

CỤC THÔNG TIN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA
TRUNG TÂM GIAO DỊCH THÔNG TIN,
CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ

BÁO CÁO ĐÁNH GIÁ CÔNG TRÌNH NGHIÊN
CỨU CÓ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG VÀO THỰC TẾ

ỨNG DỤNG CẢM BIẾN ĐỂ XÂY DỰNG HỆ THỐNG THIẾT
BỊ ĐO NỒNG ĐỘ KHÍ THẢI VÀ ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH
ĐỐT CHÁY NHIÊN LIỆU

Hà Nội, 2020

I. THÔNG TIN CHUNG

1. Tên đề tài nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ năng lượng: “Ứng dụng cảm biến để xây dựng hệ thống thiết bị đo nồng độ khí thải và điều khiển quá trình đốt cháy nhiên liệu”

Mã số: KC05/16-20

2. Chủ nhiệm: TS. Hồ Trường Giang

Ngày, tháng, năm sinh: 1/6/1979

Nam/ Nữ: Nam

Học hàm, học vị: Tiến sỹ

Chức danh khoa học: Nghiên cứu viên chính

Chức vụ: Trưởng phòng.

Tên tổ chức đang công tác: Viện Khoa học vật liệu (IMS)

Điện thoại: 0977 324 657

E-mail: gianght@ims.vast.ac.vn

Địa chỉ nhà riêng: Số nhà 2 Ngõ Võng Thị, Tây Hồ, Hà Nội.

3. Tổ chức chủ trì:

Tên tổ chức: Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Họ và tên thủ trưởng tổ chức: Đoàn Đình Phương

Tên cơ quan chủ quản đề tài: Bộ Khoa học và Công nghệ

Địa chỉ: 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội.

Điện thoại: 04 37 564129

Fax: 04 8360750

Website: www.ims.vast.ac.vn

LỜI MỞ ĐẦU

Phát hiện sự rò rỉ khí độc monoxide carbon-CO, khí hydro-H₂ và một số loại khí cháy HC (ví dụ như CH₄, C₂H₄, C₃H₈, C₄H₁₀, ...) đang được nhiều phòng thí nghiệm trên thế giới quan tâm nghiên cứu. Để đo đạc mức độ ô nhiễm không khí người ta có thể sử dụng nhiều phương pháp phân tích khác nhau, như: sắc ký khí (Gas Chromatography, GC), khối phổ (Mass Spectroscopy, MS), phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR) hoặc bằng cách phối hợp các thiết bị này. Các thiết bị này thường rất đắt tiền, khó vận hành, công kênh và không thể sử dụng ngoài hiện trường. Mặt khác, việc lấy các mẫu khí rất phức tạp và khó bảo quản trước khi được phân tích. Do vậy, các thiết bị sử dụng cảm biến khí loại oxit bán dẫn (Metal Oxide Semiconductor-MOS) luôn là sự lựa chọn cho việc đo đạc tại chỗ sự rò rỉ khí độc và khí cháy trong môi trường. Cảm biến khí là một linh kiện quan trọng để kiểm tra chất lượng không khí trong môi trường và kiểm soát trực tuyến các quá trình sản xuất trong công nghiệp. Thực tế, các cảm biến khí bán dẫn đã hứa hẹn một giải pháp không đắt tiền để giải quyết các vấn đề liên quan tới ô nhiễm không khí trong môi trường.

Sự đặc thù trong phát triển sản xuất công nghiệp nói chung là luôn tìm cách nâng cao chất lượng đồng thời hạ giá thành của sản phẩm, điều này sẽ đem lại nhiều lợi nhuận hơn với sự cạnh tranh tích cực cũng như lợi ích cho người sử dụng. Để đạt được điều này ngoài sử dụng công nghệ hiện đại, tân tiến thì việc áp dụng các biện pháp sử dụng nguồn năng lượng đầu vào với hiệu suất cao sẽ tiết kiệm đáng kể các chi phí cho quá trình sản xuất. Đặc biệt, nhiều ngành công nghiệp sử dụng lượng lớn nhiên liệu hóa thạch (than, khí đốt, xăng dầu) như sản xuất xi-măng, nhiệt điện, gạch men, gốm sứ, thủy tinh, sắt thép thì ngoài việc tiết kiệm chi phí như nói ở trên chúng còn phải đáp ứng tốt các qui định về phát thải an toàn ra môi trường không khí với các khí như CO₂, CO, NO_x, HC trong

quá trình hoạt động. Những vấn đề cấp bách về môi trường cần được giải quyết đang nhận được sự quan tâm, chỉ đạo từ các bộ, ngành và chính phủ.

Theo các nghiên cứu về môi trường quan giữa các khí phát thải theo tỷ lệ “không khí (chứa oxy)”/“nhiên liệu trong buồng đốt” (A/F - viết tắt từ Air/Fuel) cho thấy có thể chia làm ba vùng: (1) “Rich” hay tương ứng $A/F < 14,3:1$ là vùng đốt cháy có dư nhiên liệu, cho thấy nồng độ các khí CO và HC lớn; (2) “Stoichiometric” tương ứng $14,3:1 < A/F < 15,1:1$ là vùng cháy tối ưu, cho nồng độ khí CO₂ là lớn nhất (nhiên liệu cháy hết hoàn toàn, lượng khí oxy vừa đủ; (3) “Lean” tương ứng $A/F > 15,1:1$ là vùng cháy nghèo hay thừa O₂, tương ứng cho nồng độ các khí thải NO_x lớn. Như vậy, nếu chúng ta biết được nồng độ các khí điển hình phát thải từ quá trình đốt cháy nhiên liệu là O₂, CO, CO₂, NO_x và HC thì chúng ta có thể biết được quá trình cháy nhiên liệu có tối ưu hay không. Cũng từ nồng độ các khí thải phân tích được chúng ta có thể điều khiển được lượng nhiên liệu đầu vào một cách hợp lý.

Một trong những quá trình đốt cháy nhiên liệu điển hình ở qui mô công nghiệp là sản xuất xi măng (hiện nay hầu hết vẫn sử dụng công nghệ xi măng Pooc-Lăng) với lò nung nhiệt độ cao dùng năng lượng nhiệt được lấy từ việc đốt than đá. Một số nước có số lượng nhà máy xi-măng cũng như có sản lượng đứng đầu thế giới như Trung Quốc, Ấn Độ, Mỹ, Brazil, v.v... Việt Nam cũng là nước có số lượng nhà máy sản xuất xi-măng nhiều với gần 150 nhà máy có quy mô công suất khác nhau. Việc sản xuất xi-măng tiêu tốn một lượng than lớn đồng thời phát thải ra môi trường không khí nhiều loại khí độc hại. Nhiều công nghệ được triển khai ứng dụng trong sản xuất xi-măng để tiết kiệm nhiên liệu và giảm khí phát thải, ví dụ các công nghệ liên quan đến điều khiển đầu phun than vào buồng đốt, chuyển lò quay trục đứng sang trục ngang, sử dụng thêm chất phụ gia trợ giúp quá trình đốt cháy than, v.v... Một trong những biện pháp hiện đại mang lại hiệu quả khá cao giúp kiểm soát tốt việc đốt cháy nhiên liệu là dùng hệ thiết bị cảm biến khí để phân tích định lượng các khí phát thải ra môi trường không khí cũng như trên các công đoạn của dây chuyền sản xuất, từ đó điều khiển hệ thống nạp nhiên liệu đầu vào. Ở các nước tiên tiến trên thế giới thì việc

phân tích nồng độ các khí từ quá trình sản xuất xi-măng còn là bắt buộc và mang tính pháp lý để buộc doanh nghiệp sản xuất phải có biện pháp cắt giảm khí phát thải độc hại. Chính vì vậy, công nghệ cảm biến và phân tích khí thải trong các ngành công nghiệp sử dụng nhiên liệu hóa thạch nói chung và sản xuất xi-măng nói riêng được quan tâm đặc biệt trong cả nghiên cứu và triển khai ứng dụng. Thiết bị cảm biến khí sử dụng trong lĩnh vực này cũng phải thỏa mãn các yêu cầu như có thể hoạt động liên tục, bền bỉ và trực tiếp trong môi trường khắc nghiệt (nhiệt độ cao với các tác nhân oxy hóa/khử, độ ẩm lớn, nhiều bụi, v.v.).

