</i>			



Hình 1 - Đường cong áp suất hơi của phosphine (Đơn vị SI)
Figure 1—Phosphine vapor pressure curve (SI Units)



Hình 2 — Đường cong áp suất hơi của phosphine (Đơn vị Hoa Kỳ)
Figure 2—Phosphine vapor pressure curve (U.S. Units)

4.6. Tính chất về môi trường / *Environmental properties*

- Với các biện pháp kiểm soát, sự phát thải phosphine có thể được giảm thiểu và không gây ra mối đe dọa nào cho sự sống con người và môi trường.
With controls, phosphine releases can be minimized and pose no threat to human life and the environment.

- Phosphine thải vào khí quyển phản ứng chủ yếu với gốc ion hydroxyl (OH-) để tạo thành ion hydroxy photphua (OHP-). Các sản phẩm cuối cùng sẽ là nước và các axit oxy của photpho. Phosphine cũng được loại bỏ khỏi không khí bởi đất và bị oxy hóa thành orthophotphat. Nhiều quốc gia có các quy định với hành động có thể đo lường được phải được thực hiện nếu xảy ra sự phát thải. Người sử dụng phosphine phải xem xét các quy định ứng dụng.
Phosphine released into the atmosphere reacts principally with the hydroxyl ion (OH-) radical to form hydroxy phosphide ion (OHP-). The eventual products will be water and phosphorus oxyacids. Phosphine is also removed from air by soils and oxidized to orthophosphate. Many countries have regulations with measurable action to be taken if a release occurs. The users of phosphine shall review application regulations.
- Phosphine được coi là một chất gây ô nhiễm không khí nguy hiểm (HAP). Nó được biết hoặc nghi ngờ gây ra các ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe và/hoặc các ảnh hưởng bất lợi đến môi trường;
Phosphine is considered a hazardous air pollutant (HAP). It is known or suspected to cause serious health effects and/or adverse environmental effects;
- Người sử dụng phosphine nên sử dụng nhiều công cụ khác nhau để ngăn chặn việc xả trực tiếp chất ô nhiễm vào đường thủy, các cơ sở xử lý nước thải đô thị, hoặc cho phép dòng chảy ô nhiễm;
Phosphine users should employ a variety of tools to prevent direct pollutant discharges into waterways, municipal wastewater treatment facilities, or allow polluted runoff;
- Các chương trình ứng phó khẩn cấp được thiết lập và đôi khi được bắt buộc để loại bỏ mọi mối nguy cho công chúng và môi trường do sự phát thải chất nguy hiểm gây ra. Để giúp hoàn thành nhiệm vụ này, chính quyền địa phương có thể yêu cầu người hoặc tổ chức chịu trách nhiệm sử dụng phosphine thông báo cho chính quyền khi lượng chất tại chỗ đạt đến một giới hạn định trước;
Emergency response programs are established and at times mandated to eliminate any danger to the public and the environment posed by hazardous substance releases. To help fulfill this mission, local governments can require that the person or organization responsible for phosphine use notify the government when the amount on-site reaches a predetermined limit;
- Các tài liệu hướng dẫn nên được lấy từ cơ quan chính quyền địa phương để đưa ra hướng dẫn trong việc tuân thủ các quy định và kiểm soát khí thải; và
Guidance documents should be obtained from the local government agency to offer direction in following regulations and control emissions; and
- Các rủi ro đối với sức khỏe con người và môi trường thay đổi đáng kể tùy thuộc vào loại và mức độ phơi nhiễm. Người sử dụng phosphine được khuyến khích mạnh mẽ để xác định rủi ro dựa trên các kịch bản phơi nhiễm được đo lường hoặc dự đoán tại địa phương.
Risks to human health and the environment vary considerably depending upon the type and extent of exposure. Phosphine users are strongly encouraged to characterize risk on the basis of locally measured or predicted exposure scenarios.
- Các giá trị đánh giá rủi ro hoặc các tiêu chuẩn chất lượng môi trường khác có thể được sử dụng ở các quốc gia để đánh giá các rủi ro sức khỏe do tiếp xúc với hóa chất độc hại gây ra. Các giá trị này thường được quy định là giới hạn nồng độ phải không được vượt quá để tránh rủi ro sức khỏe. Các giá trị đã công bố này có thể được so sánh trực tiếp với thông tin về nồng độ hóa chất trong môi trường để xác định các mối nguy sức khỏe tiềm ẩn. Nếu nồng độ hóa chất vượt quá tiêu chuẩn chất lượng môi trường liên quan, thì việc hành động để giảm ô nhiễm môi trường hoặc tiếp xúc là cần thiết.
Risk assessment values or other media quality standards may be used in countries to evaluate the health risks posed by exposures to toxic chemicals. These values are typically specified as concentration limits that shall not be exceeded to avoid health risks. These published values can be compared directly to information about the concentration of a chemical in the environment to identify potential health hazards. If a chemical concentration exceeds a relevant media quality standard, action to reduce environmental contamination or exposure is warranted.

5. Các mối nguy chính của khí / *Gas major hazards*

5.1. Mối nguy cháy và nổ [21, 22, 23, 24, 25] / *Fire and explosion hazards [21, 22, 23, 24, 25]*

- Phosphine dễ cháy và nổ trong không khí và có thể tự bốc cháy ở nhiệt độ môi trường.
Phosphine is flammable and explosive in air and can autoignite at ambient temperatures.

- Giới hạn cháy dưới (LFL) được báo cáo là từ 1.6% đến 1.8% theo thể tích trong không khí [11, 12, 13]. Giới hạn cháy trên (UFL) là 98% [14, 15]. Khi phosphine cháy, nó tạo ra một đám khói trắng dày đặc của photpho pentoxit (P_2O_5). Những khói này là chất gây kích ứng đường hô hấp nghiêm trọng do sự hình thành nhanh chóng của axit orthophosphoric (H_3PO_4) khi tiếp xúc với độ ẩm (nước) trong phổi người.
The lower flammability limit (LFL) is reported to be 1.6% to 1.8% by volume in air [11, 12, 13]. The upper flammable limit (UFL) is 98% [14, 15]. When phosphine burns, it produces a dense white cloud of phosphorus pent-oxide (P_2O_5) fumes. These fumes are a severe respiratory tract irritant due to the rapid formation of orthophosphoric acid (H_3PO_4) on contact with moisture (water) in human lungs.
- Do đó, nhân viên phải mặc quần áo bảo hộ và thiết bị thở độc lập (SCBA) khi dập tắt các đám cháy phosphine. Chỉ những nhân viên được đào tạo mới nên ứng phó với các đám cháy phosphine.
Therefore, personnel shall wear protective clothing and self-contained breathing apparatus (SCBA) when fighting phosphine fires. Only trained personnel should respond to phosphine fires.
- Như trong trường hợp cháy của bất kỳ loại khí dễ cháy nào, dòng khí nên được ngắt nếu an toàn và khả thi. Thông thường, điều này có thể được thực hiện bằng cách khóa van chai nếu an toàn.
As in the case of a fire of any flammable gas, the flow should be stopped if it is safe and practical to do so. Normally, this can be accomplished by shutting off the cylinder valve if safe to do so.
- Khí dễ cháy không được sử dụng gần ngọn lửa trần, nguồn nhiệt, hoặc cạnh các chất oxy hóa và hệ thống điện không chống nổ. Việc vận chuyển, tồn chứa và sử dụng phosphine nên ở những khu vực thông gió tốt.
Flammable gases shall not be used near open flames, sources of heat, or adjacent to oxidizers and non-explosion proof electrical systems. Transportation, storage, and use of phosphine should be in well-ventilated areas.
- Để xảy ra sự bốc cháy của phosphine, hai điều kiện cần phải xảy ra đồng thời:
In order for a phosphine ignition to occur, two conditions need to occur simultaneously:
 - nồng độ phosphine nằm trong giới hạn cháy của nó; và
concentration of phosphine is within its flammable limits; and
 - có đủ không khí hoặc một nguồn oxy hóa thay thế.
sufficient air or an alternate oxidizing source is present.
- Vì phosphine là một khí tự cháy, không cần nguồn đánh lửa. Phosphine có thể bắt đầu phân hủy chậm thành các nguyên tố phosphine và Hydro của nó ở nhiệt độ 375 °C (707 °F) [5].
Since phosphine is a pyrophoric gas, no source of ignition is required. Phosphine can begin to slowly decompose into its elements of phosphine and hydrogen at temperatures of 375 °C (707 °F) [5].
- Sự hiện diện của tạp chất, đặc biệt là diphosphine (PH_2-PH_2), thường khiến phosphine tự bốc cháy ở nhiệt độ phòng và có thể tạo thành hỗn hợp nổ với không khí ở nồng độ thấp tới 1.6% [11]. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng phosphine có thể khuếch tán vào khí quyển mà không tự bốc cháy khi tốc độ hút của tủ hút, tủ hoặc khu vực thông gió khác cao.
The presence of impurities, particularly diphosphine (PH_2-PH_2), often causes phosphine to ignite spontaneously at room temperature and can form explosive mixtures with air as low as 1.6% [11]. However, it should be noted that phosphine can diffuse into the atmosphere without autoignition when a fume hood, cabinet, or other ventilated area exhaust velocity is high.
- Nếu dòng phosphine không thể ngắt được, để nó cháy cho đến khi đám cháy tự tắt, chú ý làm mát các chai và thiết bị lân cận. Nếu đám cháy phosphine bị dập tắt mà dòng phosphine không ngừng lại, một hỗn hợp dễ cháy có mối nguy có thể tiếp tục hình thành. Có thể hỗn hợp đó sau đó sẽ tự bốc cháy ngay cả dưới nồng độ oxy thấp và bất kỳ thành phần phosphine chưa cháy nào cũng có thể bốc cháy dữ dội, nổ, gây thêm thiệt hại và làm đám cháy bùng phát trở lại. Phải thực hiện các biện pháp để bảo vệ con người khỏi bị nổ chai trong trường hợp chai hoặc đường ống bị hỏng.
If the flow of phosphine cannot be stopped, let it burn until the fire stops naturally, keeping adjacent cylinders and equipment cool. If a phosphine fire is extinguished and the flow of phosphine is not stopped, a hazardous combustible mixture can continue to form. It is possible that the mixture can then be auto-ignited even under low oxygen concentration and any unburned phosphine can ignite violently, explode, cause more damage, and re-start the fire. Measures shall be taken to protect persons from cylinder rupture in the case of cylinder failure or piping failure.

- Mặc dù đám cháy phosphine không được dập tắt cho đến khi dòng phosphine ngừng lại, nên sử dụng vòi phun nước để dập tắt các đám cháy thứ cấp và ngăn chặn sự lây lan của đám cháy. Thiết bị chữa phosphine có thể được làm mát bằng vòi phun nước để giảm tốc độ giải phóng phosphine hoặc để ngăn ngừa thiệt hại thêm. Việc này tốt nhất nên được thực hiện từ xa. Vòi phun nước được kiểm soát có thể giúp giảm và giảm thiểu sự phân tán của phosphine và các sản phẩm phụ của nó trong đám mây khí. Nước dùng trong chữa cháy có thể bị nhiễm bẩn khi tiếp xúc với các sản phẩm phụ phosphine bị oxy hóa (oxit photpho và/hoặc axit oxy), vì vậy cần có các biện pháp để tồn chứa và có thể xử lý loại nước bị nhiễm bẩn đó.
Although a phosphine fire shall not be extinguished until the flow of phosphine is stopped, water sprays should be used to extinguish any secondary fire and to prevent the spread of fires. The phosphine containing equipment can be kept cool by water sprays to decrease the rate of phosphine release or to prevent further damage. This is best done at a distance. A controlled water spray can help knock down and minimize the dispersion of phosphine and phosphine by-products in the gas cloud. Water used in firefighting can become contaminated when in contact with the oxidized phosphine by-products (phosphorus oxides and/or oxyacids), so there should be measures in place to contain and possibly treat such contaminated water.
- Thiết bị phun nước điều khiển từ xa được ưu tiên hơn việc sử dụng vòi phun trong việc làm mát thiết bị và giảm sự lây lan của đám cháy. Nếu việc sử dụng vòi phun trở nên cần thiết, nhân viên vận hành nên ở phía sau các cấu trúc bảo vệ, ở phía trước hướng gió của đám cháy và mặc quần áo bảo hộ cùng SCBA.
Remote controlled water spray equipment is preferable to the use of hoses in cooling equipment and to reduce the spread of fire. Should the use of hoses become necessary, operating personnel should remain behind protective structures, upwind of the fire, and wear protective clothing and SCBA.
- Nhân viên chữa cháy hoặc nhân viên khẩn cấp khác nên liên lạc và hợp tác với những người quen thuộc với các tính chất vật lý và độc tính của phosphine. Họ cũng nên liên lạc và hợp tác với những người quen thuộc với các vật liệu trong khu vực khẩn cấp. Các điều kiện không mong muốn có thể yêu cầu các hành động đặc biệt.
Firefighting or other emergency personnel should communicate and cooperate with personnel who are familiar with the physical and toxicological properties of phosphine. They should also communicate and cooperate with personnel who are familiar with materials in the area of the emergency. Unexpected conditions may require special actions.
- Nếu một chai phosphine hoặc hệ thống đường ống cấp bị nổ khiến một lượng lớn phosphine bị giải phóng và bốc cháy, các điều kiện có mối nguy có thể tồn tại:
If a cylinder of phosphine or supply piping system is ruptured so that quantities of phosphine are released and ignited, hazardous conditions can exist:
 - Ảnh hưởng của ngọn lửa—Mối lo chính là ngọn lửa có thể tác động vào các van và đường ống xung quanh, làm suy yếu các cấu trúc này và có khả năng dẫn đến hỏng hóc. Có thể xuất hiện các quả cầu lửa hoặc ngọn lửa dạng phụt. Tốc độ và hướng gió có thể làm thay đổi hình dạng của quả cầu lửa hoặc tia lửa thành hình elip và đẩy nó xa hơn về phía hạ lưu của điểm rò rỉ;
Flame effects—The major concern is that the flames can impinge on surrounding valves and piping thus weakening these structures potentially leading to failure. Fire balls or jet fires can be present. Wind velocity and direction can change the shape of the fire ball or jet to an elliptical shape and push it further downwind of the release;
 - Ảnh hưởng của bức xạ—Mối quan ngại chính là các ảnh hưởng bức xạ từ đám cháy có thể dẫn đến việc làm nóng quá mức các thiết bị và đường ống quy trình lân cận; và
Radiation effects—The major concern is that radiation effects from the fire can result in the excessive heating of adjacent equipment and process lines; and
 - Sản phẩm phụ của phản ứng—Oxy hóa phosphine tạo ra nước và các oxit photpho cùng axit oxy.
Reaction by-products—Oxidation of phosphine yields water and phosphorus oxides and oxyacids.
- Một phân tích mối nguy quy trình (PHA) kỹ lưỡng với các biện pháp bảo vệ đầy đủ đã được xác định phải được thiết lập để giảm thiểu rủi ro của một sự cố tiềm ẩn.
A thorough process hazard analysis (PHA) with identified sufficient safeguards shall be in place to minimize the risk of a potential incident.

5.2. Độc tính / Toxicology

5.2.1. Phơi nhiễm phosphine / Phosphine exposure

- Phosphine có độc tính cao đối với hệ hô hấp và các cơ quan của con người. Phosphine có mùi cá ươn hoặc mùi axetylen dùng trong hàn. Mùi của phosphine phụ thuộc vào tạp chất mà nó chứa và môi trường mà nó được giải phóng vào.
Phosphine is highly toxic to the human respiratory system and organs. Phosphine has an odor of decaying fish or welding grade acetylene. The odor of phosphine depends on the impurities it contains and the environment into which it is released.
- Mối nguy chính đối với con người là khả năng phơi nhiễm phosphine nghề nghiệp không được nhận biết, dẫn đến gây ngộ độc cấp tính. Không thể dựa vào mùi hoặc cảm giác kích ứng để cảnh báo về nồng độ độc hại, đặc biệt khi có sự hiện diện của các khói, khí hoặc hơi khác. Khoảng 20% đến 50% số người là có thể phát hiện ngưỡng mùi từ 0.03 ppm đến 3 ppm [9, 10].
The main hazard to humans is the possibility of unrecognized occupational exposure to phosphine causing acute poisoning. Neither smell nor sensory irritation can be relied upon for warning of toxic concentrations, especially in the presence of other fumes, gases, or vapors. Approximately 20% to 50% of persons can detect the odor threshold value of 0.03 ppm to 3 ppm [9, 10].
- Đặc điểm bệnh lý chủ yếu trong các trường hợp tử vong cấp tính là phù phổi. Các trường hợp nghiêm trọng nhưng không gây tử vong thường có triệu chứng đau và tức ngực. Các bất thường thần kinh bao gồm đau đầu, chóng mặt, run rẩy và dáng đi không vững, có thể tiến triển thành co giật, hôn mê và tử vong; các triệu chứng này có thể giống với tình trạng say rượu. Các triệu chứng tiêu hóa bao gồm chán ăn, khát nước, buồn nôn, nôn, tiêu chảy, đau vùng thượng vị và vàng da. Các tác động khác được mô tả bao gồm ban xuất huyết giảm tiểu cầu và hạ huyết áp.
The predominant pathological feature in acute fatal cases is pulmonary edema. Severe non-lethal cases complain of pain and tightness in the chest. Neurological abnormalities include headache, vertigo, tremors, and unsteady gait, and can progress to convulsions, coma, and death; they can mimic alcoholic intoxication. Gastrointestinal symptoms include loss of appetite, thirst, nausea, vomiting, diarrhea, epigastric pain, and jaundice. Other effects described include thrombocytopenic purpura and hypotension.
- Con đường xâm nhập chính của khí phosphine vào cơ thể là qua hô hấp. Phosphine có thể gây ăn mòn đường hô hấp và chủ yếu tấn công hệ tim mạch và hô hấp, gây ức chế hệ thần kinh trung ương (CNS), suy sụp tuần hoàn ngoại vi, ngừng tim và suy tim, cũng như phù phổi.
The primary route of entry for phosphine is inhalation. Phosphine can be corrosive to the respiratory tract and primarily attacks the cardiovascular and respiratory systems causing central nervous system (CNS) depression, peripheral vascular collapse, cardiac arrest and failure, and pulmonary edema.
- Chưa có nghiên cứu dài hạn nào về tác động của phosphine đối với động vật hoặc con người và không có dữ liệu liên quan đến khả năng gây đột biến, gây quái thai hoặc gây ung thư [26].
There have been no long-term studies on the effects of phosphine on animals or man and there are no data relating to mutagenicity, teratogenicity, or carcinogenicity [26].
- Các triệu chứng khởi phát nhanh và được đặc trưng bởi:
Symptoms are rapid in onset and characterized by:
 - đau đầu;
headache;
 - chóng mặt;
dizziness;
 - yếu ớt;
weakness;
 - thờ ơ;
apathy;
 - buồn nôn;
nausea;
 - nôn mửa;
vomiting;

- ho;
cough;
 - khó thở;
dyspnea;
 - giảm huyết áp;
decrease in blood pressure;
 - thay đổi nhịp tim;
change in pulse rate;
 - tiêu chảy;
diarrhea;
 - run rẩy và co giật;
tremors and convulsions;
 - khát nước dữ dội;
intense thirst;
 - tức ngực;
tightness in the chest;
 - bồn chồn;
restlessness;
 - tiểu hemoglobin;
hemoglobinuria;
 - liệt; và
paralysis; and
 - hôn mê [26].
coma [26].
- Bảng 2 trình bày các giới hạn phơi nhiễm theo quy định đối với phosphine.
Table 2 shows regulatory exposure limits for phosphine.

