



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0004480

(51) **G01N 23/222**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00791

(22) 13/12/2023

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/03/2024 432

(73) NGUYỄN THANH TÙY (VN)

39 Nguyễn Ngọc Vũ, tổ 2, phường Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam.

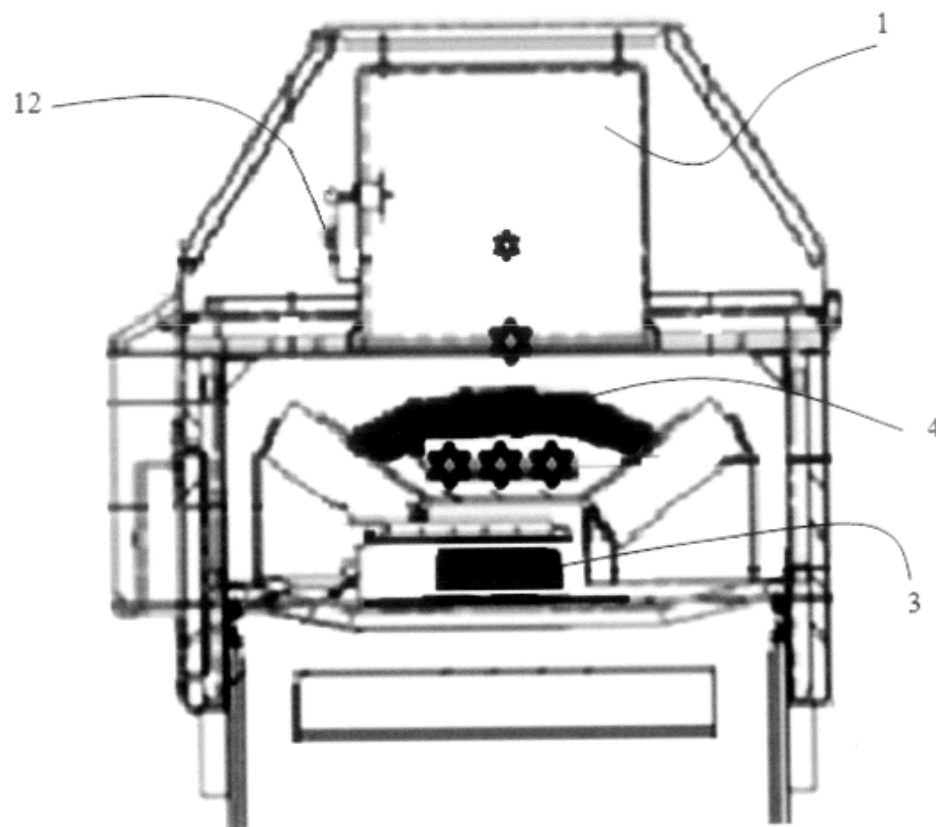
(72) Nguyễn Thanh Tuyền (VN); Khuông Thanh Tuấn (VN).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) THIẾT BỊ ĐO CHẤT LƯỢNG NGUYÊN VẬT LIỆU BẰNG KỸ THUẬT PHÂN
TÍCH KÍCH HOẠT NƠTRON-GAMMA TỨC THỜI (PGNAA)

(21) 2-2023-00791

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến thiết bị đo chất lượng nguyên vật liệu bằng kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron-gamma tức thời bao gồm khối đo hiện trường bao gồm nguồn phóng xạ có bộ điều khiển đóng/mở nguồn và đầu thu hạt nhân; khối xử lý tín hiệu được tạo kết cấu để phân tích tín hiệu thu được từ đầu thu hạt nhân và từ đó đưa ra phổ neutron và các thông số về chất lượng mẫu đo; và khối truyền dữ liệu và phản hồi được tạo kết cấu để xuất dữ liệu về thông số chất lượng mẫu đo và hiển thị trạng thái điều khiển cho người vận hành theo dõi và điều khiển nếu cần thiết. Thiết bị theo giải pháp hữu ích sử dụng nguồn phóng xạ với công suất nhỏ, có độ ổn định phổ cao, phép đo chính xác và xác định được nhiều thông số, cho phép tự động đóng mở nguồn phóng xạ khi thiết bị hoạt động và tự động khóa nguồn về chế độ an toàn khi thiết bị gặp sự cố hay khi mất điện đột ngột.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến thiết bị đo chất lượng nguyên vật liệu sử dụng trong lĩnh vực phát hiện bức xạ, cụ thể là thiết bị đo chất lượng nguyên vật liệu bằng kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron-gamma tức thời.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Hệ thống điều khiển hạt nhân (Nuclear Control System - NCS) đã được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp khác nhau như dầu khí, hóa chất, giao thông, xây dựng, năng lượng, xử lý chất thải, đo mức trong nhà máy bia, nhà máy nước, nhà máy lọc dầu, v.v. đo bề dày, đo mật độ vật chất, phân tích mẫu quặng, đất đá, v.v. để nâng cao chất lượng sản phẩm, tối ưu hóa quy trình, tiết kiệm năng lượng và nguyên vật liệu.