Như đã phân tích ở trên, việc sử dụng hệ thống phân tích và kiểm soát khí phát thải không chỉ mang lại lợi ích về môi trường mà còn mang lại lợi ích kinh tế đối với ngay bản thân doanh nghiệp (thí dụ một số nhà máy xi măng) trong việc tiết kiệm chi phí cho nhiên liệu đầu vào do nâng cao được hiệu suất đốt. Trước tình hình trên, theo tìm hiểu của chúng tôi thì cho đến nay chưa có phòng thí nghiệm hay đơn vị trong nước nào thực sự triển các khai nghiên cứu và giải quyết những khó khăn cũng như đáp ứng các đòi hỏi trên một cách bài bản, chuyên nghiệp. Chính vì vậy, nếu đề tài đạt được mục tiêu và kết quả tốt sẽ mang lại những đóng góp hiệu quả về kinh tế - xã hội; phát triển các ứng dụng, triển khai vào thực tế cuộc sống, phù hợp với điều kiện nước ta hiện nay; làm chủ về khoa học công nghệ tiên tiến.

1. Xuất xứ công nghệ:

Trong nhiều năm qua, *Phòng cảm biến và thiết bị đo khí – Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, cũng là một đơn vị mạnh trong lĩnh vực nghiên cứu cơ bản về cảm biến khí, đồng thời đã chế tạo và đóng gói thành công một số sản phẩm linh kiện cảm biến khí cho ứng dụng trong thực tế. Về nghiên cứu cơ bản, chúng tôi chế tạo vật liệu nhạy khí trên cơ sở các nano oxit kim loại cho các loại cảm biến nhiệt xúc tác (cho phát hiện khí cháy nổ như CH_4 , LPG, H_2), cảm biến độ dẫn điện và cảm biến điện hóa rắn (cho phát hiện các khí độc ví dụ như CO, NO, NO_2). Gần đây, các nghiên cứu cảm biến điện hóa hoạt động ở nhiệt độ cao (đề tài nghiên cứu tài trợ từ quỹ NAFOSTED) và các bước thử nghiệm ban đầu về cảm biến khí dựa trên hấp thụ hồng ngoại (đề tài cơ sở cấp Viện Khoa học vật liệu) cho phát hiện khí CO_2 đã có những kết quả tốt là cơ sở để chúng tôi đề xuất đề tài này. Về triển khai ứng dụng, chúng tôi đã thiết kế, chế tạo và ứng dụng thành công một số hệ thống đo và cảnh báo nồng độ khí độc, khí cháy nổ trong môi trường dân sinh và một số lĩnh vực liên quan khác.

Hiện nay, mặc dù các qui định về tiêu chuẩn và hướng dẫn thực hiện an toàn môi trường đối với một số khí độc hại áp dụng cho các cơ sở liên quan đến khí phát thải đã được ban hành. Tuy nhiên, việc thực hiện cũng như các biện pháp kiểm soát thông số nồng độ khí phát thải vẫn còn nhiều hạn chế, chưa đáp ứng đủ và đúng theo yêu cầu. Lý do chính ở đây một phần là do các thiết bị quan trắc khí thường phải nhập ngoại, chi phí đầu tư lớn, hơn nữa chưa có nhiều đơn vị chuyên môn tư vấn, hỗ trợ trong lĩnh vực này. Trong đó chỉ một số rất ít các nhà máy sản xuất công nghiệp có cơ sở vật chất hiện đại mới tích hợp trong dây chuyền hệ thống phân tích khí thải (sử dụng thiết bị nhập ngoại) và đồng thời tối ưu hóa quá trình đốt cháy nhiên liệu. Hơn nữa, về mặt bản chất chung, các linh kiện cảm biến trong các hệ thống phân tích là khá nhạy cảm, luôn cần được bảo dưỡng, hiệu chỉnh, chỉnh chuẩn thường xuyên trong quá trình sử dụng. Vì vậy,

điều này sẽ gây khó khăn lớn khi sử dụng thiết bị nhập ngoại về sự kịp thời và kinh phí.

Rõ ràng, việc sử dụng hệ thống phân tích và kiểm soát khí phát thải không chỉ mang lại lợi ích về môi trường mà còn mang lại lợi ích kinh tế đối với ngay bản thân doanh nghiệp trong việc tiết kiệm chi phí cho nhiên liệu đầu vào do nâng cao được hiệu suất đốt. Do vậy, việc triển khai đề tài đạt được mục tiêu và kết quả tốt sẽ mang lại những đóng góp hiệu quả về kinh tế - xã hội; phát triển các ứng dụng, triển khai vào thực tế cuộc sống, phù hợp với điều kiện nước ta hiện nay; làm chủ về khoa học công nghệ tiên tiến và mở ra nhiều hướng phát triển ứng dụng mới cho các loại thiết bị đo nồng độ khí thải.

- Chế tạo và nghiên cứu đặc trưng cơ bản vật liệu oxit kim loại cho cảm biến điện hóa rắn.
- Các phương pháp đo đạc phân tích cấu trúc, phân tích thành phần, khảo sát hình thái bề mặt, phân tích kim tương.
- Các phương pháp đo các tính chất vật lý, hóa học cơ bản của vật liệu.
- Sử dụng vật liệu thép chịu nhiệt độ cao và tác nhân ăn mòn.

b) Chế tạo linh kiện cảm biến

- Linh kiện cảm biến khí điện hóa được chế tạo dựa trên kỹ thuật gồm truyền thống, kết hợp với tạo màng dày bằng các phương pháp in phủ, quay phủ, nhúng phủ, ...
- Linh kiện cảm biến quang được chế tạo dựa trên cấu hình quang học với cơ khí chính xác.

c) Nghiên cứu các đặc trưng nhạy khí linh kiện cảm biến, thiết bị phân tích khí

- Được khảo sát và đánh giá qua hệ thiết bị trộn và tạo khí đa kênh
- Chuẩn trực tiếp qua bình khí nồng độ chuẩn
- Nghiên cứu, đánh giá qua hệ thiết bị được xây dựng cho nghiên cứu đặc thù
- Đánh giá, so sánh kết quả phân tích khí đối chứng với thiết bị đo khí chuyên dụng

d) Chế tạo các thiết bị đo, thiết bị điện tử

- Sử dụng kỹ thuật điện tử, kỹ thuật vi xử lý cho chế tạo các thiết bị đo, thiết bị phân tích và thiết bị truyền dẫn, thu nhận và hiển thị.
- Sử dụng các phần mềm chuyên dụng để lập trình cho thiết bị phân tích, thiết bị truyền dẫn, thu nhận và hiển thị.
- Sử dụng kỹ thuật thu nhận và xử lý tín hiệu nhỏ với nền nhiễu lớn của linh kiện cảm biến, đặc biệt hoạt động trong môi trường công nghiệp.