5.2.2. Điều trị y tế cho phơi nhiễm phosphine / *Medical treatment for phosphine exposure*

- Các thực hành quản lý chi tiết trước và trong bệnh viện để điều trị phơi nhiễm phosphine có thể được tìm thấy trong
Detailed prehospital and hospital management practices for treatment of phosphine exposures can be found in
- Hướng dẫn Quản lý Y tế cho Phơi nhiễm Hóa chất Cấp tính [27]. Các điểm chính từ các hướng dẫn này đối với phosphine bao gồm:
Medical Management Guidelines for Acute Chemical Exposures [27]. Key points from these guidelines for phosphine include:
- Không có thuốc giải độc cho ngộ độc phosphine. Việc điều trị bao gồm hỗ trợ chức năng hô hấp và tim mạch; và
There is no antidote for phosphine poisoning. Treatment consists of support of respiratory and cardiovascular functions; and
 - Nạn nhân chỉ tiếp xúc với khí phosphine không cần khử nhiễm trước khi điều trị y tế vì họ không gây ra rủi ro nghiêm trọng về lây nhiễm thứ cấp cho nhân viên bên ngoài vùng nguy hiểm.
Victims exposed only to phosphine gas do not need decontamination before medical treatment as they pose no serious risks of secondary contamination to personnel outside the hot zone.

Bảng 2 - Giới hạn phơi nhiễm theo quy định đối với phosphine

Table 2—Regulatory exposure limits for phosphine

Số CAS: 7803-51-2 <i>CAS Number: 7803-51-2</i>	Giá trị <i>Value</i>	Tham chiếu <i>Reference</i>
LC50 chuột 1 giờ [27] <i>LC50 rat 1 hour [27]</i>	20 ppm	[28]
Giới hạn phơi nhiễm cho phép (PEL) của OSHA Hoa Kỳ Trung bình theo thời gian (TWA) cho Công nghiệp chung [28, 29]	0.3 ppm (0.4 mg/m ³)	[29, 30]

<i>U.S. OSHA Permissible Exposure Limit (PEL) Time-Weighted Average (TWA) for General Industry [28, 29]</i>		
Giới hạn phơi nhiễm khuyến nghị (REL) TWA [28, 29] <i>Recommended Exposure Limit (REL) TWA [28, 29]</i>	0.3 ppm (0.4 mg/m ³)	[29, 30]
Giới hạn phơi nhiễm khuyến nghị (REL) STEL [28, 29] <i>Recommended Exposure Limit (REL) STEL [28, 29]</i>	1 ppm (1 mg/m ³)	[29, 30]
Nồng độ nguy hiểm ngay lập tức đến tính mạng hoặc sức khỏe (IDLH) của NIOSH [29] <i>NIOSH Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH) Concentration [29]</i>	50 ppm	[31]
Mức hướng dẫn phơi nhiễm cấp tính (AEGLs) [30] <i>Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) [30]</i> AEGL-1 (30 phút) <i>AEGL-1 (30 minutes)</i> AEGL-2 (30 phút) <i>AEGL-2 (30 minutes)</i> AEGL-3 (30 phút) <i>AEGL-3 (30 minutes)</i>	NR ppm 4.0 ppm 7.2 ppm	[32]

LƯU Ý / NOTES

- NR: Không khuyến nghị do dữ liệu không đủ
NR: Not recommended due to insufficient data
- PEL TWA: được biểu thị dưới dạng trung bình theo thời gian là nồng độ của một chất mà hầu hết người lao động có thể tiếp xúc mà không gây ra tác dụng phụ, được tính trung bình trong một ngày làm việc bình thường 8 giờ hoặc một tuần làm việc 40 giờ.
PEL TWA: expressed as a time-weighted average is the concentration of a substance to which most workers can be exposed without adverse effects averaged over a normal 8 hours workday or a 40-hour workweek.
- TLV STEL: mức phơi nhiễm TWA 15 phút không được vượt quá bất cứ lúc nào trong ngày làm việc.
TLV STEL: a 15 minute TWA exposure that should not be exceeded at any time during a work day.
- REL TWA: được biểu thị dưới dạng trung bình theo thời gian là giới hạn phơi nhiễm khuyến nghị cho mức phơi nhiễm trung bình theo thời gian 8 hoặc 10 giờ và/hoặc mức trần.
REL TWA: expressed as a time-weighted average is a recommended exposure limit for an 8 or 10-hour time-weighted average exposure and/or ceiling.
- REL STEL: mức phơi nhiễm TWA 15 phút không được vượt quá bất cứ lúc nào trong ngày làm việc.
REL STEL: a 15 minute TWA exposure that should not be exceeded at any time during a workday.
- IDLH: để đảm bảo rằng người lao động có thể thoát khỏi điều kiện phơi nhiễm có khả năng gây tử vong hoặc ảnh hưởng xấu đến sức khỏe vĩnh viễn ngay lập tức hoặc chậm trễ, hoặc ngăn cản việc thoát khỏi môi trường.
IDLH: to ensure that a worker can escape from an exposure condition that is likely to cause death or immediate or delayed permanent adverse health effects or prevent escape from the environment.
- AEGL-1 là nồng độ trong không khí (biểu thị bằng ppm hoặc mg/m³) của một chất mà trên mức đó, dân số nói chung, bao gồm cả những cá nhân nhạy cảm, có thể trải qua sự khó chịu đáng kể, kích ứng hoặc một số tác động không triệu chứng không cảm giác. Tuy nhiên, các tác động này không gây tàn tật và là tạm thời, có thể hồi phục khi ngừng phơi nhiễm.
AEGL-1 is the airborne concentration (expressed as ppm or mg/m³) of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience notable discomfort, irritation, or certain asymptomatic nonsensory effects. However, the effects are not disabling and are transient and reversible upon cessation of exposure.

AEGL-2 là nồng độ trong không khí (biểu thị bằng ppm hoặc mg/m³) của một chất mà trên mức đó, dân số nói chung, bao gồm cả những cá nhân nhạy cảm, có thể trải qua các tác động xấu đến sức khỏe không thể đảo ngược hoặc nghiêm trọng, kéo dài khác, hoặc khả năng thoát hiểm bị suy giảm.
AEGL-2 is the airborne concentration (expressed as ppm or mg/m³) of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience irreversible or other serious, long-lasting adverse health effects or an impaired ability to escape.

AEGL-3 là nồng độ trong không khí (biểu thị bằng ppm hoặc mg/m³) của một chất mà trên mức đó, dân số nói chung, bao gồm cả những cá nhân nhạy cảm, có thể trải qua các tác động xấu đến sức khỏe đe dọa tính mạng hoặc tử vong.

AEGL-3 is the airborne concentration (expressed as ppm or mg/m³) of a substance above which it is predicted that the general population, including susceptible individuals, could experience life-threatening adverse health effects or death.

- 8 Đối với giới hạn phơi nhiễm nghề nghiệp (OELs) cho các quốc gia Châu Âu, tham khảo SDS 100 của EIGA về phosphine tại www.eiga.eu.
For occupational exposure limits (OELs) for European countries, refer to EIGA's SDS 100 for phosphine at www.eiga.eu.

6. Thiết bị thao tác khí — cân nhắc chung / *Gas handling equipment—general considerations*

- Thiết bị dùng để thao tác phosphine phải được thiết kế, chế tạo và thử nghiệm theo các yêu cầu quy định của quốc gia nơi thiết bị được vận hành. Thiết bị phải được thiết kế để chịu được áp suất và nhiệt độ tối đa mà nó sẽ được vận hành. Các yêu cầu về mã đường ống và bình chịu áp lực đặc biệt có thể áp dụng do độc tính cao của phosphine (ví dụ, vật liệu ASME Cấp M). Xem Mục 8 để biết các yêu cầu về chiết nạp và đóng gói chai khí. Một PHA phải được thực hiện và ghi lại trên tất cả các hệ thống phosphine. Vì phosphine là một loại khí rất độc, dễ cháy và tự bốc cháy, cần xem xét các vấn đề sau khi thiết kế hệ thống để thao tác phosphine:

The equipment used to handle phosphine shall be designed, constructed, and tested in accordance with the regulatory requirements of the country in which the equipment is operated. The equipment shall be designed to withstand the maximum pressure and temperature at which it is to be operated. Special piping and pressure vessel code requirements can apply due to the highly toxic nature of phosphine (for example, ASME Class M material). See Section 8 for gas cylinder filling and packaging requirements. A PHA shall be performed and documented on all phosphine systems. As phosphine is a highly toxic, flammable, and pyrophoric gas, consideration should be given to the following issues when designing systems to handle phosphine:

- vật liệu chế tạo;
materials of construction;
- tính tương thích của các hợp chất làm kín;
compatibility of sealing compounds;
- áp suất hệ thống và bảo vệ quá áp;
system pressures and overpressure protection;
- loại van và loại bộ lọc;
valve types and filter types;
- ống dẫn;
tubing;
- vật liệu tinh chế;
purification materials;
- kiểm tra rò rỉ hệ thống và thông thổi;
system leak tests and purge;
- kiểm soát nhiệt độ hệ thống;
system temperature control;
- sử dụng điều khiển điện và sử dụng thiết bị được phân loại điện;
use of electrical control and use of electrically classified equipment;
- hệ thống giám sát;
monitoring system;
- hệ thống xử lý khí thải;
abatement system;
- hệ thống xả; và
system vent; and
- bộ điều áp.
regulators.

6.1. Vật liệu chế tạo / *Materials of construction*

- Việc lựa chọn kim loại và phi kim phải được thực hiện có tính đến hướng dẫn tương thích trong Bảng 3. Điều cực kỳ quan trọng là tất cả các thiết bị kiểm soát khí phải tương thích với khí đi qua nó. Việc sử dụng thiết bị không tương thích với khí được sử dụng có thể làm hỏng thiết bị và gây rò rỉ, dẫn đến thiệt hại tài sản hoặc thương tích cá nhân. Nếu một vật liệu không được liệt kê và được yêu cầu sử dụng cho phosphine và được cho là tương thích, vật liệu đó phải

được thử nghiệm trước để xác nhận tính tương thích trước khi sử dụng trong các điều kiện nhiệt độ, áp suất và lưu lượng xác định.

Selection of metals and nonmetals shall be made taking into account the compatibility guide in Table 3. It is extremely important that all gas control equipment be compatible with the gas being passed through it. The use of a device that is not compatible with the service gas can damage the unit and cause a leak that could result in property damage or personal injury. If a material is not listed and is required to be used in phosphine service and is thought to be compatible, it should be first tested to confirm compatibility before use under defined temperature, pressure, and flow conditions.

- Hướng dẫn tương thích vật liệu Bảng 3 được lập để sử dụng với phosphine khô ở nhiệt độ vận hành bình thường là 21.1 °C (70 °F). Thông tin có thể thay đổi nếu có các điều kiện vận hành khác nhau.

The Table 3 material compatibility guide is prepared for use with dry phosphine at a normal operating temperature of 21.1 °C (70 °F). Information can vary if different operating conditions exist.

Bảng 3 - Hướng dẫn tương thích vật liệu [33]

Table 3—Material compatibility guide [33]

Vật liệu chế tạo Materials of construction																			
Kim loại Metals									Nhựa Plastics						Chất đàn hồi Elastomers				
Thép / Steel	303 SS	304 SS	316 SS	Monel®	Nhôm / Aluminum	Đồng thau / Brass	Kẽm / Zinc	Đồng / Copper	Kynar®	PCTFE	Polycarbonate	PVC	Teflon®	Tefzel®	Buna-N	Kalrez®	Neoprene®	Polyurethane	Viton®
S	S	S	S	S	S	S	U	S	S	S	?	S	S	S	S	S	S	S	S
S = Đạt yêu cầu S = Satisfactory						U = Không đạt yêu cầu U = Unsatisfactory.					? = Không rõ hoặc dữ liệu hạn chế ? = Unknown or limited data								
LƯU Ý / NOTES																			
1 Gioăng niken có thể chấp nhận được khi sử dụng làm gioăng cho hệ thống chỉ số đường kính an toàn (DISS) hoặc khớp nối chân không kiểu VCR (Vacuum Coupling Radiation), tuy nhiên có thể xảy ra hiện tượng đổi màu bề mặt. <i>Nickel gaskets are acceptable as a diameter index safety system (DISS)/vacuum coupling radiation (VCR) gasket but discoloration of the surface can result.</i> 2 Nếu được sử dụng, một số loại nhựa và chất đàn hồi hấp thụ phosphine. <i>If used, some plastics and elastomers absorb phosphine.</i> 3 Mặc dù ISO 11114-1, Chai khí—Khả năng tương thích của vật liệu chai và van với thành phần khí—Phần 1: Vật liệu kim loại đề cập đến mối lo ngại về hiện tượng giòn Hydro, và mặc dù cũng được thừa nhận rằng Hướng dẫn đóng gói P200 của Quy định mẫu UN yêu cầu đóng dấu “H” cho các chai thép chứa phosphine, nhưng không có bằng chứng kết luận nào cho thấy phosphine là một loại khí gây giòn [34, 1]. <i>While ISO 11114-1, Gas cylinders—Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents—Part 1: Metallic materials addresses concern for hydrogen embrittlement, and while it is also acknowledged that the UN Model Regulations P200 Packaging Instruction requires an “H” stamp for steel cylinders charged with phosphine, there is no conclusive proof that phosphine is an embrittling gas [34, 1].</i>																			

6.2. Tính tương thích của các hợp chất làm kín / *Compatibility of sealing compounds*

- Cần xem xét tính tương thích của chất bôi trơn, phốt, mỡ và các hợp chất làm kín tiếp xúc với phosphine trong điều kiện bình thường hoặc bất thường. Tham khảo dữ liệu do nhà cung cấp cung cấp.

Consideration should be given to the compatibility of lubricants, seals, greases, and sealing compounds that come in contact with phosphine under normal or upset conditions. Refer to vendor supplied data.

6.3. Áp suất hệ thống và bảo vệ quá áp / *System pressures and overpressure protection*

- Do tính chất nguy hiểm của phosphine, một phương pháp kỹ thuật và thiết kế thận trọng phải được áp dụng cho hệ thống, dù là phosphine tinh khiết hay hỗn hợp phosphine.
Due to the hazardous nature of phosphine, a conservative engineering and design approach shall be applied to the system whether for pure phosphine or phosphine mixtures.
- Áp suất hệ thống có thể cao do áp suất hơi của phosphine ở 21.1 °C (70 °F) là 3558 kPa, abs (516 psia). Việc sử dụng đúng thiết bị giảm áp là cần thiết để kiểm soát áp suất hệ thống (tham khảo 10.2). Việc thiết kế phải giải quyết các điều kiện mà áp suất hệ thống có thể chịu điều kiện dưới áp suất khí quyển và hút không khí hoặc các chất gây ô nhiễm dòng khí khác được sử dụng trong hệ thống. Các biện pháp phòng ngừa phải được thực hiện để đảm bảo rằng khí phosphine không ngưng tụ và hóa lỏng trong các khu vực quy trình không dành cho chất lỏng.
System pressures can be high due to the vapor pressure of phosphine at 21.1 °C (70 °F), which is 3558 kPa, abs (516 psia). The correct use of pressure reduction equipment is essential to control system pressure (refer to 10.2). Design should address conditions where system pressure can be subjected to subatmospheric conditions and draw in air or other gas stream contamination that is used in the system. Precautions shall be taken to ensure that phosphine gas does not condense and liquefy in process areas not intended for liquid.
- Các hỗn hợp phosphine dạng khí thường được chiết nạp ở áp suất nhỏ hơn hoặc bằng áp suất làm việc định mức của chai. Các bảng điều khiển khí thường sử dụng bộ điều áp để giảm áp suất chai xuống điều kiện vận hành. Đảm bảo rằng tất cả các thành phần trong hệ thống được định mức cho các áp suất này.
Gaseous mixtures of phosphine are routinely packaged at pressures less than or equal than the rated cylinder working pressure. Gas panels typically use a gas regulator to reduce the cylinder pressure to the operating condition. Ensure that all components in the system are rated for these pressures.
- Trong trường hợp áp suất thiết kế hệ thống có thể bị vượt quá do bất kỳ lỗi thành phần hoặc lỗi vận hành nào, phải cung cấp bảo vệ quá áp. Việc bảo vệ quá áp có thể bao gồm các thiết bị giảm áp (PRD) và/hoặc hệ thống có thiết bị đo tùy thuộc vào các yêu cầu luật của địa phương.
Where system design pressures can be exceeded due to any component failure or operator error, overpressure protection shall be provided. Overpressure protection may involve pressure relief devices (PRDs) and/or instrumented systems depending on local code requirements.
- Các cửa xả van an toàn của hệ thống đường ống phải được liên kết với một hệ thống xử lý khí thải được thiết kế phù hợp hoặc vị trí an toàn (nếu được phép).
Piping system safety relief valve outlets shall link to a properly designed abatement system or safe location (where permitted).
- Tất cả các chất thải từ việc xả khẩn cấp quy trình như PRD, v.v., mà không đi đến hệ thống xử lý khí thải phải được:
All discharges from process emergency venting such as PRDs, etc., that do not go to an abatement system shall be:
 - dẫn ra bên ngoài các tòa nhà;
pipied to the outside of buildings;
 - xả ra khu vực an toàn cách xa nhân sự; và
discharged to a safe area well away from personnel; and
 - được xác nhận chấp nhận được bằng cách sử dụng phân tích phân tán.
confirmed acceptable by use of dispersion analysis.
- Tham khảo Mục 11.
Refer to Section 11.

6.4. Loại van và loại bộ lọc / *Valve types and filter types*

- Van màng kim loại và van ống mềm (bellows) bằng kim loại cung cấp độ kín rò rỉ tốt hơn so với các loại van sử dụng vật liệu chèn (packed valves). Không khuyến nghị sử dụng vật liệu phi kim loại cho màng hoặc ống mềm do khả năng thẩm thấu của khí phosphine qua vật liệu phi kim. Các loại van bi, van bướm, van cửa, van kim hoặc van có vật liệu chèn không được khuyến nghị sử dụng trong hệ thống khí phosphine do nguy cơ rò rỉ cao hơn, có thể xảy ra qua hoặc xung quanh ghế van, các vòng đệm hoặc thân van.
Metal diaphragm valves and bellows valves provide a better leak tightness as compared to packed valves. The use of nonmetal material for diaphragms or bellows is not recommended due to the permeation potential of phosphine through the nonmetal. Ball valves, butterfly valves, gate valves, needle valves, or

packed valves are not recommended for use in phosphine service due to a higher leak potential either through or around the valve seat, seals, or the valve body.

- Bộ lọc lưới làm bằng thép không gỉ hoạt động tốt, cũng như những bộ lọc làm bằng polytetrafluoroethylene (PTFE). Bộ lọc kim loại thiêu kết cũng được khuyến nghị. Phosphine đã được chứng minh là phân hủy thành phosphor và Hydro trên bề mặt vật liệu lọc niken. Tốc độ phân hủy được tìm thấy là thấp ở nhiệt độ môi trường. Tuy nhiên, khuyến nghị không nên sử dụng bộ lọc niken trong các ứng dụng nồng độ phosphine thấp (ví dụ, dưới 1000 ppm). Theo thời gian, sự phát triển của một lớp màng rắn niken phosphide trên bề mặt màng lọc có thể làm tăng độ sụt áp qua bộ lọc và làm giảm hiệu suất lọc.

Mesh filters made of stainless steel work well as do those made of polytetrafluoroethylene (PTFE). Sintered metal filters are also recommended. Phosphine has been shown to decompose to phosphorous and hydrogen on the surface of nickel filter media. The decomposition rate was found to be low at ambient temperatures. However, it is recommended that nickel filters not be used in low phosphine concentration applications (for example, less than 1000 ppm). Over time a solid film growth of nickel phosphides on filter membrane surfaces can increase the pressure drop across a filter and degrade filter performance.

- Việc sử dụng các lỗ hạn chế dòng chảy (RFO) đã là một thực hành thường xuyên kể từ giữa những năm 1980. Ví dụ, bộ hạn chế có đường kính nhỏ 0.152 mm (0.006 in), 0.254 mm (0.010 in) và 0.3 mm (0.012 in), và được làm từ vật liệu thép không gỉ. Trong khi các thiết kế ban đầu có một bộ phận lọc có khả năng giữ các hạt lớn hơn hai micron, việc sử dụng các bộ lọc như vậy hiện không phải là một phần của RFO đang được sử dụng ngày nay. RFO được ren vào đầu ra của van. Trong trường hợp đường ống quy trình bị đứt hoặc van bị mở ngẫu nhiên RFO làm giảm đáng kể lượng khí có thể bị rò rỉ và cần được xử lý về môi trường. Một số khu vực pháp lý và công ty bảo hiểm yêu cầu sử dụng RFO.