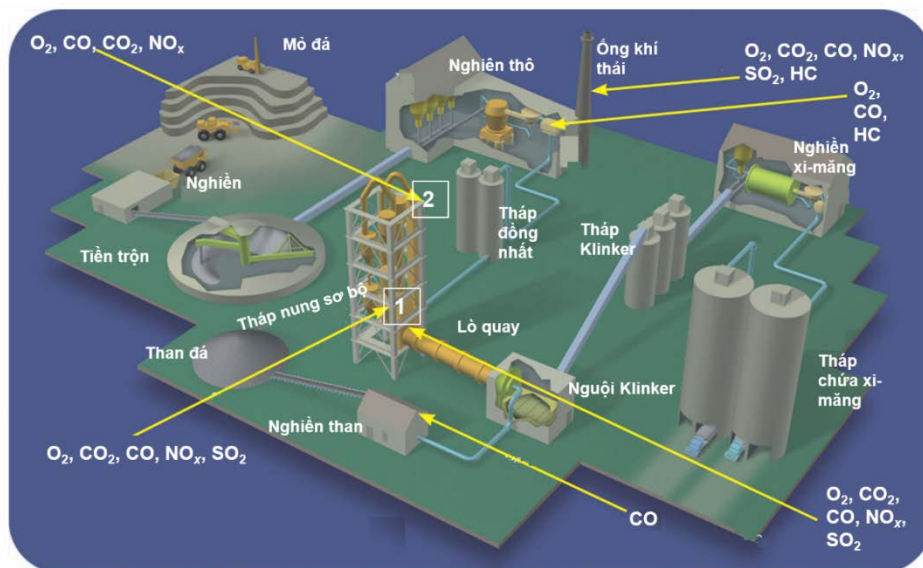
e) Cơ khí chính xác

- Thiết kế, chế tạo các vỏ cảm biến và vỏ thiết bị dựa trên các kỹ thuật cơ khí chính xác.

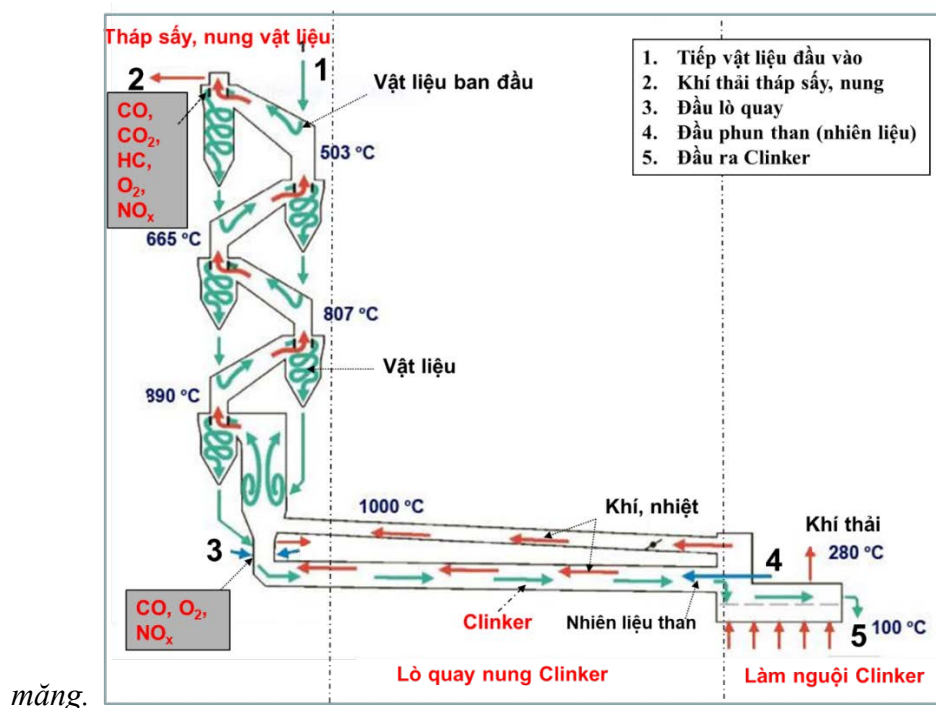
f) Điều khiển quá trình đốt cháy nhiên liệu

- Tập trung sử dụng chế độ vận hành bán tự động cho vận hành lò, điều khiển quá trình đốt cháy than tại Nhà máy sản xuất xi-măng thông qua trợ giúp từ các kết quả phân tích nồng độ khí.
- Thống kê, phân tích cho điều chỉnh vận hành lò trong quá trình sản xuất xi-măng.

2.3. Quy trình ứng dụng cảm biến để xây dựng hệ thống thiết bị đo nồng độ khí thải và điều khiển quá trình đốt cháy nhiên liệu



Mô hình điển hình của một dây chuyền của một nhà máy sản xuất xi-



măng.

Sơ đồ khối về hệ thống lò nung Clinker trong sản xuất xi-măng.

Sản xuất xi-măng là ngành công nghiệp tiêu thụ năng lượng rất lớn (than đốt, điện năng, ...) và phát thải nhiều khí độc hại như (CO_2 , CO , NO_x , SO_2 ,...). Trong đó, vận hành lò quay (lò nung Clinker) có thể chiếm tỷ phần đến 90% tổng năng lượng (gồm nhiệt năng và điện năng) trong toàn hệ thống của nhà máy. Vấn đề phát thải lượng lớn khí CO_2 (sản phẩm từ quá trình đốt cháy than và phân hủy các chất phối liệu trong sản xuất xi-măng) là ảnh hưởng nghiêm trọng đến sự ấm lên toàn cầu và ô nhiễm môi trường không khí cần được giải quyết. Gần đây, các vấn đề trong sản xuất xi-măng càng nhận được sự quan tâm đặc biệt thể hiện nhiều công trình khoa học nghiên cứu về vấn đề này nhằm đưa đến các giải pháp công nghệ cho hai mục đích tiết kiệm năng lượng và giảm lượng khí CO_2 . Sản xuất xi-măng có nhiều công đoạn và nhiều công nghệ liên quan nên quá trình sản xuất xi-măng vì thế phức tạp, chứa nhiều tham số mà cần được điều khiển một cách tương hỗ lẫn nhau. Các giải pháp công nghệ chính đến những vấn đề cho tối ưu năng lượng và khí thải có thể kể ra như sau:

- Công nghệ nghiền trộn, cấp nguyên vật liệu đầu vào, phụ gia cho sản xuất Clinker
- Nghiền than, pha trộn phụ gia trợ cháy cho nhiên liệu than
- Hệ thống cấp gió (nguồn O_2), cấp nhiên liệu đốt (phun than)
- Công nghệ làm nguội Clinker
- Giải pháp liên quan đến công nghệ sử dụng khí nóng từ lò quay cho nung sấy sơ bộ phối liệu đầu vào ở tháp nung sấy, sơ bộ
- Tính toán mô phỏng về nhiệt học cho thiết kế cấu hình lò tối ưu
- Xây dựng cơ sở vật chất (hệ thống thành lò, bảo ôn, ...) giảm thất thoát nhiệt
- Thu hồi nhiệt thừa từ khí thải để chuyển thành điện năng sử dụng
- Giải pháp sử dụng các tham số (phân tích khí, nhiệt độ, áp suất, màu sắc, lưu lượng khí, kiểm soát chất lượng Clinker đầu ra) trợ giúp điều khiển hệ thống