The use of restrictive flow orifices (RFOs) has been a routine practice since the mid-1980s. For example, the restrictor has a small diameter of 0.152 mm (0.006 in), 0.254 mm (0.010 in), and 0.3 mm (0.012 in), and is of stainless steel materials of construction. While early designs had a filter element capable of capturing particles that were greater than two microns, the use of such filters is not currently part of RFOs in service today. The RFO threads into the valve outlet. In the event of a shearing of a process line or a valve being accidentally opened, the RFO significantly reduces the amount of gas that could be released and that would need to be environmentally treated. Some jurisdictions and insurance companies require the use of RFOs.

- Cũng trong những năm 1980, các van điều khiển bằng khí nén bắt đầu được sử dụng. Chúng cho phép mở và đóng van chai từ xa, và mang lại một biện pháp an toàn bổ sung cả khi chiết nạp cũng như tại điểm sử dụng.

Also during the 1980s, air actuated valves began to be used. They allowed for remote opening and closing of the cylinder valve, and afforded an extra measure of safety both at the filling as well as at the point of use.

6.5. Ống dẫn / Tubing

- Một số cơ quan quốc gia hoặc công ty bảo hiểm yêu cầu sử dụng ống dẫn đồng trục khi hệ thống ống nằm ngoài vùng có hệ thống hút khí. Các phương pháp kết nối bằng hàn hoặc kết nối mặt kim loại là lựa chọn ưu tiên do khả năng đảm bảo độ kín khí. Việc sử dụng các loại khớp nối cơ khí nên được hạn chế.

Some national bodies or insurance companies require the use of coaxial tubing when the tubing is outside of an exhausted enclosure. Welded or metal face seal connections are the preferred connection methods due to their leak integrity. The use of mechanical fittings should be limited.

6.6. Độ tinh khiết / Purity

- Phosphine trong ngành công nghiệp điện tử được nhà cung cấp cung cấp với độ tinh khiết cao. Độ tinh khiết được cung cấp dao động từ 99.995% đến 99.9999+%. Việc tinh chế tại điểm sử dụng có thể được dùng để loại bỏ các chất gây ô nhiễm bổ sung.

Phosphine in the electronic industries is offered at high purity by the supplier. Purities offered range from low 99.995% to 99.9999+%. Point of use purification can be used to remove additional contaminants.

- Một hệ thống thông thổi phải được hoàn thành trước khi sử dụng hoặc tháo dỡ thiết bị tinh chế.

A system purge shall be completed before the use or removal of the purifier.

6.7. Kiểm tra rò rỉ và thông thổi hệ thống / System leak tests and purge

- Sau khi lắp đặt hoặc bảo trì hệ thống, hệ thống phải được kiểm tra rò rỉ và thông thổi bằng khí trơ trước khi đưa vào vận hành với phosphine hoặc hỗn hợp phosphine.
After system installation or maintenance, the system shall be leak checked and purged with an inert gas before commissioning with phosphine or phosphine mixtures.
- Các kết nối thường xuyên được tháo lắp lại trong quá trình (ví dụ, ống nối mềm chai hoặc các kết nối khác) phải được kiểm tra rò rỉ ở áp suất bằng hoặc lớn hơn áp suất nguồn.
Connections that are routinely remade in the process (for example, cylinder pigtail or other connections) shall be leak checked at a pressure equal to or greater than the source pressure.
- Các hệ thống thông thổi tốt nhất là những hệ thống được tự động hóa. Số chu kỳ thông thổi là hàm của áp suất thông thổi khí trơ sẵn có, việc sử dụng chân không, kích thước của hệ thống ống/đường ống cần thông thổi và giá trị pha loãng cuối cùng mong muốn. Các khí thông thổi phổ biến là nitơ và heli. Hydro cũng được sử dụng làm khí thông thổi. Các hệ thống cung cấp khí điển hình phải được thông thổi đến mức phosphine an toàn. Việc sử dụng kiểm soát thông thổi thủ công tiềm ẩn nguy cơ lỗi vận hành cao hơn và yêu cầu hướng dẫn vận hành rõ ràng nếu được sử dụng.
The best purge systems are those that are automated. The number of purge cycles is a function of the inert purge pressure available, the use of vacuum, the size of the tubing/piping system to be purged, and the desired final dilution value. Common purge gases are nitrogen and helium. Hydrogen is also used as a purge gas. Typical gas delivery systems shall be purged to a safe level of phosphine. The use of manual purge control has a higher potential for operator error and requires clear operator instructions if used.

6.8. Kiểm soát nhiệt độ hệ thống / *System temperature control*

- Các hệ thống sử dụng phosphine có thể hoạt động ở các nhiệt độ khác nhau tùy thuộc vào ứng dụng. Một số hệ thống có thể yêu cầu nguồn nhiệt bên ngoài cho chai và đường ống xử lý để duy trì lưu lượng sản phẩm. Các chai và đường ống xử lý không được vượt quá 50 °C (122 °F). Ngoài ra, không khuyến nghị làm nóng trực tiếp các chai bằng cách sử dụng bộ gia nhiệt điện trở. Ưu tiên làm nóng gián tiếp hoặc sử dụng chăn sưởi và bộ gia nhiệt đường ống được phê duyệt, phân loại điện.
Systems using phosphine can operate at varying temperatures depending on the application. Some systems can require an external heat source for the cylinder and process lines to maintain product flow. Cylinders and process lines shall not exceed 50 °C (122 °F). In addition, directly heating cylinders using resistance heaters is not recommended. Indirect heating or the use of approved, electrically classified heating blankets and line heaters is preferred.
- Khi làm việc với bất kỳ loại khí hóa lỏng nén nào, việc sản phẩm ngưng tụ trong các đường ống công nghệ là điều có thể xảy ra, đặc biệt khi dòng sản phẩm di chuyển đến khu vực tương đối mát hơn trong hệ thống. Hãy sử dụng mối quan hệ giữa áp suất hơi và nhiệt độ, như minh họa trong Hình 1 và Hình 2, để tránh hiện tượng ngưng tụ sản phẩm trong các đường ống công nghệ tại bất kỳ mức áp suất và nhiệt độ nào.
When working with any compressed liquefied gas, product condensing in process lines is a possibility, especially when product flows to a relatively cooler area of the system. Use the vapor pressure versus temperature relationship such as the one shown in Figure 1 and Figure 2 to avoid condensation of the product in the process lines at any given pressure and temperature.

6.9. Sử dụng điều khiển điện và sử dụng thiết bị được phân loại điện / *Use of electrical control and use of electrically classified equipment*

- Vì phosphine dễ cháy và tự bốc cháy, các hệ thống điện phải đáp ứng các yêu cầu của các quy định địa phương về phân loại chất dễ cháy.
Since phosphine is flammable and pyrophoric, electrical systems shall meet the requirements of the local regulations covering flammable classifications.
- Các phân loại này dành cho các chất lỏng dễ cháy bay hơi thông thường hoặc khí dễ cháy mà nếu trộn lẫn với không khí có thể cháy hoặc nổ. Trong những trường hợp như vậy, lỏng, hơi hoặc khí thường được chứa trong các bình chứa kín hoặc hệ thống kín mà từ đó chúng chỉ có thể thoát ra trong trường hợp nổ hoặc hư hỏng ngẫu nhiên. Cần lưu ý rằng nồng độ dễ bắt lửa của khí hoặc hơi của khí dễ cháy, hơi do chất lỏng dễ cháy tạo ra, hoặc hơi do chất lỏng dễ bắt lửa tạo ra khi trộn lẫn với không khí thường được ngăn chặn bằng cách có hệ thống thông gió cơ học cưỡng bức hoạt động dưới áp suất âm. Điều này có thể trở thành mối nguy thông qua sự cố hoặc hoạt động bất thường của thiết bị thông gió.

These classifications are for generic volatile flammable liquids or flammable gases that if mixed with air can burn or explode. In such cases, liquids, vapors, or gases are normally confined within closed containers or closed systems from which they can escape only in case of accidental rupture or breakdown. It should be noted that ignitable concentrations of gases or vapors of flammable gas, flammable liquid-produced vapor, or combustible liquid-produced vapor mixed with air are normally prevented by having forced mechanical ventilation that is under negative pressure. This could become hazardous through the failure or abnormal operation of the ventilating equipment.

- LƯU Ý—Các lắp đặt phosphine ngoài trời tại Hoa Kỳ thường không yêu cầu phân loại điện.

NOTE—Outdoor phosphine installations in the United States generally do not require electrical classification.

6.10. Hệ thống giám sát. / *Monitoring system*

6.10.1. Giám sát khí / *Gas monitoring*

- Cần đảm bảo rằng nhân sự cũng như thiết bị xử lý được bảo vệ bởi các hệ thống phát hiện phosphine chính xác, hiệu quả, dễ sử dụng và bảo trì.

There is a need to ensure personnel as well as process equipment are protected by phosphine detection systems that are accurate, efficient, and easy to use and maintain.

- Những người tiếp xúc với nồng độ nguy hiểm có thể không nhận biết được sự hiện diện của khí này. Các triệu chứng có thể xuất hiện muộn và chỉ biểu hiện sau vài giờ. Hệ thống giám sát khí liên tục theo dõi các vị trí chính có khả năng xuất hiện khí phosphine, bao gồm nhưng không giới hạn ở các khu vực sau:

Persons exposed to hazardous levels could be unaware of its presence. The manifestation of symptoms can be delayed and appear after several hours. A gas monitoring system continuously monitors primary locations for phosphine including, but not limited to, the following areas:

- tồn chứa;
storage;
- khu vực vận hành;
operator areas;
- tủ chứa khí;
gas cabinets;
- phòng thí nghiệm;
laboratories;
- tủ hút;
fume hoods;
- phòng xử lý; và
process rooms; and
- khí thải hệ thống giảm thiểu.
abatement system exhaust.
- Hệ thống giám sát khí phải có nguồn điện dự phòng. Tham khảo 7.1 để biết thông tin về kiểm soát an toàn sinh mạng.
The gas monitoring system shall have a backup source of power. Refer to 7.1 for information on life safety control.
- Các phương pháp phát hiện khác nhau, cũng như độ nhạy của chúng đối với phosphine và độ nhạy chéo với các khí khác. Mong muốn có một hệ thống có khả năng kết nối các hệ thống hiện có từ các nhà sản xuất khác nhau và khả năng đáp ứng việc mở rộng liên tục. Các loại đầu dò điển hình phù hợp cho phosphine là:
Detection methods vary, as do their sensitivity to phosphine as well as cross-sensitivity to other gases. It is desirable to have a system capable of networking existing systems from various manufacturers, and the ability to accommodate ongoing expansion. Typical detector types suitable for phosphine are:

- hấp thụ quang;
photo-absorption;
- ion hóa quang;
photo-ionization;

- điện hóa;
electrochemical;
 - băng đo màu;
colorimetric tape;
 - độ dẫn nhiệt; và
thermal conductivity; and
 - hạt xúc tác.
catalytic bead.
- Hệ thống phát hiện khí với khoảng thời gian cảm biến không quá 5 phút có thể được yêu cầu ở một số khu vực pháp lý nhất định.
A gas detection system with a sensing interval not exceeding 5 minutes can be required in certain jurisdictions.

6.10.2. Giám sát cháy và khói / *Fire and smoke monitoring*

- Khi phosphine cháy, nó tạo ra một đám khói trắng đặc của phosphor pentoxit (P_2O_5). Những khói này là chất gây kích ứng đường hô hấp nghiêm trọng do sự hình thành nhanh chóng của axit orthophosphoric (H_3PO_4) khi tiếp xúc với độ ẩm (nước) trong phổi người.
When phosphine burns, it produces a dense white cloud of phosphorus pentoxide (P_2O_5) fumes. These fumes are a severe respiratory tract irritant due to the rapid formation of orthophosphoric acid (H_3PO_4) on contact with moisture (water) in human lungs.
- Vì khí phosphine có tính dễ cháy và có khả năng tự bốc cháy (pyrophoric ở nồng độ cao), việc giám sát ngọn lửa là phù hợp. Tuy nhiên, mối nguy ban đầu là độc tính cao của khí này ở nồng độ thấp tính theo ppm. Mối quan ngại về độc tính này xảy ra ở mức thấp hơn nhiều so với giới hạn cháy thấp (LFL) của phosphine. Do đó, khuyến nghị rằng việc giám sát khí nên tập trung vào phát thải ở mức ppm bên cạnh việc giám sát ngọn lửa. Đối với các mối quan ngại ở nồng độ cao hơn, nên sử dụng hệ thống giám sát có khả năng phát hiện ngọn lửa.
Since phosphine is flammable and capable of autoignition (pyrophoric at higher concentrations), monitoring for a flame is appropriate. However, the initial hazard is the high toxicity of the gas at low ppm levels. This toxicity concern occurs well below the LFL of phosphine. Thus, it is recommended that gas monitoring should be directed to ppm emissions in addition to flame monitoring. For higher concentration concerns, a monitoring system capable of detecting a flame is recommended.
- Các đầu dò ngọn lửa phù hợp cho dịch vụ phosphine phải được đặt để phát hiện cháy ở các khu vực có khả năng rò rỉ phosphine. Bất cứ khi nào phát hiện ngọn lửa, việc dừng ngay lập tức quá trình là bắt buộc. Điều này được thực hiện tốt nhất bằng các van tự động được điều khiển bằng nitơ thay vì không khí. Một cảnh báo phải được truyền đi để các bên chịu trách nhiệm có thể hành động theo điều kiện.
Flame detectors suitable for phosphine service shall be located to detect fire in potential phosphine leak areas. Whenever flame detection occurs, immediate shutdown of the process is required. This is best achieved with automatic valves controlled with nitrogen instead of air. An alarm should be transmitted so responsible parties can act on the condition.
- Việc sử dụng đầu dò ngọn lửa tử ngoại/hồng ngoại (UV/IR) phù hợp cho dịch vụ phosphine. Các đầu dò khác có thể cung cấp khả năng phát hiện tương đương tùy thuộc vào vị trí đầu dò và hành động yêu cầu. Các chỉ báo tăng nhiệt độ cũng có thể phù hợp để sử dụng trong nhà. Các hệ thống như vậy hoạt động tốt nhất trong môi trường được kiểm soát bởi hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí (HVAC).
The use of ultraviolet/infrared (UV/IR) flame detectors is suitable for phosphine service. Other detectors can offer comparable detection depending on detector location and action required. Temperature rise indicators can also be suitable for indoor use. Such systems work best in heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) controlled environments.
- Tham khảo 7.1 để biết thêm các cân nhắc về giám sát khí.
Refer to 7.1 for additional gas monitoring considerations.

6.10.3. Hệ thống trong nhà / *Indoor systems*

- Các đầu dò ngọn lửa được sử dụng trong nhà phải được đặt trong phòng hoặc bên trong tủ chứa khí tùy thuộc vào yêu cầu tồn chứa chai và mục đích sử dụng. Các khu vực rò rỉ tiềm năng bao gồm:

Flame detectors used indoors shall be located in the room or within gas cabinets depending on cylinder storage requirements and use. Potential leak zones include:

- van chai (giao diện chai, PRD và các kết nối đầu ra);
cylinder valves (cylinder interface, PRDs, and outlet connections);
 - thiết bị xử lý (lò phản ứng, bơm chân không, hệ thống tinh chế);
process equipment (reactor, vacuum pump, purification systems);
 - bảng điều khiển quá trình và thông thổi; và
process and purge panels; and
 - ống xả.
exhaust ducts.
- Tủ chứa khí hoặc tủ hút phải được trang bị hệ thống phun nước tự động. Đầu phun nước phải được định vị để giữ cho chai và hệ thống bảng điều khiển khí liên quan mát mẻ, nhưng không nhằm mục đích dập tắt đám cháy trong tủ hoặc tủ hút. Thường có các yêu cầu cụ thể về lưu lượng nước và thời gian phun nước phải được tuân thủ. Những điều này là đặc thù của quy định quốc gia.
Gas cabinets or fume hoods shall be equipped with automatic sprinkler systems. The sprinkler head(s) should be positioned to keep the cylinder(s) and related gas panel system cool, but not meant to extinguish a fire in the cabinet or hood. There are generally specific requirements on water flow rate and duration of water spray that shall be followed. These are national code specific.

6.10.4. Hệ thống ngoài trời / *Outdoor systems*

- Các đầu dò ngọn lửa được sử dụng ngoài trời nên tương thích với môi trường. Chúng nên được thử nghiệm thực địa để tránh báo động sai do ánh sáng mặt trời, hàn hồ quang, chiếu sáng nhân tạo hoặc các nguồn lạc khác có thể vô tình kích hoạt đầu dò.
Flame detectors used outdoors should be compatible with the environment. They should be field tested to avoid false alarms due to sunlight, arc welding, artificial lighting, or other stray sources that can inadvertently activate the detector.
- Trong trường hợp hỏa hoạn, các hệ thống phosphine và chai nên được làm mát thay vì dập tắt vì sự rò rỉ phosphine liên tục có thể dẫn đến một vụ nổ tiềm ẩn của phosphine tích tụ.
During a fire phosphine systems and cylinders should be cooled rather than extinguished since the continued leakage of phosphine could result in a latent explosion of accumulated phosphine.
- Hệ thống phun nước xả tràn thủ công hoặc tự động (khi cần thiết) phù hợp để kiểm soát hệ thống ngoài trời.
A manual or automatic (where required) deluge water spray system is suitable for outdoor system control.
- Các hệ thống phải được thiết kế và lắp đặt theo quy định quốc gia để đảm bảo tuân thủ. Thường có các yêu cầu cụ thể về lưu lượng nước và thời gian phun nước phải được tuân thủ. Nên xem xét việc bảo vệ các cấu trúc lân cận.
Systems shall be designed and installed in accordance with national regulations to ensure compliance. There are generally specific requirements on water flow rate and duration of water spray that shall be followed. Protection of nearby structures should be considered.

6.11. Hệ thống giảm thiểu / *Abatement system*

- Tham khảo Mục 11.
Refer to Section 11.

6.12. Đường xả hệ thống / *System vent*

- Tất cả các đường xả trong hệ thống phải được dẫn đến hệ thống xử lý khí thải. Các đường xả này bao gồm: khí thải từ bơm chân không, đường xả của hệ thống và khí thải từ venturi chân không.
All vents in the system shall be directed to an abatement system. These include vacuum pump exhaust, system vent, and vacuum venturi exhaust.

7. Quy trình và vận hành / *Process and operation*

7.1. Kiểm soát an toàn sinh mạng (hệ thống phát hiện khí và báo động) / *Life safety control (gas detection and alarm systems)*

- Các quy trình phải được thiết lập để kiểm soát sự phơi nhiễm của người lao động với phosphine và các sản phẩm phụ của nó. Việc tuân thủ các quy trình này có thể ngăn ngừa các tác động bất lợi của việc phơi nhiễm tại nơi làm việc thông qua phơi nhiễm qua đường hô hấp hoặc qua da. Hoạt động tuân thủ cụ thể có thể được quy định bởi các quy định quốc gia. Các mục sau đây nên được coi là một phần của chương trình kiểm soát an toàn sinh mạng.
Procedures shall be in place to control worker exposure to phosphine and its by-products. Compliance with these procedures can prevent adverse effects of exposure in the workplace through air exposure or through skin exposure. Specific compliance activity can be prescribed by national regulations. The following items should be considered part of a life safety control program.