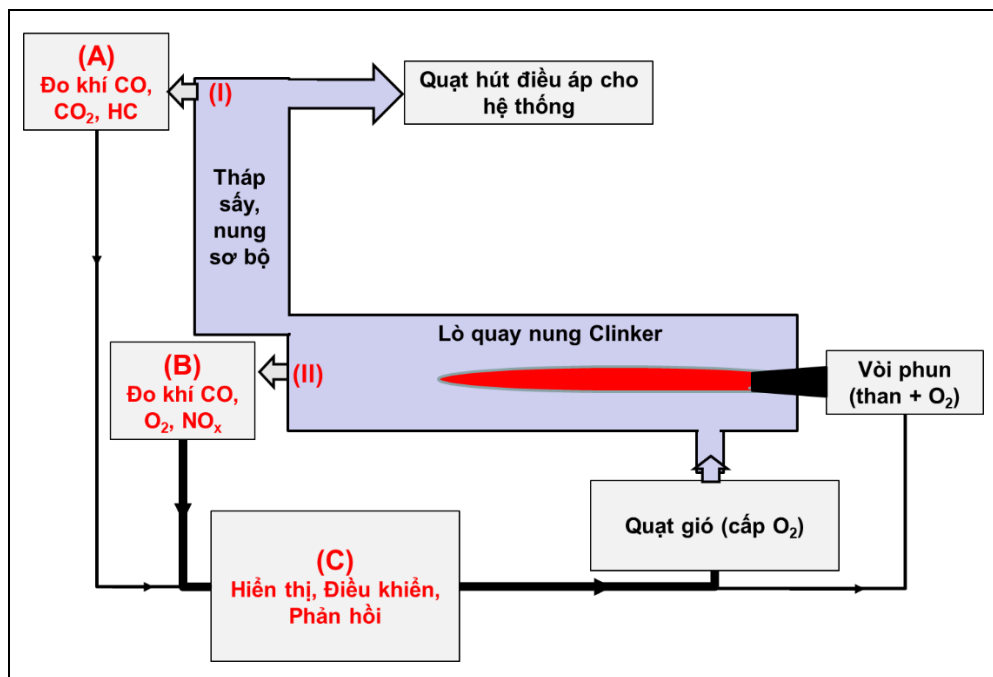
Trong đề tài này, chúng tôi đề xuất nội dung nghiên cứu cụ thể là đo nồng độ các khí điển hình phát thải từ quá trình nung ủ Clinker sử dụng nhiên liệu than trong quá trình sản xuất xi-măng, từ đó giúp cho tối ưu hóa quá trình sử dụng than. Vấn đề nghiên cứu này được đưa ra liên quan đến các yếu tố:

- Ngành sản xuất xi-măng sử dụng phần lớn năng lượng từ quá trình đốt cháy than và cũng là ngành sử dụng lượng than lớn trong công nghiệp (tương đương như nhiệt điện) tại Việt Nam. Do đó, việc lựa chọn này là điển hình cho việc nghiên cứu công nghệ tối ưu hóa quá trình sử dụng nhiên liệu đốt cháy;
- Hệ thống lò nung ủ trong sản xuất xi-măng qua nhiều công đoạn phức tạp, và có quy mô lớn. Do đó, nó thực sự có nhu cầu về đo khí thải trợ giúp cho sử dụng đốt than mang lại hiệu quả cao;
- Tập trung cho nghiên cứu, triển khai thí điểm cho một nhà máy sản xuất xi-măng từ đó có thể mở rộng cho nhà máy sản xuất xi-măng khác cũng như có thể phát triển cho các ngành công nghiệp khác sử dụng nhiên liệu than, khí LPG (ví dụ như nhiệt điện, gốm sứ, sắt thép, nồi hơi, v.v...).

Hệ thống phân tích khí thải liên tục từ quá trình đốt cháy nhiên liệu than trong sản xuất xi-măng, các thông số phân tích khí này được đưa về trung tâm điều khiển để trợ giúp điều chỉnh quá trình vận hành lò nung ủ Clinker nhằm tiết kiệm nhiên liệu than đá:

Quá trình nung Clinker là một quá trình công nghệ phức tạp, quy mô rộng và nhiều công đoạn, nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: các đặc tính của nguyên liệu, các tình trạng và khả năng hoạt động của thiết bị công nghệ, khả năng hạn chế của các phương tiện kiểm tra và điều khiển tại Việt Nam. Giải pháp để trợ giúp điều chỉnh quá trình vận hành lò nung ủ Clinker nhằm tiết kiệm nhiên liệu than đá là xây dựng được hệ phân tích khí dùng đo và giám sát hàm lượng các khí O_2 , CO , CO_2 , HC và NO_x trong hệ thống lò nung Clinker. Điểm quan trọng nhất là phân tích nồng độ khí CO (kết hợp cùng với tham số về nồng độ khí O_2 và NO_x) để biết tình trạng than đá có được đốt cháy trong hệ thống lò một cách hiệu quả hay không từ đó đưa ra các điều chỉnh kịp thời. Nếu nồng độ khí CO tăng (nồng độ CO tối ưu ở vị trí đầu lò quay ở lân cận 0.2%vol) thì có thể điều

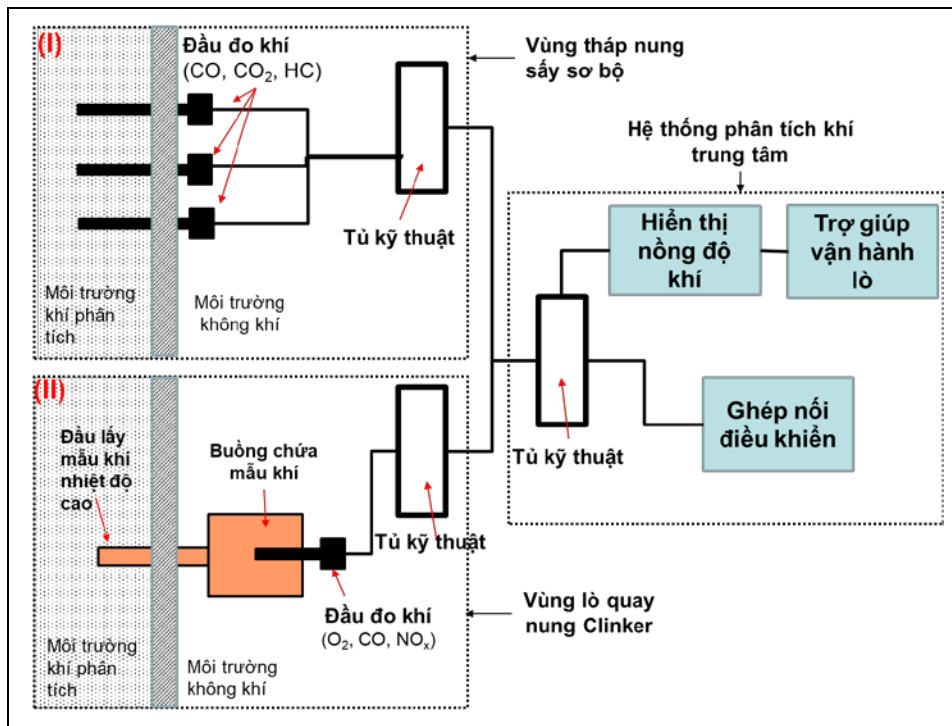
khiến tham số của vòi phun than (tăng gió, giảm lượng than), hoặc quạt gió (thứ cấp) để tăng giảm lượng O_2 trong lò. Tuy nhiên, việc tăng giảm này cũng đồng nghĩa giảm năng lượng nhiệt có thể ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm và điều kiện vận hành lò. Do vậy, các điều khiển này cũng được kết hợp với các tham số trong hệ thống lò đó là nhiệt độ, áp suất, lưu lượng khí, màu sắc buồng đốt, v.v... Ngoài ra, việc kiểm soát khí CO tốt sẽ hạn chế gây cháy nổ hệ thống lò, đặc biệt gây cháy nổ hệ lọc bụi tĩnh điện khi nồng độ CO vượt quá cao tới ngưỡng nguy hiểm là 12.5% vol.