7.1.1. Giám sát / *Monitoring*

- Giám sát không khí/đất tại nơi làm việc về môi trường—Sự phơi nhiễm nghề nghiệp phải được kiểm soát để không người lao động nào bị phơi nhiễm với nồng độ lớn hơn mức cho phép, dù là ở dạng khí hay hợp chất vô cơ rắn;
Environmental workplace air/land monitoring—Occupational exposure shall be controlled so that no worker is exposed to concentrations greater than allowed either as gas or solid inorganic compound;
- Hiệu chuẩn/kiểm tra thiết bị giám sát—Kiểm tra định kỳ thiết bị giám sát để xác minh hiệu suất và độ tin cậy;
Monitor calibration/inspection—Routine inspection of monitoring equipment to verify performance and reliability;
- Giám sát hoạt động/hiệu suất của hệ thống giảm thiểu—Kiểm tra định kỳ thiết bị giảm thiểu để xác minh hiệu suất và độ tin cậy; và
Monitor operation/performance of abatement systems—Routine inspection of abatement equipment to verify performance and reliability;
- Các thiết bị phát hiện rò rỉ phải được lắp đặt để kích hoạt các hành động ứng phó khẩn cấp tuân thủ các quy định của cơ quan có thẩm quyền (AHJ).
Leak detection devices shall be installed to trigger emergency response actions in compliance with regulations of the authorities having jurisdiction (AHJ).

7.1.2. Hệ thống an toàn sinh mạng / *Life safety system*

- Xem xét định kỳ sự cân bằng không khí của hệ thống HVAC trong toàn bộ tòa nhà, các tủ hút khí, tủ khí và hệ thống xử lý khí thải — Theo thời gian, lưu lượng khí cấp và khí xả có thể thay đổi, dẫn đến tốc độ hút khí yêu cầu thấp hơn mức cần thiết. Các van điều tiết thông gió nên được cố định tại chỗ để tránh làm thay đổi chế độ thông gió giữa các lần cân bằng không khí.
Periodic review of HVAC air balance through building, fume hoods, gas cabinets, and abatement systems— With time, air flows/exhausts can change and required capture velocities could be less than required levels. Ventilation dampers should be locked in place to prevent the altering of required ventilation between air balances;
- Kiểm tra và thử nghiệm hệ thống báo động—Kiểm tra và thử nghiệm định kỳ hệ thống báo động để xác minh hiệu suất và độ tin cậy;
Alarm testing and inspection—Routine testing and inspection of alarm systems to verify performance and reliability;
- Vì phosphine là một loại khí dễ cháy và tự bốc cháy, các hệ thống chữa cháy phải được xem xét và tuân thủ các quy định của AHJ;

Since phosphine is a flammable and pyrophoric gas, firefighting systems shall be considered and follow regulations of the AHJ;

- Hệ thống rửa khí hoặc thông gió nên được lắp đặt để xử lý rò rỉ khí. Các quy định quốc gia có thể yêu cầu rửa khí hoặc thông gió để xử lý rò rỉ khí; và
Gas scrubbing or ventilation systems should be installed to handle gas leaks. National regulations may require gas scrubbing or ventilation to handle gas leaks; and
- Khu vực tồn chứa khí và quy trình nên được thiết kế với nhiều hơn một lối thoát.
Gas storage and process areas should be designed with more than one exit.

7.1.3. Quản lý / Management

- Quản lý trang phục làm việc — Thay đồ hàng ngày, có khu vực dành cho quần áo bị nhiễm bẩn, và phòng thay đồ tách biệt khỏi môi trường sản xuất.
Work clothing management—Daily change outs, a place for contaminated clothing, a separate locker room from manufacturing environment;
- Người lao động được yêu cầu trang bị thiết bị bảo vệ hô hấp và phải được đánh giá y tế và kiểm tra độ vừa vặn để xác nhận khả năng và sự cho phép sử dụng của người lao động. Người lao động cũng phải được đào tạo và cấp chứng chỉ về việc sử dụng thiết bị bảo hộ cá nhân (PPE);
Workers who are required to wear respiratory protection shall be medically evaluated and fit tested to confirm worker ability and clearance for use. Workers shall also be trained and certified in the use of personal protective equipment (PPE);
- Đào tạo và ứng phó khẩn cấp—Đào tạo nên được thực hiện về ứng phó khẩn cấp với các tình huống có thể liên quan đến việc giải phóng hoặc phơi nhiễm phosphine và các sản phẩm phụ;
Training and emergency response—Training should be conducted on the emergency response to situations that involve the possible release or exposure to phosphine and by-products;
- Đào tạo nhận thức chung—Nhân sự tham gia vào việc sản xuất, chế biến, bảo trì, thao tác, tồn chứa và/hoặc vận chuyển phải được đào tạo về các tác động phơi nhiễm (dấu hiệu, triệu chứng, chăm sóc y tế) của phosphine và các sản phẩm phụ bằng cách sử dụng SDS và các thông tin an toàn khác liên quan đến môi trường và nhân sự. Việc đào tạo bổ sung có thể được yêu cầu bởi các cơ quan có thẩm quyền địa phương, bao gồm an toàn cho nhân viên, bảo trì phòng ngừa và các chương trình quản lý môi trường;
General awareness training—Personnel involved in the manufacturing, processing, maintenance, handling, storage, and/or transportation shall be trained on the exposure effects (signs, symptoms, medical attention) of phosphine and by-products using the SDS and other safety information related to the environment and to personnel. Additional training can be required by local jurisdictions that include personnel safety, preventive maintenance, and environmental management programs;
- Các chương trình lưu giữ hồ sơ—Một chương trình nên được lập thành văn bản giải thích những gì cần ghi lại, khi nào ghi lại, tần suất ghi lại, nơi tồn chứa hồ sơ và thời gian lưu trữ hồ sơ trước khi thải bỏ;
Record keeping programs—A program should be documented explaining what to record, when to record, how often to record, place of record storage, and length of time for records to be stored before disposal;
- Ghi nhãn sản phẩm/bình chứa—Với tên đầy đủ và các mối nguy hiểm áp dụng theo yêu cầu của quy định;
Labeling of products/containers—With complete name and applicable hazards as required by regulations;
- Các quy trình/thực hành công việc rõ ràng, được lập thành văn bản—Kiểm soát thiết bị, làm sạch quy trình, thải bỏ chất thải và kiểm soát vận hành; và
Clear, documented work practices/procedures—Control of equipment, process clean-up, waste disposal, and operations control; and

- Kế hoạch hành động khẩn cấp—các giao thức ứng phó và sơ tán đối với các báo động tại chỗ, sự cố rò rỉ và giảm thiểu mất chất gây ô nhiễm.
Emergency action plan—response and evacuation protocols for site alarms, releases, and abatement of loss of contaminant.

7.2. Quy trình vận hành và nhân sự / *Operational procedures and personnel*

- Cần có hướng dẫn công việc bằng văn bản được xác định rõ ràng để đảm bảo việc thao tác và vận hành khí phosphine một cách an toàn. Hướng dẫn công việc cần mô tả chi tiết đầy đủ thông tin cần thiết về cách thực hiện một nhiệm vụ cụ thể. Các hướng dẫn này phải được viết bằng ngôn ngữ rõ ràng và đơn giản, và có thể tồn tại dưới bất kỳ hình thức hiển thị nào. Hướng dẫn phải được quản lý phiên bản, và phiên bản mới nhất của hướng dẫn công việc phải luôn sẵn sàng để người vận hành tham khảo khi có thắc mắc.
Clearly defined written work instructions are required to ensure safe handling and processing of phosphine. The work instruction should describe in sufficient detail the information needed on how to perform a specific task. These work instructions shall be written in a clear and simple language and shall exist in any viewable form. Instructions shall be under version control and the latest versions of the work instructions should be readily available to the operator should questions arise.
- Người vận hành phải được thông báo và đào tạo khi các quy trình thay đổi. Việc đánh giá rủi ro phải được thực hiện đối với tất cả các hoạt động liên quan đến phosphine. Bất kỳ thay đổi nào đối với các quy trình hoặc thiết bị quy trình này phải được xem xét theo các thực hành về quản lý sự thay đổi (MOC).
Operators shall be notified and trained when procedures are changed. A risk assessment shall be carried out on all operations involving phosphine. Any changes to these procedures or process equipment shall be reviewed under management of change (MOC) practices.
- Các thành phần và vật liệu có thể được sử dụng trên hệ thống phosphine phải được xác định rõ ràng và được tồn chứa và thao tác cẩn thận để đảm bảo chúng không bị nhiễm bẩn. Khuyến nghị rằng các miếng gioăng đệm kết nối đầu ra van chai chỉ được thao tác khi đeo găng tay đã được phê duyệt. Điều này có thể tránh rủi ro:
Components and materials that can be used on phosphine systems shall be clearly identified and carefully stored and handled to ensure that they do not become contaminated. It is recommended that cylinder valve outlet connections gaskets are only handled while wearing approved gloves. This can avoid the risk of:
 - nhiễm bẩn miếng gioăng bởi các loại dầu tự nhiên có trên da; và
contamination of the gaskets by the natural oils found on the skin; and
 - nhiễm bẩn cho người vận hành từ các sản phẩm phụ phosphine còn sót lại trên miếng gioăng đã qua sử dụng.
contamination of the operator from residue phosphine by-products found on the used gasket.
- Tất cả nhân sự tham gia vào thao tác phosphine và vận hành hệ thống phosphine phải được đào tạo. Khóa đào tạo này phải bao gồm tầm quan trọng của sự sạch sẽ và nhu cầu sử dụng riêng các vật liệu và thành phần được chỉ định trên hệ thống phosphine.
All personnel involved in handling of phosphine and the operations of phosphine systems shall be trained. This training shall include the importance of cleanliness and the need for exclusive use of specified materials and components on phosphine systems.
- Nhân viên vận hành hệ thống khí phải có hiểu biết tốt về các tính chất, nguy cơ cháy nổ và độc tính của phosphine. Họ cũng nên được đào tạo để hành động trong trường hợp khẩn cấp. Bất cứ khi nào có thể, các biện pháp phòng ngừa phải được xem xét để bảo vệ người vận hành (ví dụ: tủ chứa khí, tủ hút, PPE, van điều khiển từ xa và tường chắn).
Personnel who operate gas systems shall have a good understanding of the properties, fire and explosion hazards, and toxicity of phosphine. They should also be trained to take action in the event of an emergency. Whenever possible, preventive measures shall be considered to protect operators (for example, gas cabinets, fume hoods, PPE, remote controlled valves, and barrier walls).

7.3. Thông gió / *Ventilation*

- Thông gió là cần thiết cho các khu vực tồn chứa, tủ chứa khí, tủ hút và các khu vực nơi phosphine được xử lý, tồn chứa hoặc thao tác. Nơi nhiều ống xả dẫn vào một hệ thống chung, các biện pháp phải được thực hiện để đảm bảo không thể xảy ra dòng chảy ngược.

Ventilation is required for storage areas, gas cabinets, fume hoods, and areas where phosphine is processed, stored, or handled. Where multiple exhaust ducts feed into a common system, measures shall be taken to ensure reverse flow is not possible.

7.3.1. Xả trực tiếp vào hệ thống xả / *Direct venting into exhaust systems*

- Phosphine không nên được xả trực tiếp vào hệ thống thông gió xả vì sự cháy hoặc nổ có thể xảy ra do tự bốc cháy của phosphine, từ sự bốc cháy của các chất dễ cháy khác, hoặc từ các phản ứng phụ hóa học có thể có trong hệ thống xả.
Phosphine should not be directly vented into exhaust ventilation systems as fire or explosion can occur due to autoignition of the phosphine itself, from the ignition of other flammables, or from chemical side reactions that could be present in the exhaust system.
- Phosphine tinh khiết hoặc hỗn hợp có nồng độ lớn hơn LFL phải được pha loãng bằng khí trơ trước khi xả để giảm nguy cơ cháy hoặc nổ.
Pure phosphine or mixtures greater than the LFL shall be diluted with an inert gas before venting to reduce the risk of fire or explosion.

7.3.2. Đường xả quy trình chuyên dụng / *Dedicated process vent*

- Phosphine thải ra từ các bảng điều khiển quy trình (hoặc các quy trình khác) đến một hệ thống xả nên được dành riêng cho phosphine.
Phosphine discharged from process panels (or other processes) to an exhaust system should be dedicated to phosphine service.
- Các đường xả nên được thông thổi liên tục bằng khí trơ để ngăn không khí (hoặc dòng khí ngược khác) đi vào hệ thống xả.
Vent lines should be constantly purged with inert gas to prevent air (or other backflow of gases) from entering into the vent system.
- Hệ thống xả nên được thiết kế để giảm thiểu tổn thất áp suất.
The venting system should be designed to minimize pressure drop.
- Các hệ thống thông thổi nên là các hệ thống chuyên dụng và cách ly để hạn chế khả năng dòng phosphine chảy ngược.
Purge systems should be dedicated and isolated systems to curtail the potential backflow of phosphine.

7.3.3. Hướng dẫn chung / *Common guidelines*

- Các quy định khác nhau tùy theo quốc gia và cần được kiểm tra, nhưng dưới đây là các hướng dẫn chung.
Regulations vary by country and should be verified, but the following are common guidelines.

7.3.3.1. Sự cần thiết của thông gió cho phosphine / *Necessity of ventilation for phosphine*

- Trong quá trình vận hành bình thường, không được xả khí độc và khí dễ cháy ra khí quyển trừ khi thông qua một hệ thống giảm thiểu được thiết kế phù hợp (xem 6.12); và
During normal operations, do not vent toxic and flammable gases to the atmosphere except through a properly designed abatement system (see 6.12); and
- Hệ thống thông gió cơ học phải được sử dụng để trao đổi không khí tại nơi phosphine được xử lý hoặc thao tác nhằm nhanh chóng xả bất kỳ khí phosphine rò rỉ nào.
Mechanical ventilation shall be used to exchange air where phosphine is processed or handled to quickly exhaust any fugitive phosphine emissions.

7.3.3.2. Các loại thông gió / *Types of ventilation*

- Khu vực tồn chứa và sử dụng trong nhà cũng như các tòa nhà tồn chứa khí nén và lỏng siêu lạnh phải được trang bị hệ thống thông gió xả cơ học;
Indoor storage and use areas and storage buildings for compressed gases and cryogenic fluids shall be provided with mechanical exhaust ventilation;

- Đối với tồn chứa trong nhà, việc thông gió cưỡng bức là bắt buộc và phải tuân thủ các quy định hiện hành;
For indoor storage, forced ventilation is required and shall follow applicable regulations;
- Các phòng chứa khí phải được trang bị hệ thống thông gió xả; và
Gas rooms shall be provided with an exhaust ventilation system; and
- Trong trường hợp cho phép tồn chứa ngoài trời, việc thông gió cưỡng bức thường không bắt buộc.
Where outdoor storage is allowed, forced ventilation is generally not required.

7.3.3.3. Cân nhắc khi thiết kế hệ thống thông gió. / *Consideration for ventilation design*

- Tủ khí hoặc buồng có hệ thống xả phải được trang bị hệ thống thông gió xả khí được thiết kế để hoạt động ở áp suất âm so với các khu vực xung quanh:
The gas cabinet or exhausted enclosure shall be provided with an exhaust ventilation system designed to operate at a negative pressure relative to the surrounding areas:
 - Tốc độ tại mặt của các cổng tiếp cận hoặc cửa sổ, khi cổng tiếp cận hoặc cửa sổ mở, phải đủ để bảo vệ người dùng khỏi khí thải rò rỉ. Tại Vương quốc Anh, tốc độ tối thiểu 1 m/s (3 ft/s) trên bề mặt của lỗ thao tác van nhỏ được khuyến nghị cho các điều kiện vận hành bình thường và
The velocity at the face of access ports or windows, with the access port or window open, shall be adequate to protect the user from fugitive emissions. In the United Kingdom, a minimum velocity of 1 m/s (3 ft/s) across the face of the small valve manipulation opening is recommended for normal operating conditions and
 - Số lần trao đổi không khí mỗi giờ (bên trong tủ khí hoặc buồng kín có xả) có thể được quy định bởi các cơ quan chức năng địa phương;
The number of air exchanges per hour (inside the gas cabinet or exhausted enclosure) may be regulated by local authorities;
- Tốc độ thông gió cơ học phải đủ. Tại Hoa Kỳ, tốc độ không dưới 0.3 m³/phút/m² (1 ft³/phút/ft²) diện tích sàn trên khu vực tồn chứa hoặc sử dụng là bắt buộc;
The mechanical ventilation rate shall be adequate. In the United States, the rate of not less than 0.3 m³/min/m² (1 ft³/min/ft²) of floor area over the area of storage or use is required;
- Hệ thống xả phải tính đến mật độ của các khí tiềm năng được giải phóng và các điểm rò rỉ:
The exhaust system shall take into account the density of the potential gases released and leak points:
 - Đối với các khí nặng hơn không khí, như phosphine, việc xả nên được thực hiện gần sàn nhà
For gases that are heavier than air, like phosphine, exhaust should be taken near the floor
 - Một số hỗn hợp phosphine (heli, hydro) nhẹ hơn không khí, việc xả nên được thực hiện gần trần nhà và
Some phosphine mixtures (helium, hydrogen) are lighter than air, exhaust should be taken near the ceiling and
 - Vị trí của cả cửa xả và cửa hút khí phải được thiết kế để tạo luồng không khí đi khắp các phần của sàn hoặc phòng nhằm ngăn chặn sự tích tụ hơi;
The location of both the exhaust and inlet air openings shall be designed to provide air movement across all portions of the floor or room to prevent the accumulation of vapors;
- Hệ thống thông gió xả khí không được phép tuần hoàn lại trong phòng hoặc tòa nhà nếu các chai khí, bình hoặc bồn chứa được lưu trữ có khả năng phát thải các loại khí nguy hại như phosphine.
Exhaust ventilation should not be recirculated within the room or building if the cylinders, containers, or tanks stored are capable of releasing hazardous gases like phosphine;

- Hệ thống phun nước chữa cháy nên được lắp đặt và có kích thước phù hợp cho các tủ khí, tủ hút và các khu vực nơi phosphine đang được xử lý hoặc tồn chứa;
Water sprinkler systems should be installed and properly sized for gas cabinets, fume hoods, and areas where phosphine is being processed or stored;
- Thiết bị dùng để chứa hoặc thu giữ phosphine phải không cháy;
Equipment used to contain or capture phosphine shall be noncombustible;
- Thiết bị được sử dụng, như quạt thổi khí, phải không phát tia lửa điện theo thiết kế và cấu tạo;
Equipment used, like air handling fans, shall be non-sparking by design and construction;
- Hệ thống thông gió phải xả ở khoảng cách thích hợp từ các cửa hút của hệ thống thao tác khí, thiết bị điều hòa không khí, máy nén khí và các lỗ mở của tòa nhà như cửa sổ và cửa ra vào;
Ventilation systems shall discharge at an adequate distance from intakes of air-handling systems, air conditioning equipment, air compressors, and building openings such as windows and doorways;
- Việc tồn chứa và sử dụng khí nén nên được đặt ở khoảng cách thích hợp từ các cửa hút khí;
Storage and use of compressed gases should be located at an adequate distance from air intakes;
- Ở một số khu vực pháp lý địa phương, nơi có thông gió cưỡng bức, một công tắc ngắt thủ công nên được cung cấp bên ngoài phòng ở vị trí liền kề với cửa ra vào chính của phòng hoặc ở một vị trí được phê duyệt. Công tắc phải là loại đập vỡ kính hoặc tương đương và phải được dán nhãn HỆ THỐNG NGẮT KHẨN CẤP THÔNG GIÓ;
In some local jurisdictions, where forced ventilation is provided, a manual shutoff switch should be provided outside of the room in a position adjacent to the principal access door to the room or in an approved location. The switch shall be the break-glass or equivalent type and shall be labeled VENTILATION SYSTEM EMERGENCY SHUTOFF;
- Khi có thông gió cơ học, hệ thống phải hoạt động, tối thiểu, trong thời gian tòa nhà hoặc không gian được sử dụng; và
Where mechanical ventilation is provided, the system shall be operational, at a minimum, during the time the building or space is occupied; and
- Phải có một hệ thống báo động kích hoạt nếu mất thông gió.
There shall be an alarm system that activates if there is loss of ventilation.