Sơ đồ nguyên lý đề xuất cho đo khí và tác động điều khiển trong quá trình sản xuất xi-măng (tại vị trí lò quay và tháp nung sấy sơ bộ) cho tiết kiệm năng lượng và giảm khí thải.

Vùng tháp nung sấy sơ bộ (I), đó là vùng khí nóng đi ngược lên từ buồng đốt (lò quay) được dùng để nung sấy các vật liệu nguồn đầu vào. Ở đây, nồng độ các khí (như CO, CO_2 , HC) đóng vai trò là tham số quan trọng để biết được tính hiệu quả khí nóng đã nung sấy sơ bộ đã tác động đến quá trình phân hủy nhiệt của vật liệu nguồn. Nhiệt độ môi trường của vùng này $<500\text{ }^\circ\text{C}$, do đó các cảm biến có thể phân tích trực tiếp mà không cần quá trình làm nguội mẫu khí. Vùng đầu vào nguyên liệu ở lò quay nung Clinker (II), đây là vùng có nhiệt độ cao ($\sim 1200\text{ }^\circ\text{C}$). Do đó, hệ thống cần có thiết bị lấy mẫu khí, sau đó làm nguội mẫu khí đến nhiệt độ thấp $<500\text{ }^\circ\text{C}$ để phân tích. Nồng độ các khí chính cần phân tích gồm (CO, O_2 , NO_x) để biết tình trạng đốt cháy than trong lò quay. Từ các yêu cầu

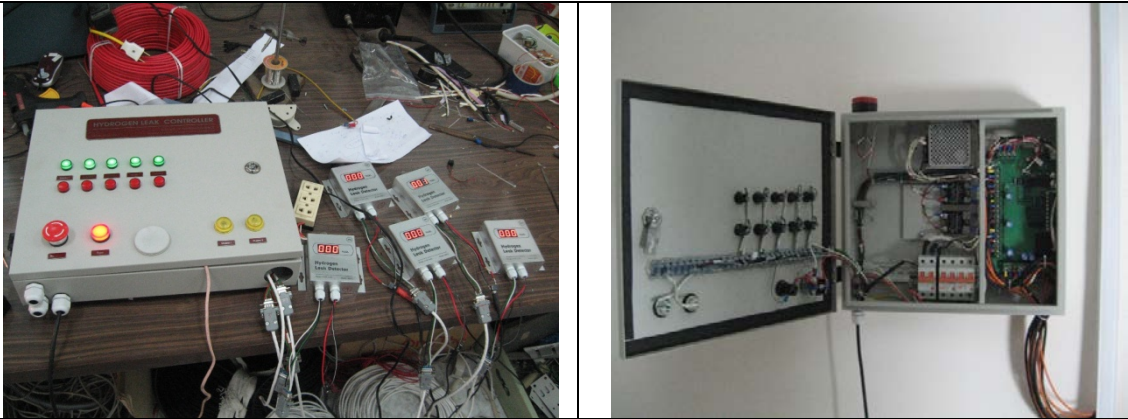
trên, sơ đồ nguyên lý đề xuất cho đo khí và tác động điều khiển trong quá trình sản xuất xi-măng (tại vị trí lò quay và tháp nung sấy sơ bộ) cho tiết kiệm năng lượng và giảm khí thải. Ở đó, các khí tương ứng tại hai vị trí (khối A và khối B) được đo đạc, sau đó phân tích tham số về nồng độ các khí (có thể cùng kết hợp các tham số khác như nhiệt độ, áp suất, ...) để hiển thị, điều khiển tham số vận hành lò (quạt cung cấp O₂ thứ cấp hoặc có thể tác động đến hệ vòi phun than). Khi đó sơ đồ khối mô hình tổng thể cho hệ phân tích giúp quá trình vận hành điều khiển lò nung ủ Clinker đề sẽ nghiên cứu chế tạo trong đề tài như thể hiện ở hình dưới.





Sơ đồ khối đề xuất hệ phân tích khí và trợ giúp cho vận hành lò nung ủ Clinker.


Trong đó, các thiết bị đo khí đặt tại hai vùng I và II, số liệu đo được về nồng độ khí được chuyển về trung tâm điều khiển kỹ thuật của nhà máy sẽ được hiển thị, phân tích đưa ra khuyến nghị cảnh báo, và xây dựng chương trình điều khiển tham số cháy trợ giúp quá trình vận hành hệ thống lò. Hệ điều khiển được thiết kế (với hai chế độ tự động và bán tự động) lấy tham số trọng tâm về ổn định được nồng độ khí CO liên kết đồng bộ cùng tham số nồng độ các khí khác như O₂, NO_x, CO₂, HC, và có thể kết hợp cả với tham số khác trong hệ thống của nhà máy (nhiệt độ, áp suất, lưu lượng, màu sắc, chất sản phẩm Clinker) đưa sự vận hành hệ thống lò (như quạt gió, quạt hút, lượng than, ...).

3. Sản phẩm, thông số kỹ thuật, chỉ tiêu kỹ thuật của sản phẩm

Tên sản phẩm	Hệ thiết bị đo và cảnh báo nguy cơ cháy nổ khí hydro rò rỉ trong môi trường không khí		
Xuất xứ công nghệ	Đề tài, dự án cấp: Nhà nước <input type="checkbox"/> Bộ, ngành <input checked="" type="checkbox"/> Khác <input type="checkbox"/>		
Mô tả sản phẩm	Hệ thống dùng các đầu đo khí hydro (H ₂) sử dụng cảm biến dựa trên hiệu ứng nhiệt xúc tác cho phát hiện nồng độ khí hydro trong môi trường không khí (0÷100%LEL, LEL ngưỡng cháy nổ mức thấp). Các cảm biến hydro này có tính ổn định cao, đặc trưng điện áp ra phụ thuộc tuyến tính vào nồng độ khí, độ phân giải đạt 1% LEL và sai số < 5%LEL, phù hợp cho việc phát hiện cảnh báo nhanh nồng độ hydro gây nguy cơ cháy nổ trong môi trường không khí. Hệ thống này được thiết kế hoạt động liên tục 24/24, các mức cảnh báo có thể đặt trước tùy mức độ yêu cầu an toàn.		
Lĩnh vực ứng dụng	<ul style="list-style-type: none"> - Nhà máy, khu công nghiệp có chế tạo, sử dụng khí hydro. - Phòng thí nghiệm, trung tâm nghiên cứu. 		
Ưu điểm nổi bật	<ul style="list-style-type: none"> - Có thể thiết kế theo yêu cầu của khách hàng. - Sản phẩm được thiết kế, chế tạo hoàn toàn trong nước (Viện khoa học vật liệu – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam), vì vậy quá trình bảo dưỡng, bảo hành, chỉnh chuẩn lại là thuận tiện và chủ động. - 		
Ảnh minh họa			
	Một hệ thống thiết bị đo và cảnh báo khí hydro được chế tạo tại phòng thí nghiệm và triển khai trong thực tế		
Tình trạng ứng dụng triển khai	- Sản phẩm nghiên cứu	<input checked="" type="checkbox"/> Sản xuất thử nghiệm	<input type="checkbox"/>
	- Sản xuất theo đơn đặt hàng	<input checked="" type="checkbox"/> Sản xuất thường xuyên	<input type="checkbox"/>
Địa chỉ liên hệ	Phòng cảm biến và thiết bị đo khí, Viện Khoa học vật liệu, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội		