7.4. Chương trình bảo trì liên tục và bảo trì phòng ngừa / *On-going maintenance and preventive maintenance programs*

- Điều cần thiết là thiết bị trong đó phosphine được thao tác phải tuân thủ tiêu chuẩn cao và được bảo trì một cách thường xuyên, có kiểm soát và an toàn. Cần đặc biệt chú ý đến bất kỳ bộ phận thay thế nào để đảm bảo tính tương thích với phosphine và các sản phẩm hệ thống khác.
It is essential that equipment in which phosphine is handled is held to a high standard and maintained in a routine, controlled, and safe manner. Particular attention should be provided to any replacement parts for compatibility with phosphine and other system products.
- Cần có hành động phòng ngừa nhằm loại bỏ các nguyên nhân tiềm ẩn gây hỏng hóc thiết bị trước khi chúng xảy ra. Sổ tay thiết bị của nhà sản xuất cung cấp hướng dẫn quản lý bảo trì phòng ngừa (PM) cho thiết bị của họ. Mỗi người dùng có trách nhiệm đảm bảo việc kiểm soát được thực hiện. Người dùng phosphine nên có một chương trình PM được cài đặt và triển khai tại tất cả các địa điểm xử lý hoặc thao tác phosphine.
Preventive action is directed at eliminating potential causes of equipment failure before they occur. The manufacturer's equipment manual provides guidelines for preventive maintenance (PM) management of their equipment. It is the responsibility of each user to ensure control exists. Users of phosphine should have a PM program installed and implemented at all sites that process or handle phosphine.

8. Nạp/đóng gói chai khí / *Gas cylinder filling/packaging*

8.1. Cân nhắc về cơ sở nạp / *Filling facility consideration*

- Tham khảo Mục 9 để biết thông tin về các thực hành tốt cho các cơ sở nạp.
Refer to Section 9 for information on good practices for filling facilities.

8.2. Bình chứa / *Containers*

8.2.1. Chai / *Cylinders*

- Phosphine thường được nạp trong các chai thép không hàn hoặc chai hợp kim nhôm với áp suất thử tối thiểu do cơ quan quản lý quy định. Các chai hàn áp suất thấp có thể được chấp nhận cho loại khí này, với sự chấp thuận đặc biệt đã được cấp bởi cơ quan quản lý. Việc chuyển đổi chai phosphine sang các loại khí khác không được khuyến nghị trừ khi tuân theo một quy trình đã được phê duyệt. Tham khảo ISO 11621:1997, Chai khí—Quy trình thay đổi dịch vụ khí và CGA C-10, Hướng dẫn chuẩn bị chai và ống cho dịch vụ khí và thay đổi loại khí chứa để biết thêm thông tin [35, 36].

Phosphine is routinely packaged in seamless steel cylinders or aluminum alloy cylinders with a minimum test pressure set by the regulatory body. Low pressure welded cylinders may be accepted for this service, with special approval that has been granted by the regulatory body. Conversion of phosphine cylinders to other gas services is not recommended unless following an approved procedure. Refer to ISO 11621:1997, Gas cylinders—Procedures for change of gas service and CGA C-10, Guidelines to Prepare Cylinders and Tubes for Gas Service and Changes in Gas Service for further information [35, 36].

- Kích thước chai phosphine và các hỗn hợp của nó bị giới hạn bởi các quy định của chính phủ địa phương. Tại Nhật Bản, kích thước chai tối đa là 49 L và tại Hoa Kỳ là 57 L trừ các hỗn hợp dưới 10% thể tích.

The cylinder size of phosphine and its mixtures are limited by local government regulations. In Japan, maximum cylinder size is 49 L and in the United States is 57 L except for mixtures less than 10 vol%.

- Các chai được sử dụng cho phosphine điện tử độ tinh khiết cao, thường có một quy trình tiền xử lý bên trong đặc biệt để duy trì độ tinh khiết của khí. Quy trình tiền xử lý này được cung cấp bởi nhà cung cấp khí.

Cylinders that are used in high-purity electronic phosphine service, generally have a special internal pretreatment to maintain gas purity. This pretreatment is provided by the gas supplier.

- Các bình phải được chứng nhận và kiểm tra thường xuyên theo các tiêu chuẩn hiện hành. Việc kiểm tra lại bình phải tuân theo các tiêu chuẩn hiện hành hoặc luật và quy định của quốc gia nhà sản xuất bình, tùy theo quy định nào nghiêm ngặt hơn. Các bình không đạt tiêu chuẩn này phải bị loại bỏ khỏi dịch vụ. Nếu bình có thể được sửa chữa để đáp ứng các tiêu chuẩn, nó có thể được đưa trở lại sử dụng; nếu không, nó phải bị loại bỏ.

Containers shall be certified and tested regularly in compliance with applicable standards. Container retest shall follow applicable standards or the container manufacturer's country laws and regulations, whichever is more stringent. Containers failing to meet these standards shall be removed from service. If the container can be repaired to meet the standards, it can be put back to use; otherwise it shall be scrapped.

- Trước khi nạp, cần cẩn thận để đảm bảo rằng bình không bị hư hại. Việc kiểm tra bình trước khi nạp và xác minh chính xác định mức áp suất của chúng trước khi nạp là rất quan trọng.

Before fill, care shall be exercised to ensure that a container has not been damaged. Prefill inspection of containers and correct verification of their pressure rating before filling are very important.

8.2.2. Van và thiết bị giảm áp / *Valves and pressure relief devices*

- Khuyến nghị sử dụng van màng kín cho khí phosphine vì loại van này cung cấp mức độ kín rò rỉ mà van có vật liệu chèn thông thường không thể đạt được. Van màng có thể là loại không sử dụng vật liệu chèn hoặc loại van màng có liên kết cơ khí. Một số khu vực

pháp lý như Hoa Kỳ và Châu Âu bắt buộc phải sử dụng van màng trong các ứng dụng liên quan đến khí phosphine.

It is recommended that diaphragm seal valves be used for phosphine because they provide a level of leak tightness that is not normally achievable with a packed valve. The diaphragm valve can be either a diaphragm pack-less or a tied diaphragm valve. Some jurisdictions such as the United States and Europe, mandate the use of the diaphragm valve such as the United States and Europe.

- Có nhiều loại đầu ra van khác nhau được sử dụng cho phosphine ở Châu Á, Bắc Mỹ và Châu Âu. Điều quan trọng là thiết bị phụ trợ được sử dụng để kết nối với van chai phải có cùng cấu hình ren với đầu ra van chai để đảm bảo kết nối là kín khí. Không khuyến nghị sử dụng bộ chuyển đổi để kết nối với đầu ra van chai. Các quy định về vận chuyển hàng hóa nguy hiểm như của DOT, ADR/RID, Bộ luật Hàng hóa Nguy hiểm Hàng hải Quốc tế (IMDG) và Quy định Mẫu UN TDG, yêu cầu các đầu ra van của chai khí chứa khí tự cháy và/hoặc khí độc hại cao hoặc hỗn hợp khí phải được trang bị nút hoặc nắp kín khí [3, 37, 1].

There are different types of valve outlets that are used for phosphine in Asia, North America, and Europe. It is important that the ancillary equipment used to connect to the cylinder valve be of the same thread configuration as the cylinder valve outlet to insure a leak-tight connection. The use of adapters to connect to the cylinder valve outlet is not recommended. Transportation of dangerous goods regulations such as those for DOT, ADR/RID, International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code, and UN TDG Model Regulations, require that the valve outlets of gas cylinders containing pyrophoric and/or highly toxic gases or gas mixtures are fitted with a gas-tight plug or cap [3, 37, 1].

- Có nhiều loại cửa van chai khác nhau đang được sử dụng hiện nay cho phosphine cũng như tất cả các loại khí. Cũng có nhiều loại ren cổ chai được sử dụng trên toàn thế giới. Ren đầu vào của van phải khớp với ren trên cổ chai. Việc ghép nối các chai và van được sản xuất theo các tiêu chuẩn ren của các quốc gia khác nhau là rất nguy hiểm vì có khả năng van, dưới áp suất, có thể bị bắn ra khỏi chai. Thực hành này phải bị cấm.

There are a variety of different cylinder valve inlets that are in use today for phosphine as well as all gases. There are also a variety of cylinder neck threads that are used worldwide. The threads on the valve inlet shall match the threads on the container neck. It is very dangerous to match cylinders and valves that have been manufactured to different national inlet thread standards since the possibility exists that the valve, under pressure, could be ejected from the cylinder. This practice shall be forbidden.

- Ở hầu hết các quốc gia, PRD bị cấm do độc tính của phosphine. Việc sử dụng PRD cho van chai chứa phosphine là bắt buộc ở một số quốc gia. Ở các quốc gia khác, PRD là tùy chọn nhưng khuyến nghị tránh sử dụng PRD.

In most countries, PRDs are prohibited because of the toxicity of phosphine. The use of PRDs for cylinder valves with phosphine is required in some countries. In other countries, PRDs are optional but it is recommended to avoid using PRDs.

8.2.3. Mật độ nạp / Fill density

- Các bình chứa phải được nạp phosphine và các hỗn hợp theo các yêu cầu của AHJ:
Containers shall be filled with phosphine and mixtures in accordance with the requirements of the AHJ:
 - Ghi chú đóng gói UN P200 hiện cho phép mật độ nạp tối đa là 0.45 kg/L đối với phosphine nạp trong các chai có áp suất thử 30 MPa (300 bar) và 0.30 kg/L đối với chai có áp suất thử 20 MPa (200 bar) [2];
The UN P200 packaging note currently permits a maximum fill density of 0.45 kg/L for phosphine packaged in cylinders with a test pressure of 30 MPa (300 bar) and 0.30 kg/L for a cylinder with a test pressure of 20 MPa (200 bar) [2];
 - Mật độ nạp tối đa cho phosphine ở Nhật Bản là 0.207 kg/L;
The maximum fill density for phosphine in Japan is 0.207 kg/L;

- Tại Hoa Kỳ, mật độ nạp tối đa dựa trên chai chứa đầy lỏng ở 54.4 °C (130 °F) là 0.30 kg/L; Tuy nhiên, theo giấy phép đặc biệt, DOT cho phép mật độ nạp 0.45 kg/L với áp suất thử của chai trên 15.1 MPa (2188 psi); và
In the United States, the maximum fill density based on liquid full cylinder at 54.4 °C (130 °F) is 0.30 kg/L; However, under a special permit, 0.45 kg/L of fill density with the test pressure of the cylinder over 15.1 MPa (2188 psi) is allowed by DOT; and
- Tỷ lệ nạp tối đa cho Châu Âu là 0.3 đối với áp suất thử theo đồng hồ 225 bar và 0.45 đối với áp suất thử đồng hồ 250 bar.
The maximum filling ratio for Europe is 0.3 for 225 bar of the gauge test pressure and 0.45 for 250 bar of the gauge test pressure.

8.3. Thiết bị nạp / *Filling equipment*

- Nhiều quốc gia có quy định về việc xử lý chất thải bị nhiễm phosphine. Bất kỳ thiết bị hoặc vật liệu nào tiếp xúc với khí phosphine nên được xử lý như chất thải nguy hại khi đến thời điểm thải bỏ, trừ khi có bằng chứng chứng minh ngược lại. Quy trình làm sạch và hướng dẫn bảo vệ nhân viên cần được lập thành văn bản và hiểu rõ.
Many countries regulate the disposal of phosphine contaminated wastes. Any equipment or materials in contact with phosphine should be treated as a hazardous waste when the time comes for disposal unless proven otherwise. Clean-up procedures and employee protection guidelines should be documented and understood.
- Các sản phẩm phụ của quá trình oxy hóa phosphine thường là oxit photpho hoặc axit oxy. Rửa bằng peroxide là một phương pháp làm sạch phù hợp cho thiết bị bị nhiễm bẩn.
The by-products of phosphine oxidization typically are phosphorus oxides or oxyacids. Peroxide washing is a suitable cleaning method of contaminated equipment.

8.3.1. Hệ thống ống góp / *Manifolds*

- Các bộ phận của hệ thống ống góp tiếp xúc với quá trình nạp phosphine phải được thiết kế bằng vật liệu tương thích được liệt kê trong tài liệu này. Khi không chịu áp suất phosphine, hệ thống ống góp nên được nạp ngược bằng khí trơ (ví dụ: heli, nitơ, argon) và bịt kín để đảm bảo rằng bất kỳ chất gây ô nhiễm nào cũng được loại trừ khỏi hệ thống ống góp.
Manifold components in contact with phosphine filling shall be designed with compatible materials listed in this publication. When not under phosphine pressure, manifolds should be backfilled with an inert gas (for example, helium, nitrogen, argon) and plugged to ensure that any contaminants are excluded from the manifold system.
- Các giàn nạp phải được đặt ở những khu vực thông gió tốt. Để giảm lượng khí có thể thoát ra trong sự cố và giảm lãng phí, nên ưu tiên sử dụng ống có đường kính nhỏ và chiều dài ngắn. Giàn nạp phải được chế tạo bằng cách sử dụng các mối nối hàn và mối nối kiểu làm kín bằng mặt kim loại. Tránh sử dụng các mối nối ren. Việc sử dụng các mối nối cơ khí cần được hạn chế ở mức tối thiểu.
Filling manifolds should be located in well-ventilated areas. To reduce potential quantity of gas released in an incident and reduce waste, small diameter tubing and lengths are preferred. The filling manifold should be made utilizing welded fitting and metal face seal fitting. The use of threaded fitting should be avoided. The use of mechanical fittings should be minimized.
- Để kiểm tra rò rỉ hệ thống và các thực hành thông thổi, tham khảo 6.7.
For system leak tests and purge practices, refer to 6.7.

8.3.2. Máy nén / *Compressors*

- Vì phosphine là một chất khí tự cháy và hóa lỏng, máy nén thường không được sử dụng cho khí tinh khiết.
Since phosphine is a pyrophoric and liquefied gas, compressors are not normally used for pure gas.

8.3.3. Bơm chân không / *Vacuum pumps*

- Các bơm chân không tiếp xúc với phosphine thường là bơm khô, mặc dù có thể sử dụng bơm kín dầu. Khuyến nghị sử dụng bơm khô để loại bỏ các lo ngại về nhiễm bẩn dầu. Việc sử dụng bơm dầu hydrocarbon không gây nguy hiểm và có thể được sử

dụng. Tuy nhiên, bơm ướt có nguy cơ bị nhiễm bẩn dầu bởi phosphine và yêu cầu quản lý chất thải cũng như trang bị bảo hộ cá nhân (PPE). Bất kỳ phản ứng nào với không khí có thể nhanh chóng làm hỏng bơm chân không và có thể gây ra sự cố nghiêm trọng khi nồng độ phosphine cao hơn.

Vacuum pumps in contact with phosphine are typically dry pumps although oil sealed pumps may be used. Dry pumps are recommended to eliminate oil contamination concerns. The use of a hydrocarbon oil pump does not present a hazard and can be used. However, wet pumps risk oil contamination by phosphine and waste management and PPE are required. Any possible air reaction can quickly foul the vacuum pump and could cause a serious incident under higher phosphine concentrations.

- Bơm kín dầu (ướt) có khả năng dầu chảy ngược nếu các rào cản chảy ngược không được duy trì. Nếu chảy ngược xảy ra, nhiễm bẩn phosphine (và hệ thống ống góp) có thể xảy ra và thời gian ngừng hoạt động/làm sạch có thể kéo dài. Nhân viên phải cẩn thận khi thực hiện bảo trì bơm chân không, đặc biệt đối với bơm kín dầu (ướt) nơi dầu đã hấp thụ phosphine.

Oil sealed (wet) pumps have the potential for oil backstreaming if backstreaming barriers are not maintained. If backstreaming occurs, phosphine (and system manifold) contamination can occur and downtime/clean up can be lengthy. Personnel shall exercise care when performing vacuum pump maintenance, especially for oil sealed (wet) pumps where the oil has absorbed phosphine.

8.3.4. Đồng hồ áp / **Pressure gauges**

- Các đồng hồ áp suất được sử dụng để giám sát áp suất trong hệ thống phosphine. Có thể sử dụng đồng hồ áp dạng cơ và dạng điện tử khi cần thiết. Tuy nhiên, cần xem xét thể tích chết của đồng hồ áp cùng với khả năng xả khí trơ dễ dàng. Đồng hồ phải được bố trí sao cho người vận hành dễ dàng quan sát. Vì phosphine là chất dễ cháy, việc sử dụng đồng hồ áp điện tử (hoạt động bằng điện) phải đảm bảo an toàn nội tại (thông qua điện áp thấp hoặc rào chắn điện) ở điện áp thấp để tránh nguy cơ phát sinh nguồn đánh lửa.

Pressure gauges are used to monitor the pressure within the phosphine system. Analog and digital pressure gauges may be used as necessary. However, the pressure gauge dead volume should be considered along with ease of inert gas purge. Gauges shall be placed so they are easily monitored by the operator. Since phosphine is flammable, the use of digital pressure gauges (operated by electricity) should be intrinsically safe (via low voltage or electrical barriers) at low voltage to avoid ignition source potential.

9. Tồn chứa và Thao tác / **Storage and Handling**

- Các thực hành tốt về tồn chứa và sử dụng phosphine được liệt kê trong các phần sau.
Good practices for storage and use of phosphine are listed in the following sections.

9.1. Hướng dẫn chung / **General guidelines**

- Tất cả các cơ sở phải có kế hoạch ứng phó khẩn cấp bao gồm kế hoạch xử lý rò rỉ khí và sơ tán khẩn cấp (thêm thông tin có sẵn trong AIGA 004, Thao tác khẩn cấp bình khí và AIGA 083, Thải bỏ khí) [38, 11];

All facilities shall have an emergency response plan that includes the plan for gas releases and emergency evacuation (more information is available in AIGA 004, Handling gas container emergencies and AIGA 083, Disposal of Gases) [38, 11];

- SDS phải có sẵn để tham khảo;
SDS shall be available for reference;

- Việc giữ gìn vệ sinh tốt là rất cần thiết, ví dụ, giữ vật liệu dễ cháy tránh xa khu vực tồn chứa hoặc sử dụng bình;
Good housekeeping is essential, for example, keeping combustible material away from container storage or use areas;

- Kiểm tra côn trùng hoặc vật lạ trước khi tháo nắp bảo vệ van;
Check for insects or foreign material before removing the valve protection cap;

- Nắp cửa ra van chai phosphine phải được lắp đặt trừ khi đang được nạp hoặc sử dụng;
Phosphine cylinder valve outlet caps shall be installed except when being filled or in use;

- Luôn cố định (xếp so le, xếp lên pallet, hoặc có xích chằng) các bình dù trong quá trình vận chuyển, tồn chứa, hay sử dụng;
Always secure (nested, palletized, or chained) the containers whether during transportation, storage, or use;
- Không bao giờ tạo hồ quang (bằng điện cực hàn) trên bình;
Never strike an arc (with welding electrode) on the container;
- Không bao giờ cho phép các bình tiếp xúc với mạch điện;
Never allow containers to contact electrical circuits;
- Không bao giờ để các bình tiếp xúc với hóa chất hoặc hơi ăn mòn, ví dụ, thuốc tẩy hoặc nước biển; và
Never expose containers to corrosive chemicals or vapors, for example, bleach or seawater; and
- Van bình phải được đóng chặt và nắp bảo vệ van ở đúng vị trí trong tất cả các hoạt động tồn chứa và thao tác.
Container valves shall be securely closed and valve protection caps in-place during all storage and handling operations.

9.2. Tồn chứa / Storage

9.2.1. Phân tách / Segregation

- Các bình đầy và rỗng nên được phân tách. Các bình có khí dư nên được xử lý như thể chúng đang đầy;
Full and empty containers should be segregated. Containers with residual gas should be treated as if they were full;
- Nhóm các bình theo mỗi nguy cơ mà chúng gây ra;
Group containers according to the gas hazard they pose;
- Phosphine phải được tồn chứa ở những khu vực thông gió tốt, tránh xa các loại khí không tương thích (chất oxy hóa, khí tự cháy, v.v.), khí dễ cháy, lỏng dễ cháy, ngọn lửa trần, tia lửa và nguồn nhiệt. Các nhóm không tương thích phải được phân tách bằng khoảng cách yêu cầu hoặc bằng vách ngăn cháy. Nếu cơ quan có thẩm quyền địa phương không quy định khoảng cách, khuyến nghị khoảng cách ít nhất 6 m (20 ft). Tham khảo EIGA Doc 189, Tính toán khoảng cách gây hại và không gây hại cho việc tồn chứa và sử dụng khí độc, CGA P-1, Tiêu chuẩn thao tác an toàn khí nén trong bình, và NFPA 55, Quy tắc khí nén và lỏng siêu lạnh, Chương 7 [39, 40, 24]; và
Phosphine shall be stored in well-ventilated areas, away from incompatible gases (oxidizers, pyrophoric gases, etc.), flammable gases, flammable liquids, open flames, sparks, and sources of heat. Incompatible groups shall be separated by required distances or by fire partition. If the local jurisdiction does not specify the distance, at least 6 m (20 ft) separation is recommended. Refer to EIGA Doc 189, The Calculation of Harm and No-Harm Distances for the Storage and Use of Toxic Gases, CGA P-1, Standard for Safe Handling of Compressed Gases in Containers, and NFPA 55, Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code, Chapter 7 [39, 40, 24]; and
- Khoảng cách 5 m (16.4 ft) giữa phosphine và các thiết bị điện không được phân loại chống cháy nổ về điện được khuyến nghị khi không có bất kỳ hướng dẫn quy định nào.
A 5 m (16.4 ft) separation of phosphine from electrical devices that are not electrically classified explosion-proof is recommended in the absence of any regulatory direction.

9.2.2. Điều kiện tồn chứa / Storage condition

- Thực hiện quản lý chai theo nguyên tắc nhập trước xuất trước (FIFO);
Practice first in, first out (FIFO) cylinder management;
- Bình phải được tồn chứa trong điều kiện khô ráo;
Containers should be stored under dry conditions;
- Bình phải được tồn chứa trên mặt phẳng để giảm thiểu nguy cơ đổ;
Containers should be stored on level ground to minimize toppling;
- Tồn chứa bình để ngăn nhiệt độ của bình vượt quá hướng dẫn quốc gia;

Store containers to prevent the temperature of the containers from exceeding the national guideline;

- Lượng phosphine tồn chứa phải không vượt quá thiết kế của cơ sở và phải tuân thủ các quy định hiện hành;
The quantity of phosphine stored shall not exceed the design of the facility and shall comply with applicable regulations;
- Chai khí được tồn chứa đứng phải được cố định (xếp so le, đặt trên pallet hoặc xích chằng) để ngăn đổ ngã nhiên. Chai khí nén tiêu chuẩn được thiết kế để tồn chứa theo chiều dọc. Trong những trường hợp này, phải thực hiện các biện pháp phòng ngừa để đảm bảo chúng được cố định khỏi bị đổ;
Cylinders when stored vertically shall be secured (nested, palletized, or chained) to prevent accidental tip over. Standard compressed gas cylinders are designed to be stored vertically. In these cases, precaution shall be taken to ensure that they are secured from falling;
- Các chai nhỏ khác như chai thí nghiệm thuận tiện hơn khi được tồn chứa theo chiều ngang. Tuy nhiên, một số quy định địa phương có thể yêu cầu tồn chứa theo chiều dọc đối với khí hóa lỏng độc hại, đặc biệt khi được trang bị PRD;
Other small cylinders such as lecture bottles are more conveniently stored horizontally. However, some local regulations may require vertical storage for toxic liquefied gases, especially when equipped with PRDs;
- Cấu trúc hạn chế thiệt hại như tường giảm áp hoặc mái chống nổ phải được tích hợp vào thiết kế phòng nếu khí dễ cháy được tồn chứa với số lượng lớn trong nhà. Tường hoặc mái này được thiết kế để cho phép tiêu tán áp suất phát sinh từ một vụ nổ; và
Damage limiting construction such as an energy relief wall or blast roof should be incorporated into the room design if flammable gases are stored in large quantities indoors. This wall or roof is designed to allow dissipation of pressure arising from an explosion; and
- Có những quốc gia không cho phép tồn chứa phosphine ngoài trời. Tại Hoa Kỳ, việc tồn chứa ngoài trời được cho phép trong những trường hợp cụ thể.
There are countries that do not permit outdoor storage of phosphine. In the United States, outdoor storage is allowed under specific circumstances.

9.3. Thao tác / *Handling*

9.3.1. Những điều cần thiết / *Essentials*

- Nhân viên thao tác chai phosphine phải được đào tạo;
Personnel handling phosphine cylinders shall be trained;
- Sử dụng vật liệu xây dựng tương thích để thao tác phosphine. Thông tin này có thể lấy từ SDS và 6.1 và 6.2. của ấn phẩm này;
Use materials of construction compatible for handling phosphine. This information can be obtained from the SDS and 6.1 and 6.2. of this publication;
- Luôn mang PPE khi thao tác bình khí. Phải mang giày bảo hộ mũi thép, kính bảo hộ có tấm chắn bên và găng tay da. PPE bổ sung (ví dụ: quần áo chống cháy/chống tĩnh điện, bảo vệ hô hấp như mặt nạ lọc khí hoặc SCBA) phải được xem xét và xác định sau khi đánh giá rủi ro; và
Always wear PPE when handling gas containers. Steel-toed safety shoes, safety glasses with side shields, and leather gloves shall be worn. Additional PPE (for example, flame-resistant/antistatic clothing, respiratory protection such as gas filter or SCBA) shall be considered and determined after a risk assessment; and
- Tất cả đường ống, tủ và thiết bị dùng để thao tác phosphine phải được nối đất/tiếp địa về điện.
All piping, cabinets, and equipment used to handle phosphine shall be electrically earthed/grounded.

9.3.2. Các biện pháp phòng ngừa / *Precautions*

- Việc nạp và sử dụng phosphine phải được thực hiện trong các buồng kín có hệ thống thông gió hoặc phòng có khí thải được xử lý xuống mức chấp nhận được trước khi thải vào khí quyển. Để xác định khoảng cách an toàn, tham khảo EIGA Doc 189 [39];
Filling and use of phosphine shall be done in exhausted enclosures or rooms with the discharge treated to less than acceptable levels before emission into the atmosphere. To determine safety distances, refer to EIGA Doc 189 [39];
- Chỉ tháo nắp đầu ra van hoặc kết nối từ từ trong các buồng kín có hệ thống thông gió hoặc sử dụng thiết bị bảo vệ hô hấp và tìm kiếm dấu hiệu rò rỉ trước khi tháo hoàn toàn;
Remove valve outlet cap or connection(s) slowly only in exhausted enclosures or using respiratory protection and look for signs of leakage before removing completely;
- Luôn đứng về phía nắp đầu ra van hoặc kết nối khi tháo nắp hoặc ngắt kết nối; và
Always stand at the side of the valve outlet cap or connection when removing the cap or breaking a connection; and
- Luôn mở van từ từ và cẩn thận.
Always open valves slowly and carefully.

9.3.3. Kiểm tra / *Checking*

9.3.3.1. Bình / *Container*

- Kiểm tra độ sạch của đầu ra van và ống nối mềm;
Inspect for cleanliness of the valve outlet and pigtails;
- Kiểm tra rò rỉ bình và kết nối trước khi sử dụng;
Leak check containers and connection before use;
- Trước khi vào, các không gian kín chứa khí độc hại cao, bao gồm cả bình vận chuyển, phải được kiểm tra rò rỉ khí độc khi không có hệ thống phát hiện cố định được bảo trì; và
Before entry, enclosed spaces containing highly toxic gas, including shipping containers, should be checked for leaks of the toxic gas in the absence of a maintained stationary detection system; and
- Nếu phát hiện bất kỳ vấn đề nào, thay chai khác và cố định nắp đầu ra, đồng thời liên hệ với người giám sát hoặc nhà cung cấp chai.
If any problems are found, replace and secure the outlet cap and contact your supervisor or the cylinder supplier.

9.3.3.2. Hệ thống đường ống / *Piping*

- Luôn thông thổi hệ thống đường ống bằng khí trơ:
Always purge piping systems with inert gas:
 - Trước khi đưa phosphine vào
Before introduction of phosphine
 - Trước khi ngắt kết nối chai phosphine; và
Before disconnection of phosphine cylinders; and
 - Việc hút chân không cũng được khuyến nghị để hỗ trợ hệ thống thông thổi.
Application of a vacuum is also recommended to aid in the purging system.

9.3.4. Nghiêm cấm và hạn chế / *Prohibition and restrictions*

- Người dùng phải không được sử dụng đầu chuyển đổi để kết nối bình;
Users shall not use adaptors to connect containers;
- Không siết quá chặt van, tay van, kết nối hoặc nắp đầu ra. Tuân thủ khuyến nghị của nhà sản xuất;
Do not overtighten valves, handwheels, connections, or outlet caps. Follow manufacturer's recommendations;
- Không bao giờ kéo lê hoặc trượt bình;
Never drag or slide the containers;

- Không bao giờ nâng bình bằng nắp bảo vệ van;
Never lift the container by the valve protection cap;
- Sử dụng xe đẩy chai hoặc thiết bị di chuyển để giảm thiểu việc lăn chai;
Use cylinder trolleys or moving devices to minimize rolling of cylinders;
- Không bao giờ sử dụng chai làm con lăn để di chuyển thiết bị;
Never use cylinders as a roller to move equipment;
- Việc sử dụng các thiết bị điện tử cầm tay (ví dụ: điện thoại di động và bộ đàm) có thể bị cấm tùy thuộc vào phân loại điện của khu vực;
Use of portable electronic devices (for example, cellular phones and walkie-talkies) may be prohibited depending on the electrical classification of the area;
- Nghiêm cấm các nguồn gây cháy (ví dụ: hút thuốc lá);
Prohibit sources of ignition (for example, cigarette smoking);
- Đảm bảo rằng thiết bị điện gần phosphine hoặc hỗn hợp phosphine có phân loại điện phù hợp. Tham khảo Ủy ban Kỹ thuật Điện Quốc tế (IEC) hoặc NFPA 70, National Electrical Code® (NEC) [41, 25]; và
Ensure that electrical equipment near phosphine or phosphine mixtures is of the appropriate electrical classification. Consult International Electrotechnical Commission (IEC) or NFPA 70, National Electrical Code® (NEC) [41, 25]; and
- Các công cụ không phát tia lửa được khuyến nghị sử dụng khi làm việc gần phosphine và được yêu cầu bởi một số khu vực pháp lý.
Non-sparking tools are recommended to be used when working around phosphine and are required by some jurisdictions.

9.4. An ninh / Security

- Vì hậu quả của việc tiếp xúc với phosphine rất nghiêm trọng và có thể lan rộng, các biện pháp an ninh phải được thực hiện để ngăn chặn nhân viên không được phép tiếp cận chai phosphine. Để biết thêm chi tiết, tham khảo AIGA 003, Hướng dẫn an ninh, EIGA Doc 907 Hướng dẫn an ninh, hoặc CGA P-50, Tiêu chuẩn an ninh tại cơ sở [42, 43, 44].
Since the consequences of exposure to phosphine are severe and can be widespread, security measures should be implemented to prevent access to phosphine cylinders by unauthorized personnel. For more details, refer to AIGA 003, Security guidelines, EIGA Doc 907 Security guidelines, or CGA P-50, Site Security Standard [42, 43, 44].
- Chính sách bán hàng đối với phosphine phải được thiết lập. Phải được xác minh thông qua việc xem xét kỹ lưỡng trước khi phê duyệt việc mua hàng và thực hiện giao hàng rằng khách hàng có lý do hợp lệ để mua phosphine và rằng hồ sơ theo dõi trong quá trình vận chuyển phosphine phải được cấp và lưu giữ.
A sale policy for phosphine shall be in place. It shall be verified by a thorough review before the purchase being approved and the delivery being made that the customer has a valid reason to purchase phosphine and that the tracking records during shipment of phosphine shall be issued and kept.

10. Cung cấp khí đến điểm sử dụng / Gas supply to point-of-use

- Hệ thống cung cấp khí phải được đặt trong khu vực thông gió tốt. Tủ khí hoặc buồng có thông gió phải được sử dụng cho hệ thống cung cấp phosphine. Phải có quy định để xử lý các trường hợp khẩn cấp như rò rỉ trong hệ thống cung cấp.
Gas supply systems shall be located in a well-ventilated area. Gas cabinets or ventilated enclosure shall be used for phosphine supply systems. Provision shall be made to deal with emergencies such as leaks in the supply system.

10.1. Kiểm soát đường ống công nghệ / Process line control

- Khí thông thổi trợ chuyên dụng phải được sử dụng để thông thổi hệ thống phosphine trong quá trình vận hành thử hệ thống, trước và sau khi bảo trì, và trước và sau khi thay chai. Để đảm bảo rằng nguồn cung cấp khí thông thổi không bị nhiễm phosphine, một thiết bị ngăn dòng chảy ngược phải được cung cấp trong hệ thống thông thổi. Một hệ thống thông thổi chuyên dụng có thể bao gồm một chai, một nhóm chai, hoặc một đường cấp áp suất cao riêng biệt có thể là một

phần của hệ thống lớn hơn. Điều này có thể tránh rủi ro cấp ngược qua hệ thống khí thông thổi vào một hệ thống cung cấp khí quy trình không tương thích khác.

A dedicated inert purge gas shall be used to purge the phosphine system during commissioning of the system, before and after maintenance, and before and after cylinder change. To ensure that the purge gas supply does not become contaminated with phosphine, a backflow prevention device shall be provided in the purge system. A dedicated purge system may consist of a cylinder, a bundle, or a separate high pressure supply line that may be a part of a larger system. This can avoid the risk of backfeeding via the purge gas system into another incompatible process gas supply system.

- Phải thực hiện các biện pháp phòng ngừa để đảm bảo rằng phosphine không vô tình tiếp xúc với bất kỳ chất oxy hóa hoặc nguồn gây cháy nào.
Precautions should be taken to ensure that phosphine does not inadvertently come into contact with any oxidizer or a source of ignition.

10.2. Bộ điều áp / *Regulators*

- Bộ điều áp được sử dụng trong hệ thống cung cấp phosphine để giảm và kiểm soát áp suất từ nguồn áp suất cao xuống áp suất làm việc an toàn để sử dụng. Tất cả các bộ phận bên trong bộ điều áp phải tương thích với phosphine trong điều kiện hoạt động bình thường.

Regulators are used in phosphine delivery systems to reduce and control the pressure from a high pressure source to a safe working pressure for use. All internal regulator parts should be compatible with phosphine under normal operating conditions.

- Bộ điều áp cho các ứng dụng bán dẫn có chức năng tương tự, nhưng có các tính năng khác so với bộ điều áp được thiết kế để sử dụng chung. Bộ điều áp được thiết kế để kiểm soát phosphine trong các quy trình bán dẫn thường được chế tạo bằng thép không gỉ 316L (SS) hoặc các hợp kim tương thích khác và đôi khi có thể được đánh bóng điện hóa. Phosphine là một loại khí tự cháy đòi hỏi các biện pháp bảo vệ bổ sung trong cấu tạo vật liệu. Màn chắn đàn hồi phải không được sử dụng để tránh khả năng khuếch tán phosphine và khả năng khuếch tán các chất gây ô nhiễm bị hấp phụ trên màn chắn đàn hồi. Một khi bộ điều áp đã được sử dụng trong dịch vụ phosphine, nó không nên được sử dụng cho dịch vụ khí khác. Lỗ xả nắp bộ điều áp phải được nối ống đến hệ thống giảm thiểu thải bỏ an toàn hoặc vị trí an toàn. Xem 6.3.

A regulator for semiconductor applications is functionally the same, but has different features than those of a regulator designed for general duty use. Regulators designed for controlling phosphine in semiconductor processes are typically constructed of 316L stainless steel (SS) or other compatible alloys and may be, at times, electropolished. Phosphine being a pyrophoric gas requires additional safeguards in material construction. Elastomeric diaphragms shall not be used to avoid the potential of phosphine diffusion and the potential diffusion of contaminants that are adsorbed on elastomeric diaphragms. Once a regulator has been used in phosphine service, it should not be used for other gas service. The regulator bonnet vent shall be piped to a safe disposal abatement system or safe location. See 6.3.

11. Hệ thống xử lý khí thải / *Gas abatement systems*

- Vì phosphine là vật liệu rất độc và tự cháy trong không khí, một hệ thống xử lý khí thải phải được sử dụng để kiểm soát mọi khí thải dù có dự kiến hay không.

Since phosphine is a highly toxic and pyrophoric material, a gas abatement system shall be used to control any emission whether anticipated or not.

- Phương pháp xử lý tốt nhất phụ thuộc vào việc phosphine đang được thao tác dưới dạng sản phẩm tinh khiết, pha loãng trong hỗn hợp, hay trộn lẫn với các sản phẩm phụ khác. Việc thu hồi toàn bộ sản phẩm có xu hướng được thực hiện tại các cơ sở sản xuất. Sau khi sử dụng trong một quy trình, ô nhiễm và các vấn đề khác khi sử dụng phương pháp xử lý hóa học có thể mang lại giải pháp tốt hơn. Một hệ thống xử lý như vậy có thể xử lý các chất gây ô nhiễm khác trong hệ thống. Việc thải bỏ phosphine bằng bất kỳ phương tiện nào phải được thực hiện theo cách chấp nhận được về mặt môi trường và tuân thủ tất cả các quy định hiện hành. Để biết thêm thông tin về thải bỏ khí, tham khảo AIGA 083 [11].

The best method of abatement depends on whether the phosphine is being handled as a pure product, diluted in a mixture, or mixed with other by-products. Full product recovery tends to be practiced at manufacturing facilities. After use in a process, contamination and other issues using chemical abatement may offer better solutions. Such an abatement system could be capable of dealing with other contaminants in the system. Disposal of phos-

phine by any means shall be done in an environmentally acceptable manner in compliance with all applicable regulations. For more information on disposal of gases, refer to AIGA 083 [11].

- Một người có năng lực và kiến thức về thao tác và xử lý phosphine nên thiết kế thiết bị.
A competent person knowledgeable in the handling and processing phosphine should design the equipment.

11.1. Các nguyên tắc cơ bản của xử lý / *Basic principles of abatement*

- Sau đây là các phản ứng hóa học điển hình và hấp phụ vật lý:
The following are the typical chemical reactions and physical adsorptions:
 - Thu hồi hoặc tái chế thông qua thu hồi siêu lạnh
Reclamation or recovery via cryogenic recovery
 - Oxy hóa thông qua đốt
Oxidation via incineration
$$2\text{PH}_3 + 4\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O}$$
 - Oxy hóa thông qua tháp rửa ướt
Oxidation via wet scrubber
$$\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_4 \text{ hoặc}$$
$$\text{PH}_3 + 4\text{OCl}^- \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{Cl}^-$$
 - Hấp thụ/hấp phụ và phản ứng trên chất rắn đã xử lý (với oxit kim loại)
Absorption/adsorption and reaction on a treated solid (with metallic oxides)
$$3\text{CuSO}_4 + 2\text{PH}_3 \rightarrow \text{Cu}_3\text{P}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ hoặc / or}$$
$$6\text{FeCl}_3 + \text{PH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{FeCl}_2 + \text{H}_3\text{PO}_3 + 6\text{HCl}$$
 - Hấp phụ vật lý trên vật liệu rắn
Physical adsorption on solid media
$$\text{PH}_3 + \text{C} \rightarrow \text{C}[\text{PH}_3] \text{ (C : Than hoạt tính / Activated Carbon)}$$

11.1.1. Thu hồi hoặc tái chế / *Reclamation or recovery*

- Thu hồi phosphine không phải là phương pháp thải bỏ, như thường được hiểu. Kỹ thuật này dùng để thu hồi khí dư và đưa phosphine trở lại các bình chứa phù hợp một cách an toàn. Sau khi được thu hồi, phosphine phải được xử lý lại, tinh chế và phân tích trước khi được tái sử dụng. Tuy nhiên, do đặc tính tự cháy trong không khí của phosphine, người sử dụng phosphine thông thường không nên thực hiện việc thu hồi phosphine.
Reclamation of phosphine is not a disposal method, as usually understood. This technique is for reclaiming residual gas and returning the phosphine safely to suitable containers. Once reclaimed, phosphine has to be reprocessed, purified, and analyzed before being reused. However, due to the pyrophoric characteristic of phosphine, the typical phosphine user should not perform reclamation of phosphine.
- Tất cả các loại thu hồi đều được khuyến nghị mạnh mẽ vì lợi ích môi trường và bảo tồn vật liệu và năng lượng.
All types of reclamation are strongly recommended both in the interests of the environment and the conservation of materials and energy.
- Nhà cung cấp vật liệu có chuyên môn cần thiết về thao tác sản phẩm và chiết nạp bình là người phù hợp nhất để thu hồi phosphine dạng khí. Phosphine không nên được thu hồi vào một bình và trả lại mà không có sự cho phép bằng văn bản của chủ sở hữu bình.
The supplier of the material who has the necessary product handling and container filling expertise is best suited for reclamation of gaseous phosphine. Phosphine should not be reclaimed to a container and returned without the written authority of the owner of the container.
- Một số người dùng thu gom phosphine vào các bình khí để xử lý bên ngoài cơ sở.
Some users collect the phosphine into cylinders for treatment offsite.