Tên sản phẩm	Hệ thiết bị khống chế và kiểm soát tham số tủ môi trường	
Xuất xứ công nghệ	Đề tài, dự án cấp: Nhà nước <input type="checkbox"/> Bộ, ngành <input type="checkbox"/> Khác <input checked="" type="checkbox"/>	
Mô tả sản phẩm	Hệ thống dựa trên các cảm biến hồng ngoại (CO ₂ , dải nồng độ: 0÷2000 ppm, 0÷10 %vol), cảm biến điện hóa (O ₂ , 0÷21 %vol), cảm biến nhiệt độ và độ ẩm để thiết kế chế tạo một hệ thống đồng bộ cho khống chế, điều khiển tự động các tham số môi trường như nồng độ khí CO ₂ , O ₂ , nhiệt độ và độ ẩm trong các tủ môi trường. Hệ thống này được thiết kế hoạt động liên tục 24/24.	
Lĩnh vực ứng dụng	Nhà máy, khu công nghiệp và các phòng thí nghiệm, nghiên cứu có liên quan	
Ưu điểm nổi bật	- Có thể thiết kế theo yêu cầu cầu khách hàng. - Sản phẩm được thiết kế, chế tạo hoàn toàn trong nước (Viện khoa học vật liệu – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam), vì vậy quá trình bảo dưỡng, bảo hành, chỉnh chuẩn lại là thuận tiện và chủ động.	
Ảnh minh họa		
	Một hệ thống thiết khống chế và điều khiển nồng độ khí CO ₂ , nhiệt độ và độ ẩm được triển khai trong thực tế	
Tình trạng ứng dụng triển khai	- Sản phẩm nghiên cứu <input checked="" type="checkbox"/> Sản xuất thử nghiệm <input type="checkbox"/> - Sản xuất theo đơn đặt hàng <input checked="" type="checkbox"/> Sản xuất thường xuyên <input type="checkbox"/>	
Địa chỉ liên hệ	Phòng cảm biến và thiết bị đo khí, Viện Khoa học vật liệu, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội	

Tên sản phẩm	Hệ thiết bị đo và cảnh báo nồng độ khí độc (CO), khí cháy nổ (HC) trong môi trường không khí
Xuất xứ công nghệ	Đề tài, dự án cấp: Nhà nước <input type="checkbox"/> Bộ, ngành <input checked="" type="checkbox"/> Khác <input type="checkbox"/>
Mô tả sản phẩm	Hệ thống dựa trên các cảm biến điện hóa (CO, dải nồng độ: 0÷500 ppm), cảm biến nhiệt xúc tác (HC, 0÷100%LEL) giúp đo đạc, giám sát và cảnh báo sớm nguy cơ khí độc hại và khí cháy nổ trong môi trường không khí. Hệ thống này được thiết kế hoạt động liên tục 24/24.
Lĩnh vực ứng dụng	Nhà máy, khu công nghiệp có liên quan.
Ưu điểm nổi bật	<ul style="list-style-type: none"> - Có thể thiết kế theo yêu cầu của khách hàng. - Sản phẩm được thiết kế, chế tạo hoàn toàn trong nước (Viện khoa học vật liệu – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam), vì vậy quá trình bảo dưỡng, bảo hành, chỉnh chuẩn lại là thuận tiện và chủ động.
Ảnh minh họa	 <p>Một hệ thống thiết bị đo và cảnh báo sớm nguy cơ khí cháy nổ, khí độc hại trong môi trường không khí</p>
Tình trạng ứng dụng triển khai	<ul style="list-style-type: none"> - Sản phẩm nghiên cứu <input checked="" type="checkbox"/> Sản xuất thử nghiệm <input type="checkbox"/> - Sản xuất theo đơn đặt hàng <input checked="" type="checkbox"/> Sản xuất thường xuyên <input type="checkbox"/>
Địa chỉ liên hệ	Phòng cảm biến và thiết bị đo khí, Viện Khoa học vật liệu, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Tên sản phẩm	Hệ thiết bị đo và phân tích thải ứng dụng cho tối ưu hóa quá trình đốt cháy nhiên liệu
Xuất xứ công nghệ	Đề tài, dự án cấp: Nhà nước <input checked="" type="checkbox"/> Bộ, ngành <input type="checkbox"/> Khác <input type="checkbox"/>
Mô tả sản phẩm	Hệ thiết bị được phát triển dựa trên cảm biến hấp thụ hồng ngoại cho các khí (CO, CO ₂ , NO _x , HC) và cảm biến điện hóa (khí O ₂) để phân tích nồng độ các khí phát thải từ quá trình đốt cháy nhiên liệu, từ đó đánh giá, phản hồi điều khiển cấp lượng nhiên liệu và khí O ₂ vào buồng đốt. Công nghệ này sẽ mang lại lợi ích về tiết kiệm nhiên liệu (năng lượng) và giảm lượng khí phát thải độc hại (CO ₂ , CO, NO _x , bụi,...) ra môi trường không khí.
Lĩnh vực ứng dụng	Nhà máy xi măng, nhà máy nhiệt điện, nồi hơi công nghiệp, sắt- thép, gốm sứ, v.v...
Ưu điểm nổi bật	<ul style="list-style-type: none"> - Có thể thiết kế theo yêu cầu cầu khách hàng. - Sản phẩm được thiết kế, chế tạo hoàn toàn trong nước (Viện khoa học vật liệu – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam), vì vậy quá trình bảo dưỡng, bảo hành, chính chuẩn lại là thuận tiện và chủ động.
Ảnh minh họa	
Tình trạng ứng dụng triển khai	<ul style="list-style-type: none"> - Sản phẩm nghiên cứu <input checked="" type="checkbox"/> Sản xuất thử nghiệm <input type="checkbox"/> - Sản xuất theo đơn đặt hàng <input checked="" type="checkbox"/> Sản xuất thường xuyên <input type="checkbox"/>
Địa chỉ liên hệ	Phòng Cảm biến và thiết bị đo khí, Viện Khoa học vật liệu, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

4. Phân tích ưu nhược điểm và lý do lựa chọn công nghệ

Hiện tại, Việt Nam có trên 100 nhà máy sản xuất xi-măng với phần lớn có công suất cỡ trung bình và nhỏ (<2500 tấn Clinker/ngày). Năng lượng từ quá trình đốt cháy than có thể chiếm đến 90% tổng năng lượng sử dụng trong các nhà máy sản xuất xi-măng. Trong đó, theo các đánh giá từ tập đoàn FLSmidth (chuyên cung cấp thiết bị và công nghệ cho sản xuất xi-măng) cùng với Tổng Công ty Công nghiệp Xi măng Việt Nam (VICEM) đã có nghiên cứu đánh giá về “*Hiện trạng công nghệ sản xuất các nhà máy xi măng của VICEM*” trên một số nhà máy sản xuất xi-măng vào tháng 3/2015 cho thấy chỉ số về năng lượng than sử dụng trên lượng sản phẩm Clinker đầu ra (cỡ 850 kCal./1 kg Clinker) cao khá nhiều so chuẩn Quốc tế. Tập đoàn này cũng đưa ra khuyến nghị trung hạn cho việc ứng dụng triển khai phân tích khí và kiểm soát là cách hiệu quả để vận hành lò trong sản xuất xi-măng. Trong báo cáo đánh giá “*Nghiệp vụ ủy thác hoạt động hợp tác song phương với Việt Nam về chuyển giao quốc tế công nghệ bảo vệ môi trường kiểu cùng có lợi*” của Hiệp hội quản lý Môi trường Công nghiệp Nhật Bản cho thấy việc quan trắc khí thải và xử lý khí thải trong các ngành công nghiệp nói chung và xi-măng nói riêng chỉ tập trung ở một số nhà máy sản xuất lớn. Trong báo cáo này cũng cho thấy Hệ thống phân tích khí cũng được dùng cho vận hành lò sản xuất xi-măng trong một số nhà máy công suất lớn/có liên doanh với nước ngoài. Theo ông Nguyễn Huy Quế (người đã có nhiều kinh nghiệm trong cố vấn và phụ trách kỹ thuật sản xuất tại các nhà máy xi-măng Bút Sơn, xi-măng Hoàng Thạch, xi-măng Yên Bình, xi-măng Lào Cai, ...), hệ thống phân tích khí trợ giúp cho vận hành sản xuất xi-măng là công cụ hữu hiệu và hiện tại được trang bị tại các nhà máy công suất lớn như xi-măng Bút Sơn, xi-măng Bỉm Sơn, xi-măng Hoàng Thạch, xi-măng Cẩm Phả, xi-măng Hạ Long, xi-măng ChinFon và xi-măng Nghi Sơn. Tuy vậy, phần lớn là các nhà máy xi-măng công suất nhỏ hay đã quá cũ (được xây dựng cách đây trên 10 năm), hiện nay cơ sở vật chất đã xuống cấp thì không có trợ giúp từ hệ thống phân tích khí hoặc đã hỏng không sử dụng được. Ngoài ra, môi trường khí từ

quá trình sản xuất xi-măng là rất khắc nghiệt (nồng bụi lớn, độ ẩm lớn, nhiệt độ cao, nhiều tác nhân ăn mòn,...) sẽ gây khó khăn bảo dưỡng, bảo trì và thay thế thường xuyên khi sử dụng sản phẩm nhập ngoại. Đây chính là trở ngại (liên quan đến chi phí rất lớn) cho doanh nghiệp. Vì vậy, quá trình vận hành lò cho sản xuất xi-măng ở đây phần nhiều dựa vào các tham số kinh nghiệm của người vận hành thông qua các tham số khác như nhiệt độ, áp suất, màu sắc và trạng thái đốt trong hệ thống, độ mở của các van gió; kiểm tra chất lượng sản phẩm Clinker đầu ra (thường là thời gian 2 giờ sau mỗi lượt sản xuất) để điều chỉnh cho loạt sản xuất sau, do vậy dẫn đến kém chính xác hoặc không đáp ứng trực tiếp kịp thời, nhất là đối với hệ thống đã cũ. Chỉ số Quốc tế về tiêu thụ năng lượng nhiệt từ than trong sản xuất xi-măng trung bình cỡ 730 kCal./1 kg Clinker. Đối với Việt Nam (nhà máy xi-măng Sông Thao, nhà máy xi-măng Yên Bình, nhà máy xi-măng Yên Bái, nhà máy xi-măng Lào Cai, v.v.) thì chỉ số này là cao có thể dao động trong khoảng từ 820 đến trên 1000 kCal./1 kg Clinker. Ngoài ra, theo khuyến cáo từ các hãng thiết bị thì việc cải tạo hoặc nâng cấp công đoạn nung Clinker có thể tiết kiệm nhiệt năng khoảng 15 ÷ 20 kCal./1 kg Clinker và 3 ÷ 5 kWh điện năng/tấn xi-măng. Việc phân tích được các chỉ số khí thải giúp cho điều khiển và vận hành lò nung ủ Clinker là giải pháp tốt và phù hợp để tiến đến được chỉ tiêu Quốc tế. Vì vậy, đây là bài toán thực tế cần giải quyết và có thể thực hiện đem lại những ý nghĩa về kinh tế- xã hội liên quan đến tiết kiệm năng lượng và hạn chế ô nhiễm môi trường.

Như vậy, hệ thống phân tích khí trong một nhà máy là cực kì quan trọng cho mục đích giám sát liên tục nồng độ khí trong quá trình vận hành sản xuất. Ngoài chức năng bảo vệ an toàn trong vận hành, hệ thống phân tích khí giám sát được nồng độ khí thải ra môi trường và đặc biệt phục vụ vận hành tốt dây chuyền thiết bị. Tối ưu hóa tình trạng làm việc của dây chuyền công nghệ. Hệ thống phân tích khí có thể được xem như là "tai, mắt" của người vận hành.

Nếu toàn bộ hệ thống phân tích khí làm việc tốt, người vận hành sẽ nắm bắt được tình trạng của lò nung và duy trì lò nung hoạt động ở trạng thái tốt nhất; giám sát kịp thời quá trình tắc tháp. Việt Nam cũng như trên thế giới đã có nhiều

nhà máy đã bị cháy nổ hệ lọc bụi tĩnh điện và nổ tháp trao đổi nhiệt, gây chết người và thiệt hại rất lớn trong sản xuất, vì vậy đưa hệ thống phân tích khí vào danh mục an toàn mang tính bắt buộc trong sản xuất xi-măng là cần thiết.

Các yếu tố như bụi, hơi ẩm, nhiệt độ cao luôn có trong môi trường khí phát thải. Vì vậy, việc phân tích từng loại khí trong môi trường này là rất phức tạp, đòi hỏi những thiết bị, công nghệ hiện đại và phù hợp. Trên thế giới, hệ phân tích khí có thể chia theo hai yêu cầu: Một là, đo đạc và phân tích chính xác các loại khí phát thải từ quá trình sản xuất ra môi trường không khí (thường đi kèm công nghệ rất đắt tiền hơn, chi phí vận hành bảo dưỡng lớn – Hệ quan trắc khí thải), theo hướng này chủ yếu đáp ứng cho yêu cầu pháp lý hay quản lý của nhà nước, và thường được áp dụng ở các nước tiên tiến, còn ở Việt Nam sẽ có quy định nghiêm ngặt bắt đầu từ năm 2018; Hai là, phân tích một số loại khí (gồm O_2 , CO, CO_2 , NO_x , và HC) để giúp điều khiển quá trình đốt cháy tối ưu nhiên liệu và an toàn trong vận hành, do vậy cấp độ phân tích nồng độ khí có độ chính xác ở mức độ vừa phải, dải nồng độ đo thường khá lớn. Ngoài ra, chúng ta cũng nhận thấy việc tối ưu hóa được quá trình đốt cháy giảm tiêu hao nhiên liệu cũng đồng nghĩa với việc giảm khí phát thải độc hại.