11.1.2. Oxy hóa thông qua đốt / *Oxidation via incineration*

- Mặc dù việc đốt phân tử phosphine có thể được thực hiện một cách thỏa đáng, việc thu giữ sản phẩm phụ bị oxy hóa đòi hỏi thiết bị bổ sung. Khi phosphine cháy, nó tạo ra một

đám mây khói trắng dày đặc của điphotpho pentaoxit (P_2O_5). Việc trung hòa thứ cấp và làm sạch các oxit photpho hoặc axit oxy là rất quan trọng để bảo vệ nhân viên.

While burning the phosphine molecule can be done satisfactorily, capturing the oxidized by-product requires additional equipment. When phosphine burns, it produces a dense white cloud of phosphorus pentoxide (P_2O_5) fumes. Secondary neutralization and cleanup of the phosphorus oxides or oxyacids is critical to employee protection.

- Để biết các hành động xử lý tiếp theo đối với sản phẩm phụ phosphine bị oxy hóa được tạo ra, tham khảo 11.1.3.

For follow up abatement actions for the oxidized phosphine by-product generated, refer to 11.1.3.

11.1.3. Oxy hóa thông qua tháp rửa ướt / *Oxidation via wet scrubber*

- Tháp rửa ướt điển hình được sử dụng cho phosphine là tháp đệm ngược dòng.

The typical wet scrubber used for phosphine is a counter current packed tower.

- Nên có các sắp xếp phù hợp để đảm bảo hệ thống được giám sát và tắt trong trường hợp khí thải bị rò rỉ hoặc có các lo ngại về cháy nổ không kiểm soát được. Bởi vì phosphine có thể tự bốc cháy khi tiếp xúc với không khí, ngay cả với nồng độ phosphine thấp tính bằng ppm (thấp hơn nhiều so với nồng độ 1% để tránh điểm tự bốc cháy). Các yếu tố cần được xem xét khi sử dụng tháp rửa ướt bao gồm:

Suitable arrangements should be made to ensure the system is monitored and shut down in the event of waste gas breakthrough or uncontrolled flammable concerns. Because the phosphine can autoignite on contact with air, even with low ppm phosphine concentrations (much less than 1% concentration to avoid the autoignition point). Factors to be taken into account when utilizing a wet scrubber include:

- Lưu lượng phosphine đầu vào;
Phosphine input flow rate;
- Kiểm soát pH của dung dịch hấp thụ;
pH control of the absorbent liquor;
- Nồng độ phosphine tính bằng ppm và thấp hơn nhiều so với 1%;
Phosphine concentrations in ppm and much less than 1%;
- Nhiệt độ của dung dịch hấp thụ;
Temperature of the absorbent liquor;
- Nên có các quy định để giám sát cả dòng đầu vào và đầu ra về nồng độ phosphine;
Provisions should be made to monitor both the inlet and outlet stream for phosphine concentration;
- Kiểm soát lưu lượng nên được lắp đặt trong dòng phosphine thải để cho phép lưu lượng khí phù hợp với công suất của tháp rửa;
Flow control should be installed in the waste phosphine stream to enable the gas flow to be matched to the capacity of the scrubber;
- Kiểm soát áp suất nên được lắp đặt trong dòng phosphine thải để cho phép lưu lượng khí phù hợp với công suất hoạt động của tháp rửa;
Pressure control should be installed in the waste phosphine stream to enable the gas flow to be matched to the operating capacity of the scrubber;
- Thông thổi bằng khí trơ khi cần thiết để tạo điều kiện làm sạch đường ống công nghệ; và
Use of inert purge as necessary to facilitate process line clean up; and
- Cần xem xét điểm xả từ khí thải của tháp rửa, cách xa các hệ thống hút khí, luồng khí đi xuống và khu vực nhân viên.
Consideration of discharge point from the scrubber exhaust, well away from air intake systems, downdrafts, and personnel areas.
- Để ngăn ngừa nguy cơ dung dịch hấp thụ bị hút ngược vào hệ thống, các biện pháp kiểm soát nên được áp dụng. Cần xem xét việc sử dụng thiết bị không phát tia lửa vì phosphine dễ cháy. Để đảm bảo hiệu suất an toàn và hiệu quả, việc giám sát các điều kiện quy trình cũng như hiệu quả xả khí của tháp rửa nên được xem xét cẩn thận.

To prevent the risk of absorbent liquor sucking back into the system, controls should be in place. Consideration should be given to the use of non-sparking equipment as phosphine is flammable. To ensure safe and efficient performance, monitoring of process conditions as well as the scrubber gas discharge effectiveness should be carefully considered.

- Các dung dịch oxy hóa có thể bao gồm các dung dịch lỏng kali permanganat hoặc natri hypoclorit hoặc dung dịch kiềm và hoạt động tốt đối với nồng độ phosphine thấp.
Oxidizing solutions may consist of liquid solutions of potassium permanganate or sodium hypochlorite or caustic solutions and work well for low concentrations of phosphine.
- Việc sử dụng tháp rửa ướt với nồng độ phosphine cao hơn (lớn hơn 1%) nên được thiết kế cẩn thận để xử lý đặc tính tự cháy trong không khí của phosphine.
Use of a wet scrubber with higher concentrations of phosphine (greater than 1%) should be carefully engineered to address the pyrophoric characteristic of phosphine.

11.1.4. Hấp thụ/hấp phụ và phản ứng trên chất rắn đã xử lý (với oxit kim loại) / *Absorption/adsorption and reaction on a treated solid (with metallic oxides)*

- Phosphine được đưa trực tiếp vào một bình chứa một lớp chất hấp phụ rắn. Điều quan trọng là phải giữ dòng khí trong môi trường khí trơ để ngăn chặn sự tự bốc cháy của phosphine tự cháy trong không khí. Có nhiều chất hấp thụ rắn có sẵn có khả năng hấp thụ/hấp phụ mạnh mẽ và dễ dàng phản ứng với phosphine. Sự đơn giản và tính di động của một bộ hấp thụ trạng thái rắn nhỏ có thể ưu tiên lựa chọn phương pháp này trong một số điều kiện khẩn cấp nhất định. Tuy nhiên, công suất rất hạn chế đối với lượng phosphine có thể được hấp thụ/hấp phụ trên vật liệu.
Phosphine is fed directly into a vessel containing a bed of solid adsorbent. It is critical to keep the gas stream under an inert environment to prevent autoignition of the pyrophoric phosphine. There are many solid absorbents available that strongly and readily absorb/adsorb and react with phosphine. Simplicity and portability of a small solid-state absorber may favor the choice of this method under certain emergency conditions. However, capacity is very limited to the amount of phosphine that can be absorbed/adsorbed on the media.
- Trong ấn phẩm này, các thuật ngữ hấp thụ và hấp phụ được sử dụng thay thế cho nhau. Các yếu tố cần được xem xét khi sử dụng bộ hấp thụ trạng thái rắn bao gồm:
In this publication, the terms absorption and adsorption are used interchangeably. Factors to be taken into account when utilizing the solid-state absorber include:
 - Tốc độ thải bỏ phosphine yêu cầu;
Required phosphine disposal rate;
 - Lượng phosphine cần thải bỏ;
Quantity of phosphine to be disposed;
 - Tần suất chấp nhận được của việc thay đổi lớp hấp thụ hoặc hệ thống;
Acceptable frequency of changing the absorbent bed or system;
 - Nồng độ của dòng phosphine được đưa vào lớp hấp thụ;
Concentration of the phosphine stream delivered into the absorber bed;
 - Ảnh hưởng của sự tăng nhiệt độ từ phản ứng giữa phosphine và chất hấp thụ;
Temperature rise effects from reaction between the phosphine and the absorbent;
 - Hệ thống phân phối bên trong lớp hấp thụ để ngăn chặn sự tạo kênh và sự thấm qua sớm của phosphine chưa phản ứng;
Distribution system within the absorber bed to prevent channeling and premature breakthrough of unreacted phosphine;
 - Kích thước hạt chất hấp thụ: Nhìn chung, các hạt nhỏ mang lại diện tích tiếp xúc lớn, tương ứng với hiệu quả cao hơn. Tuy nhiên, kích thước hạt nhỏ có thể dẫn đến tắc nghẽn hoặc sụt áp cao và xu hướng tạo kênh và thấm qua sớm của phosphine chưa phản ứng;
Absorbent particle size: Generally small particles give a high contact area, which corresponds to greater efficiency. However, small particle sizes can lead to pluggage or high pressure drops and a tendency of channeling and premature breakthrough of unreacted phosphine;
 - Cần có các quy định để giám sát nồng độ phosphine ở cả dòng vào và dòng ra;

Provisions should be made to monitor both the inlet and outlet stream for phosphine concentration;

- Việc kiểm soát lưu lượng phải được lắp đặt trong dòng phosphine thải để cho phép lưu lượng khí phù hợp với công suất của lớp hấp thụ;
Flow control should be installed in the waste phosphine stream to enable the gas flow to be matched to the capacity of the absorber bed;
- Việc kiểm soát áp suất phải được lắp đặt trong dòng phosphine thải để cho phép lưu lượng khí phù hợp với công suất vận hành của lớp hấp thụ;
Pressure control should be installed in the waste phosphine stream to enable the gas flow to be matched to the operating capacity of the absorber bed;
- Sử dụng khí thông thổi trơ khi cần thiết để tạo điều kiện làm sạch đường ống quy trình; và
Use of inert purge as necessary to facilitate process line clean up; and
- Xem xét điểm xả từ khí thải của lớp hấp thụ, cách xa hệ thống lấy khí và khu vực nhân sự.
Consideration of discharge point from the absorber bed exhaust, well away from air intake systems and personnel areas.

11.1.5. Hấp phụ vật lý trên vật liệu rắn / *Physical adsorption on solid media*

- Phosphine được đưa trực tiếp vào một bình chứa lớp vật liệu rắn. Điều quan trọng là phải giữ dòng khí trong môi trường trơ để ngăn chặn sự tự bốc cháy của khí phosphine tự cháy. Có nhiều loại vật liệu rắn có sẵn có thể hấp phụ phosphine. Khả năng hấp phụ thay đổi theo loại vật liệu rắn, ví dụ, khi sử dụng than hoạt tính dạng hạt, khả năng hấp phụ phosphine đạt từ 1% đến 3% (theo trọng lượng) của tổng trọng lượng carbon.
Phosphine is fed directly into a vessel containing a bed of solid media. It is critical to keep the gas stream under an inert environment to prevent autoignition of the pyrophoric phosphine gas. There are many types of solid media available that adsorb phosphine. Adsorption capacity varies with solid type, for example, using granular activated carbon, phosphine capacities approach to 1% to 3% (by weight) of the total carbon weight.
- Sự thoát khí phosphine từ vật liệu rắn có thể xảy ra, vì vậy điều quan trọng là phải có các biện pháp kiểm soát và giám sát phosphine. Nhiệt được tạo ra trong quá trình hấp phụ phosphine tùy thuộc vào tốc độ hấp phụ và nồng độ phosphine. Biểu đồ nhiệt độ xuyên qua lớp chứa vật liệu rắn dễ cháy phải được giám sát để ngăn vật liệu rắn bốc cháy.
Off-gassing of phosphine from solid media can occur so it is important to have controls and phosphine monitoring in place. Heat is generated during phosphine adsorption as a function of adsorption rate and phosphine concentration. Temperature profiles through the bed containing solid media that are flammable shall be monitored to prevent the solid media from igniting.
- Sự đơn giản và tính di động của một bộ hấp thụ dạng rắn nhỏ có thể ưu tiên lựa chọn phương pháp này trong một số điều kiện khẩn cấp nhất định. Các yếu tố cần xem xét khi hấp phụ trên carbon tương tự như những yếu tố đã được xác định trong 11.1.4.
Simplicity and portability of a small solid-state absorber may favor the choice of this method under certain emergency conditions. Factors to be taken into account when adsorption on carbon are similar as those identified in 11.1.4.

11.2. Yêu cầu về người dùng / *User requirements*

- Tất cả nhân viên liên quan đến thao tác phosphine phải được đào tạo về các quy trình kiểm soát giảm thiểu được sử dụng tại cơ sở. Cần có kiến thức chuyên sâu về sản phẩm và các mối nguy liên quan. Điều này bao gồm, nhưng không giới hạn ở:
All personnel involved with the handling of phosphine shall be trained in the procedures for abatement control used at the site. A thorough knowledge of the product and its associated hazards is required. This would include, but is not limited to:
 - đặc tính vật lý và độc tính của phosphine;
physical characteristics and toxicological properties of phosphine;
 - tính chất vật lý của vật liệu giảm thiểu; và
physical properties of abatement material; and

- tài liệu vận hành.
operating documents.

11.3. Thải bỏ dòng khí thải / *Waste stream disposal*

- Thải bỏ theo tất cả các quy định hiện hành. Việc thải bỏ phosphine tinh khiết được coi là chất thải nguy hại. Dòng chất thải có thể chứa oxit photpho hoặc các oxit kim loại khác và được coi là chất thải nguy hại. Phải có sự quản lý và kiểm soát chất thải. Tham khảo các quy định địa phương và quốc gia áp dụng cho quản lý chất thải.
Dispose in accordance with all applicable regulations. Disposal of pure phosphine is considered a toxic hazard-ous waste. Waste streams can contain phosphorous oxides or other metallic oxides and be considered a toxic, hazardous waste. Management and control of waste is required. Refer to local and national regulations as they apply to waste management.

11.4. Quản lý chất thải / *Waste management*

- Hầu hết mọi quy trình vận hành đều để lại một số chất thải tồn dư. Áp lực ngày càng tăng về bảo tồn tài nguyên thiên nhiên, tác động của công nghệ mới đến việc sử dụng tài nguyên, lượng chất thải phát sinh ngày càng tăng và nhu cầu về các phương pháp bền vững hơn để sử dụng tài nguyên thiên nhiên đại diện cho những thách thức mới đối với xã hội của chúng ta.
Nearly every operational process leaves behind some residual waste. Accelerating pressure on conserving nat- ural resources, the impact of new technologies on resource use, increasing waste generation, and the need for more sustainable approaches to using natural resources represent new challenges to our society.
- Chính quyền địa phương và chính phủ có thể điều chỉnh tất cả chất thải này theo các chương trình khác nhau. Chỉ những công ty được chính phủ cấp phép mới được phép xử lý các chất thải này. Việc đánh giá, lựa chọn và giám sát công ty xử lý rác thải là một chương trình rất quan trọng mà người tạo ra rác thải nguy hại phải tuân thủ. Tài liệu đầy đủ về việc phát sinh chất thải nguy hại, vận chuyển và xử lý cuối cùng là rất quan trọng để đảm bảo tuân thủ và kiểm soát.
Local and government authorities may regulate all this waste under various programs. Only those companies licensed by the government are allowed to process these wastes. Evaluating, selection, and monitoring of the waste disposal company is a very important program with which the hazardous waste generator shall comply . Full documentation of hazardous waste generation, shipments, and final processing is critical to ensure compli- ance and control.
- Các mục tiêu của quản lý chất thải là:
The goals of waste management are to:
 - bảo vệ xã hội khỏi các mối nguy từ việc thải bỏ chất thải;
protect society from the hazards of waste disposal;
 - bảo tồn năng lượng và tài nguyên thiên nhiên bằng cách tái chế và thu hồi;
conserve energy and natural resources by recycling and recovery;
 - giảm hoặc loại bỏ chất thải; và
reduce or eliminate waste; and
 - làm sạch chất thải có thể đã tràn đổ, rò rỉ hoặc bị thải bỏ không đúng cách.
clean up waste that could have spilled, leaked, or been improperly disposed.
- Người dùng phải thúc đẩy và khuyến khích việc sử dụng các phương pháp kết hợp để quản lý chất thải rắn. Các phương pháp này là:
Users shall promote and encourage the use of combined methods to manage solid waste. These methods are:
 - Giảm nguồn hoặc phòng ngừa chất thải—bất kỳ biện pháp nào làm giảm lượng hoặc độc tính của chất thải phát sinh;
Source reduction or waste prevention—any practice that reduces the amount or toxicity of waste generated;
 - Tái chế giúp bảo tồn khả năng thải bỏ và bảo tồn tài nguyên thiên nhiên bằng cách ngăn chặn các vật liệu có khả năng hữu ích bị vứt bỏ;
Recycling that conserves disposal capacity and preserves natural resources by preventing. potentially useful materials from being thrown away;
 - Chôn lấp—các bãi chôn lấp là các cơ sở được thiết kế tốt, được đặt, thiết kế, vận hành và giám sát để đảm bảo tuân thủ các quy định. Các bãi chôn lấp chất thải rắn phải được thiết kế để bảo vệ môi trường khỏi các chất gây ô nhiễm có thể có trong dòng chất thải rắn; và

Landfilling—landfills are well-engineered facilities that are located, designed, operated, and monitored to ensure compliance with regulations. Solid waste landfills shall be designed to protect the environment from contaminants that can be present in the solid waste stream; and

- Đốt chất thải—việc đốt chất thải có thể giảm đáng kể lượng chất thải. Tuy nhiên, những lo ngại về loại/lượng chất độc thoát ra từ thiết bị rửa khí có thể trở thành một cuộc tranh luận tại địa phương.

Waste combustion—waste combustion can reduce the quantity of waste considerably. However, concerns of what types/quantities of toxics exit the scrubbers can become a local debate.

12. Ứng phó khẩn cấp / *Emergency response*

12.1. Chuẩn bị / *Preparation*

- Mục đích của việc chuẩn bị là thiết lập một hệ thống và phân công trách nhiệm trong trường hợp xảy ra sự cố hoặc tình huống khẩn cấp khác.

The purpose of preparation is to establish a system and assign responsibility in the event of an incident or other emergency situation.

- Người sử dụng phosphine phải có các quy trình để giải quyết các tình huống khẩn cấp ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng và các mối quan ngại về môi trường trong trường hợp xảy ra sự cố. Kế hoạch khẩn cấp xác định các tình huống khẩn cấp tiềm ẩn có thể dự đoán được một cách hợp lý, và chỉ rõ các hành động để ngăn chặn, chuẩn bị, ứng phó và khắc phục những tình huống khẩn cấp này. Kế hoạch khẩn cấp bao gồm các phương pháp được sử dụng để ngăn chặn và giảm thiểu tác động môi trường, có thể liên quan đến các tình huống khẩn cấp.

The phosphine user shall have procedures in place to address emergency situations that affect public health and environmental concerns in the event of an incident. The emergency plan identifies potential emergencies that are reasonably foreseeable, and specifies actions to prevent, prepare for, respond to, and recover from these emergencies. The emergency plan includes methods used to prevent and mitigate environmental impacts, which could be associated with emergency situations.