5. Tài liệu minh chứng công nghệ và sản phẩm

Phòng Cảm biến và thiết bị đo khí - Viện Khoa học vật liệu là một đơn vị nghiên cứu có kinh nghiệm trong chế tạo vật liệu và các loại linh kiện cho nhạy khí độc, khí cháy nổ. Ví dụ điển hình, cảm biến điện hóa rắn với cấu hình Pt/YSZ/(oxit kim loại) định hướng cho phân tích khí NO_x trong môi trường khí thải. Một số đề tài, dự án tham gia gần đây của Phòng:

- Đề tài “Nghiên cứu chế tạo cảm biến CO, HC và phát triển ứng dụng trong cảnh báo rò rỉ khí” của Sở KH-CN Hà Nội, 2010-2011, đã nghiệm thu đạt kết quả khá
- Đề tài thuộc *Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về vật liệu và linh kiện điện tử* thực hiện 2012-2013
- Đề tài được tài trợ từ *Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED)* thực hiện 2014-2016 và đã đạt được kết quả tốt. Đây là hướng sẽ được tiếp tục phát triển cho chế tạo được các cảm biến đo khí O_2 và NO_x .

Chúng tôi là đơn vị chủ động hoàn toàn trong việc thiết kế, chế tạo, lập trình phần mềm liên quan đến thiết bị điện tử, thiết bị phân tích và thiết bị hệ thống. Chúng tôi cũng sẽ kết hợp thực hiện các nội dung nghiên cứu trong đề tài với các đơn vị khác (ví dụ Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội, Đại học Hàng hải Việt Nam, Đại học Sư phạm và Kỹ thuật Hưng Yên) liên quan đến thiết kế chế tạo các bộ phận cơ khí, chế tạo thiết bị hệ thống trong công nghiệp, v.v.

Một số công trình khoa học đã đăng của Phòng:

- 1 Do Thi Thu, Hoang Thi Hien, Do Thi Anh Thu, Pham Quang Ngan, Giang Hong Thai, Chu Van Tuan, Tran Trung and Ho Truong Giang, Schottky contacts of (Au, Pt)/nanotube-titanates for fast response to NO₂ gas at room temperature, *Sensors and Actuators B* 244 (2017) 941-948.
- 2 Dzung Tuan Nguyen, My Thanh Nguyen, Giang Truong Ho, Toan Ngoc Nguyen, S. Reisberg, B. Piro and M.C. Pham, Design of interpenetrated network MWCNT/poly(1,5-DAN) on interdigital electrode: Toward NO₂ gas sensing, *Talanta* 115 (2013) 713-717.
- 3 Ho Truong Giang, Ha Thai Duy, Pham Quang Ngan, Giang Hong Thai, Do Thi Anh Thu, Do Thi Thu and Nguyen Ngoc Toan, Hydrocarbon gas sensing of nano-crystalline perovskite oxides LnFeO₃ (Ln = La, Nd and Sm), *Sensors and Actuators B* 158 (2011) 246-251.
- 4 Ho Truong Giang, Ha Thai Duy, Pham Quang Ngan, Giang Hong Thai, Do Thi Anh Thu and Nguyen Ngoc Toan, Nanosized perovskite oxide NdFeO₃ as material for a carbon-monoxide catalytic gas sensor, *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology* 2 (2011) 015012 doi:015010.011088/012043-016262/015012/015011/015012.
- 5 Ho Truong Giang, Ha Thai Duy, Pham Quang Ngan, Giang Hong Thai, Do Thi Anh Thu, Do Thi Thu and Nguyen Ngoc Toan, Effect of 3d transition metals on gas sensing characteristics of perovskite oxides LaFe_{1-x}Co_xO₃, *Analytical Methods* 6 (2013) 4252 - 4257.
- 6 Nguyen Duc Tho, Do Van Huong, Pham Quang Ngan, Giang Hong Thai, Do Thi Anh Thu, Do Thi Thu, Nguyen Thi Minh Tui, Nguyen Ngoc Toan and Ho Truong Giang, Effect of sintering temperature of mixed potential sensor Pt/YSZ/LaFeO₃ on gas sensing performance, *Sensors and Actuators B* 224 (2016) 747-754.
- 7 Ho Truong Giang, Ha Thai Duy, Pham Quang Ngan, Giang Hong Thai, Do Thi Anh Thu, Do Thi Thu and Nguyen Ngoc Toan, High sensitivity and selectivity of mixed potential sensor based on Pt/YSZ/SmFeO₃ to NO₂ gas, *Sensors and Actuators B* 183 (2013) 550-555.
- 8 Do Thi Thu, Do Van Huong, Pham Quang Ngan, Giang Hong Thai, Do Thi Anh Thu, Nguyen Ngoc Toan, Ho Truong Giang and Nguyen Thanh Huy, NO₂ sensing performance of nanosheet tungsten oxide with square-like surface

structure synthesized by hydrothermal process, Journal of Nanoscience and Nanotechnology 16 (2016) 7935-7941.

- 9 Nguyen Duc Tho, Do Van Huong, Ho Truong Giang, Pham Quang Ngan, Giang Hong Thai, Do Thi Anh Thu, Do Thi Thu, Nguyen Thi Minh Tui, Nguyen Ngoc Toan, Pham Duc Thang and Hoang Nam Nhat, High temperature calcination for analyzing influence of 3d transition metals on gas sensing performance of mixed potential sensor Pt/YSZ/LaMO₃ (M = Mn, Fe, Co, Ni), Electrochimica Acta 190 (2016) 215-220.



Hình ảnh gian trưng bày tại Hội chợ Techmart Hà nội 2010

Về nghiên cứu triển khai ứng dụng trong thực tế, Phòng cảm biến và thiết bị đo khí, Viện Khoa học vật liệu đã triển khai các hệ thống đo đạc và cảnh báo các khí độc, khí cháy nổ trong môi trường không khí sử dụng cảm biến chế tạo tại Phòng thí nghiệm như:

- Hệ thống đo và cảnh báo các khí CO, HC, H₂ trong môi trường không khí tại Trung tâm thử nghiệm khí thải phương tiện giao thông cơ giới đường bộ, Liên Ninh – Thanh Trì – Hà Nội, năm 2013

- Hệ cảnh báo khí cháy nổ H₂ tại Khu nạp bình acqy, Đà Nẵng, năm 2013

- Hệ thống kiểm soát độ ẩm và nồng độ khí CO₂ tại *Viện Bảo vệ thực vật, Đông Ngạc – Từ Liêm – Hà Nội, năm 2014*

- Hệ kiểm soát nồng độ CO₂ tại *Trường Đại học giao thông vận tải Hà Nội, năm 2015*

- Hệ thống cảnh báo cháy nổ khí H₂ tại *Công ty sản xuất kính nổi Viglacera – Bình Dương, năm 2016.*

Đây chính là các kinh nghiệm cho chúng tôi về lĩnh vực thiết kế chế tạo thiết bị điện tử, và đặc biệt khả năng triển khai trong thực tế. Ngoài ra, Phòng cũng đã giới thiệu sản phẩm tại các triển lãm KH&CN, phòng cũng đưa ra nhiều phương án kêu gọi hợp tác đầu tư để sản xuất thiết bị đo khí độc dễ cháy nổ để phục vụ xây dựng hệ thống cảnh báo.