- Kế hoạch khẩn cấp phải được xem xét và cập nhật định kỳ khi thích hợp. Các bản sao cập nhật được cung cấp cho các ủy ban kế hoạch khẩn cấp địa phương và quan chức chính phủ khi thích hợp. Đào tạo được cung cấp cho tất cả nhân sự có thể liên quan đến ứng phó khẩn cấp.

The emergency plan shall be reviewed and updated periodically as applicable. Updated copies are provided to the local emergency planning committees and government officials as applicable. Training is provided for all personnel who may be involved with emergency response.

- Kế hoạch khẩn cấp được kiểm tra định kỳ để đảm bảo hiệu quả của nó, bao gồm kiểm tra thiết bị phát hiện rò rỉ liên quan, PPE, hệ thống bảo vệ và truyền thông khẩn cấp. Danh sách liên hệ khẩn cấp được xem xét và cập nhật với mỗi thay đổi khi thích hợp. Các phiên bản mới nhất phải được duy trì.

The emergency plan is tested periodically to ensure its effectiveness, including tests of related leak detection equipment, PPE, protective systems, and emergency communications. The emergency contact list is reviewed and updated with each change as applicable. Latest versions shall be maintained.

- Các sự cố phosphine rất đa dạng và kế hoạch khẩn cấp phải xem xét các hóa chất và số lượng liên quan, các loại mối nguy, nỗ lực ứng phó cần thiết, số lượng người ứng phó cần thiết và các tác động được tạo ra. Các sự cố có thể yêu cầu các biện pháp kiểm soát tức thì (khẩn cấp) hoặc các hoạt động dài hạn (hành động khắc phục) để khôi phục các điều kiện chấp nhận được. Các hoạt động của kế hoạch được chia thành các yếu tố tương tác:

Phosphine incidents vary considerably and the emergency plan shall consider the chemicals and quantities involved, types of hazard, response efforts required, number of responders needed, and effects produced. Incidents may require immediate control measures (emergency) or long term activities (remedial action) to restore acceptable conditions. The plan activities are divided into interacting elements:

- nhận diện;
recognition;
- đánh giá;
evaluation;
- kiểm soát;
control;
- thông tin; và

information; and

- an toàn.
safety.

12.1.1. Nhận diện / *Recognition*

- Nhận diện loại và mức độ của mối nguy do phosphine gây ra thường là một trong những bước đầu tiên khi ứng phó với sự cố.
Recognizing the type and degree of the hazard presented by phosphine is usually one of the first steps in responding to an incident.

12.1.2. Đánh giá / *Evaluation*

- Người ứng phó có thể dự đoán hành vi và các vấn đề dự kiến liên quan đến vật liệu. Các vấn đề dự kiến vượt ra ngoài tài sản của công ty có thể yêu cầu sự hỗ trợ/tham gia từ các quan chức địa phương. SDS hoặc thông tin sản phẩm khác có thể được sử dụng để giúp đánh giá bản chất và tác động đến môi trường và sức khỏe cộng đồng.
The responder can predict the behavior and anticipated problems associated with the material. Anticipated problems that extend beyond the company property may require support/involvement from local officials. The SDS or other product information can be used to help evaluate the nature and affect to the environment and public health.

12.1.3. Kiểm soát / *Control*

- Kiểm soát đề cập đến các phương pháp ngăn chặn hoặc giảm thiểu tác động của sự cố. Kiểm soát được giải quyết bằng hành động khắc phục dưới dạng các quy trình (kế hoạch) được lập thành văn bản. Trách nhiệm của mỗi cơ sở và nhân sự của nó là đảm bảo các quy trình được thiết lập và tuân thủ.
Control refers to those methods that prevent or reduce the impact of an incident. Control is addressed by remedial action in the form of documented procedures (plans). It is the responsibility of each facility and its personnel to ensure procedures are in place and followed.

12.1.4. Thông tin / *Information*

- Thông tin là một thành phần không thể thiếu của việc ứng phó. Việc thông báo cho nhân viên, các quan chức ứng phó khẩn cấp địa phương, bộ phận tuân thủ của công ty, bộ phận an toàn của công ty và các cơ quan chính phủ được hoàn thành theo các quy trình đã thiết lập. Tất cả các sự cố phải được ghi lại và xem xét bởi ủy ban an toàn và/hoặc đội ứng phó khẩn cấp để xác định nguyên nhân gốc rễ, thực hiện các hành động khắc phục sự cố, đánh giá hiệu quả của việc ứng phó, các hành động khắc phục cần thiết và thông báo để ngăn chặn sự cố tái diễn. Các tài liệu tham khảo có thể bao gồm:
An integral component of response is information. Notification of employees, local emergency response officials, corporate compliance, corporate safety, and government agencies is completed per established procedures. All incidents are documented and reviewed by the safety committee and/or emergency response team to determine the root cause, to implement the corrective actions of the incident, the effectiveness of the response, corrective action warranted, and notification to prevent repeat occurrence. Reference documents may include:

- SDS;
- Kế hoạch khẩn cấp;
Emergency plan;
- Quy trình vận hành tiêu chuẩn (SOPs);
Standard operating procedures (SOPs);
- Các đánh giá PHA; và
PHA reviews; and
- Sổ dữ liệu khí kỹ thuật.
Technical gas data books.

12.1.5. An toàn / *Safety*

- Tất cả các hoạt động ứng phó với vật liệu nguy hiểm đều tiềm ẩn những mối nguy hiểm khác nhau (sức khỏe và an toàn) đối với người ứng phó, môi trường và khu dân cư.

Các yếu tố an toàn là một đầu vào cho mọi hoạt động được thực hiện và là một kết quả của mỗi hành động ứng phó. Tất cả nhân viên phải có trách nhiệm làm việc một cách an toàn và tuân thủ các quy tắc và quy định an toàn đã được thiết lập.

All hazardous material responses pose varying dangers (health and safety) to responders, the environment, and the neighborhood. Safety considerations are an input to every activity that is undertaken and are an outcome of each response taken. It is the responsibility of all employees to work in a safe manner and follow established safety rules and regulations.

12.2. Ứng phó / *Response*

- Cần đảm bảo rằng nhân viên ứng phó với tình huống khẩn cấp phải được đào tạo và trang bị PPE cần thiết trước khi thực hiện bất kỳ hành động ứng phó khẩn cấp nào. Chỉ những nhân viên được đào tạo về ứng phó sự cố mới được thực hiện và chỉ ở mức độ đào tạo của họ. Kế hoạch khẩn cấp của công ty phải xác định các quy trình và chính sách sẽ được tuân thủ trong một tình huống ứng phó khẩn cấp [33, 34, 38].

Ensure that personnel responding to an emergency situation are trained and wearing required PPE before attempting any emergency response. Only those employees trained in responding to an incident shall do so and only to the level of their training. The company's emergency plan shall identify the procedures and policies that will be followed in an emergency response [33, 34, 38].

- Việc ứng phó ngoài hiện trường yêu cầu sự tương tác với kế hoạch khẩn cấp của các công ty khác. Điều này có thể xảy ra trong quá trình vận chuyển hoặc tại địa điểm của khách hàng. Dù tại chỗ hay ngoài hiện trường, thông tin chi tiết về cách xử lý các vấn đề như vậy có thể được tìm thấy trong AIGA 004 và *Sổ tay Hướng dẫn Ứng phó Khẩn cấp* (ERG) [38, 45, 21]. Cũng có thể tham khảo AIGA 083 [11].

Offsite response requires interaction with other company's emergency plan. It could occur during transportation or at the customer site. Whether on-site or offsite, detailed information on how to handle such issues can be found in AIGA 004 and the Emergency Response Guidebook (ERG) [38, 45, 21]. Also refer to AIGA 083 [11].

13. Tài liệu tham khảo / *References*

- [1] Khuyến nghị về Vận chuyển Hàng hóa Nguy hiểm—Quy định Mẫu, Ủy ban Kinh tế Liên Hợp Quốc về Châu Âu. www.unece.org
Recommendation of the Transport of Dangerous Goods—Model Regulations, United Nations Economic Commission for Europe. www.unece.org
- [2] Hệ thống Phân loại và Ghi nhãn Hóa chất Hòa toàn cầu (GHS), Ủy ban Kinh tế Liên Hợp Quốc về Châu Âu. www.unece.org
Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), United Nations Economic Commission for Europe. www.unece.org
- [3] Hiệp định Châu Âu về Vận chuyển Hàng hóa Nguy hiểm Bằng Đường bộ Quốc tế (ADR), Ủy ban Kinh tế Liên Hợp Quốc về Châu Âu. www.unece.org
European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), United Nations Economic Commission for Europe. www.unece.org
- [4] Tài liệu tham khảo bị lược bỏ.
Reference omitted.
- [5] Sổ tay Khí nén, Hiệp hội Khí nén, Inc. www.cganet.com
Handbook of Compressed Gases, Compressed Gas Association, Inc. www.cganet.com
- [6] Yaws C.L., Sổ dữ liệu khí Matheson, McGraw-Hill Professional, www.mcgraw-hill.com
Yaws C.L., Matheson Gas Data Book, McGraw-Hill Professional, www.mcgraw-hill.com
- [7] Bảng dữ liệu an toàn – Phosphine (Số 300000000113), Air Products and Chemicals, Inc. www.airproducts.com
Safety Data Sheet – Phosphine (Number 300000000113), Air Products and Chemicals, Inc. www.airproducts.com
- [8] Phiếu dữ liệu an toàn vật liệu—CYPURE® ULTRA, Cytec Solvay Group. www.cytec.com
Material Safety Data Sheet—CYPURE® ULTRA, Cytec Solvay Group. www.cytec.com
- [9] Thienes, C. và Haley T.J., Độc học lâm sàng. Tái bản lần thứ 5, Philadelphia: Lea and Febiger, 1972, tr.193. www.tandfonline.com

- Thienes, C. and Haley T.J., Clinical Toxicology. 5th ed., Philadelphia: Lea and Febiger, 1972, p.193. www.tandfonline.com*
- [10] Bingham, E., Cohrssen, B., và Powell, C.H. Patty's Toxicology Tập 1-9 Tái bản lần thứ 5, John Wiley & Sons. trang 3:472. New York, N.Y. (2001), www.wiley.com
Bingham, E., Cohrssen, B., and Powell, C.H. Patty's Toxicology Volumes 1-9 5th ed., John Wiley & Sons. New York, N.Y. (2001), p. 3:472. www.wiley.com
- [11] AIGA 083, Thải bỏ Khí, Hiệp hội Khí công nghiệp Châu Á, www.asiaiga.org
AIGA 083, Disposal of Gases, Asia Industrial Gases Association, www.asiaiga.org
- [12] ISO 10156:2010, Khí và hỗn hợp khí—Xác định khả năng cháy và khả năng oxy hóa để lựa chọn đầu ra van chai. www.iso.org
ISO 10156:2010, Gases and gas mixtures—Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets. www.iso.org
- [13] ISO 10156:1996, Khí và hỗn hợp khí—Xác định khả năng cháy và khả năng oxy hóa để lựa chọn đầu ra van chai. www.iso.org
ISO 10156:1996, Gases and gas mixtures—Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets. www.iso.org
- [14] Ohtani, H., Horiguchi, S., Urano, Y., Iwasaki, M., Tokuhashi, K., và Kondo, S. Giới hạn cháy của asen và phosphine, Combustion and Flame, 76 (1989), 307-310. www.sciencedirect.com
Ohtani, H., Horiguchi, S., Urano, Y., Iwasaki, M., Tokuhashi, K., and Kondo, S. Flammability limits of arsine and phosphine, Combustion and Flame, 76 (1989), 307-310. www.sciencedirect.com
- [15] ICSC: 0694, "Phosphine (ICSC)", Thẻ An toàn Hóa chất Quốc tế, Chương trình Quốc tế về An toàn Hóa chất www.inchem.org
ICSC: 0694, "Phosphine (ICSC)", International Chemical Safety Cards, The International Programme on Chemical Safety www.inchem.org
- [16] Wald, P.H., Becker, C.E., Khí độc sử dụng trong ngành công nghiệp vi điện tử, Occup. Med., 1(1), 1986, tr.110. <https://academic.oup.com>
Wald, P.H., Becker, C.E., Toxic gases used in the microelectronics industry, Occup. Med., 1(1), 1986, p.110, https://academic.oup.com/.
- [17] Burrus, C. A., J. Chem. Phys., CODEN: JCPSA6, 28, 1958, 427-429.
- [18] Braker, W., và Mossman, A. Sổ dữ liệu khí Matheson (Tái bản lần thứ sáu, 1980, 41-44. www.mcgraw-hill.com
Braker, W., and Mossman, A. Matheson Gas Data Book (Sixth Edition, 1980, 41-44. www.mcgraw-hill.com
- [19] Yost, D. M. Anderson, T. F., J. Chem. Phys., CODEN: JCPSA6, 2, 1934, 624-627.
- [20] Chase, M.W., Jr.; Davies, C.A.; Downey, J.R., Jr.; Frurip, D.J.; McDonald, R.A.; Syverud, A.N., Bảng nhiệt hóa NIST-JANAF cho Oxy Fluoride (Tái bản lần thứ ba), J. Phys. Chem. Ref. Data, Phụ lục 1, 1985, 14, 1
Chase, M.W., Jr.; Davies, C.A.; Downey, J.R., Jr.; Frurip, D.J.; McDonald, R.A.; Syverud, A.N., NIST- JANAF Thermochemical Tables for Oxygen Fluorides (Third Edition), J. Phys. Chem. Ref. Data, Suppl. 1, 1985, 14, 1
- [21] Sổ tay Hướng dẫn Ứng phó Khẩn cấp, Cục trưởng Tài liệu, Văn phòng In ấn Chính phủ Hoa Kỳ. www.gpo.gov
Emergency Response Guidebook, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office. www.gpo.gov
- [22] Hướng dẫn Bảo vệ chống Cháy nổ đối với Vật liệu Nguy hiểm, Hiệp hội Phòng cháy Chữa cháy Quốc gia. www.nfpa.org
Fire Protection Guide to Hazardous Materials, National Fire Protection Association. www.nfpa.org
- [23] NFPA 1, Quy tắc Cháy nổ, Hiệp hội Phòng cháy Chữa cháy Quốc gia. www.nfpa.org
NFPA 1, Fire Code, National Fire Protection Association. www.nfpa.org
- [24] NFPA 55, Quy tắc Khí nén và Chất lỏng siêu lạnh, Hiệp hội Phòng cháy Chữa cháy Quốc gia. www.nfpa.org
NFPA 55, Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code, National Fire Protection Association. www.nfpa.org
- [25] NFPA 70, Quy tắc Điện Quốc gia®, Hiệp hội Phòng cháy Chữa cháy Quốc gia. www.nfpa.org
NFPA 70, National Electrical Code®, National Fire Protection Association. www.nfpa.org

- [26] Hệ thống Thông tin Rủi ro Tích hợp, Phosphine, Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ. www.epa.gov/iris
Integrated Risk Information System, Phosphine, United States Environmental Protection Agency. www.epa.gov/iris
- [27] Hướng dẫn Quản lý Y tế cho Phosphine, Cơ quan Đăng ký Chất độc hại & Bệnh tật, Bộ Y tế và Dịch vụ Nhân sinh. www.atsdr.cdc.gov/MMG/index.asp
Medical Management Guidelines for Phosphine, Agency for Toxic Substances & Disease Registry, Department of Health and Human Services. www.atsdr.cdc.gov/MMG/index.asp
- [28] Ấn phẩm NIOSH Số 99-126, Cảnh báo NIOSH: Ngăn ngừa Ngộ độc Phosphine và Nổ trong quá trình Khử trùng, Viện Quốc gia về An toàn và Sức khỏe Nghề nghiệp. www.cdc.gov/niosh/docs/99-126/
NIOSH Publication No.99-126, NIOSH Alert: Preventing Phosphine Poisoning and Explosions during Fumigation, National Institute for Occupational Safety and Health. www.cdc.gov/niosh/docs/99-126/
- [29] ISO 10298, Xác định độc tính của khí hoặc hỗn hợp khí. www.iso.org
ISO 10298, Determination of toxicity of a gas or gas mixture. www.iso.org
- [30] Thông tin Lấy mẫu Hóa chất, Phosphine, Bộ Lao động Hoa Kỳ, Cục An toàn và Sức khỏe Nghề nghiệp. www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_262400.html
Chemical Sampling Information, Phosphine, United States Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_262400.html
- [31] Sổ tay NIOSH về các mối nguy hóa chất, Phosphine, Viện Quốc gia về An toàn và Sức khỏe Nghề nghiệp. www.cdc.gov/niosh/index.htm
NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, Phosphine, The National Institute for Occupational Safety and Health. www.cdc.gov/niosh/index.htm
- [32] Kết quả Phosphine, Mức hướng dẫn phơi nhiễm cấp tính, Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ. www.epa.gov/aegl
Phosphine Results, Acute Exposure Guideline Levels, U.S. Environmental Protection Agency. www.epa.gov/aegl
- [33] Thông tin kỹ thuật, Khả năng tương thích khí, Thiết bị khí chuyên dụng tiên tiến tại trang web www.asge-online.com/pdf/GasCompatibilityTable
Technical Information, Gas Compatibility, Advanced Specialty Gas Equipment at web site www.asge-online.com/pdf/GasCompatibilityTable
- [34] ISO 11114-1, Chai khí—Khả năng tương thích của vật liệu chai và van với thành phần khí—Phần 1: Vật liệu kim loại. www.iso.org
ISO 11114-1, Gas cylinders—Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents—Part 1: Metallic Materials. www.iso.org
- [35] ISO 11621:1997, Chai khí—Quy trình thay đổi dịch vụ khí. www.iso.org
ISO 11621:1997, Gas cylinders—Procedures for change of gas service. www.iso.org
- [36] CGA C-10, Hướng dẫn chuẩn bị chai và ống cho dịch vụ khí và thay đổi dịch vụ khí, Hiệp hội Khí nén, Inc. www.cganet.com
CGA C-10, Guidelines to Prepare Cylinders and Tubes for Gas Service and Changes in Gas Service, Compressed Gas Association, Inc. www.cganet.comwww.cganet.com
- [37] Bộ luật Hàng hải Quốc tế về Hàng hóa Nguy hiểm, Tổ chức Hàng hải Quốc tế. www.imo.org
International Maritime Dangerous Goods Code, International Maritime Organization. www.imo.org
- [38] AIGA 004, Thao tác khẩn cấp bình khí, Hiệp hội Khí công nghiệp Châu Á, www.asiaiga.org
AIGA 004, Handling Gas Container Emergencies, Asia Industrial Gases Association, www.asiaiga.org
- [39] EIGA Doc 189, Tính toán khoảng cách an toàn và không an toàn để tồn chứa và sử dụng khí độc, Hiệp hội Khí công nghiệp Châu Âu, www.eiga.eu
EIGA Doc 189, The Calculation of Harm and No-Harm Distances for the Storage and Use of Toxic Gases, European Industrial Gases Association, www.eiga.eu
- [40] CGA P-1, Tiêu chuẩn về thao tác an toàn khí nén trong bình, Hiệp hội Khí nén, Inc. www.cganet.com
CGA P-1, Standard for Safe Handling of Compressed Gases in Containers, Compressed Gas Association, Inc. www.cganet.com
- [41] Ủy ban Kỹ thuật Điện Quốc tế (IEC). www.iec.ch

International Electro technical Commission (IEC). www.iec.ch

- [42] AIGA 003, Hướng dẫn an ninh, Hiệp hội Khí công nghiệp Châu Á, www.asiaiga.org
AIGA 003, Security Guidelines, Asia Industrial Gases Association, www.asiaiga.org
- [43] EIGA Doc 907, Hướng dẫn an ninh, Hiệp hội Khí công nghiệp Châu Âu, www.eiga.eu
EIGA Doc 907, Security Guidelines, European Industrial Gases Association, www.eiga.eu
- [44] CGA P-50, Hướng dẫn an ninh tại cơ sở, Hiệp hội Khí công nghiệp Châu Á, www.asiaiga.org
CGA P-50, Site Security Guidelines, Asia Industrial Gases Association, www.asiaiga.org