Các xu hướng trong quá trình công nghiệp hóa của các nước đang phát triển cho thấy công nghệ NCS sẽ tiếp tục đóng một vai trò quan trọng trong ngành công nghiệp của nhiều năm tới. Một trong những thay đổi quan trọng nhất của kỹ thuật hạt nhân là sự ra đời của quá trình xử lý nhanh, tức thời, hiển thị được nhiều thông số theo thời gian thực, đặc biệt được ưa thích với các thiết bị đo trực tuyến nguyên vật liệu trên băng tải. Công nghệ phân tích trực tuyến theo thời gian thực thành phần nguyên liệu công nghiệp là công nghệ phân tích chính xác đối với thành phần nguyên liệu trong quá trình cung cấp và/hoặc trong phối trộn công nghiệp. Các công nghệ chính để phát hiện và đo trực tuyến theo thời gian thực các thành phần nguyên vật liệu là: phân tích hồng ngoại, phân tích huỳnh quang tia X, phân tích kích hoạt neutron (Neutron Activation Analysis - NAA) và phân tích kích hoạt neutron-gamma tức thời (Prompt gamma neutron activation analysis - PGNAA). Trong số đó, do những hạn chế về đặc tính của nguồn bức xạ sử dụng, kỹ thuật phân tích huỳnh quang tia X và tia hồng ngoại chỉ có thể phân tích thành phần của lớp bề mặt đối với nguyên vật liệu dạng khối chứ không thể thực hiện phân tích thể tích. Công nghệ NAA có thể được sử dụng để đo không phá hủy với độ nhạy cao và độ chính xác tốt, nhưng không thể được sử dụng để phân tích trực tuyến theo thời gian thực và không thể xác định một số nguyên tố nhẹ như H, B, N, P, v.v..

Công nghệ PGNAA là công nghệ phân tích hạt nhân trực tuyến theo thời gian thực đa nguyên tố hiệu quả cho phép phân tích không phá hủy mẫu, có lợi thế đáng kể về độ nhạy của phân tích nguyên tố nhẹ. Đồng thời, vì cả neutron và tia gamma đều có khả năng xuyên thấu mạnh nên có thể thu được toàn bộ thông tin nguyên tố của nguyên vật liệu rời, vì vậy công nghệ này đã trở thành lựa chọn tốt nhất cho kiểm tra thành phần nguyên vật liệu rời trong công nghiệp. Về nguyên tắc, nó có thể đo hầu hết các nguyên tố trong bảng tuần hoàn, đặc biệt trong phân tích các nguyên tố có tiết diện phản ứng (neutron, gamma) lớn như B, Cd, Gd, H, v.v. với độ nhạy cao. Công nghệ PGNAA thường được sử dụng như một lựa chọn cuối cùng cho các phân tích thông thường đã sử dụng, công nghệ PGNAA đôi khi là phương pháp duy nhất phân tích các nguyên tố nhẹ trong các mẫu nguyên vật liệu lớn. Công nghệ PGNAA đáp ứng được tất cả các yêu cầu trên trong sản xuất do đó đã, đang và tiếp tục được sự quan tâm không chỉ của các cơ sở công nghiệp muốn lắp đặt mà còn thu hút sự quan tâm rất lớn của các nhà khoa học trong việc hoàn thiện công nghệ và chế tạo hệ thiết bị đo thân thiện với người sử dụng để cung cấp cho các cơ sở công nghiệp có yêu cầu. Công nghệ phát hiện và đo trực tuyến theo thời gian thực hàm lượng các nguyên tố trong nguyên vật liệu bằng công nghệ PGNAA có nguyên lý hoạt động: khi chiếu nguồn neutron vào mẫu nguyên vật liệu cần đo, neutron do nguồn phóng xạ phát ra bắn vào hạt nhân của nguyên tố có trong nguyên vật liệu, trong quá trình va chạm nhiều lần hạt nhân bắt neutron nhiệt về trạng thái bị kích thích và ngay tức thời phát ra tia gamma có năng lượng đặc trưng của nguyên tố trong thời gian cực ngắn chỉ 10^{-12} giây. Các tia gamma đặc trưng này được ghi nhận thông qua hệ thống đầu dò, được phân tích định tính, định lượng thành phần nguyên tố. Bằng cách phân tích năng lượng và cường độ của các tia gamma đặc trưng xác định được hàm lượng của các nguyên tố thành phần của nguyên vật liệu.

Ở Việt Nam, đã có một số thiết bị PGNAA phân tích trực tuyến hàm lượng nguyên tố trong vật liệu theo thời gian thực đo nguyên vật liệu đang vận chuyển trên băng tải tại một số nhà máy sản xuất xi măng và phân tích trực tuyến chất lượng than trong nhà máy nhiệt điện than. Đối với các nhà máy sản xuất xi măng, thiết bị phân tích hàm lượng nguyên tố trong vật liệu vận chuyển trên băng tải, gồm các thông số: clo (Cl), cacbon (C), thủy ngân (Hg), nitơ (N), lưu huỳnh (S), SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , TiO_2 , C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF , tỉ lệ nhôm, tỉ lệ silic.

Đối với nhà máy nhiệt điện, thiết bị phân tích than vận chuyển trên băng tải đưa ra báo cáo hàm lượng các thông số: clo (Cl), cacbon (C), thủy ngân (Hg), nitơ (N), lưu huỳnh (S), SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , TiO_2 .

Các ví dụ về các thiết bị đã có như trên bao gồm:

(1) Thiết bị phân tích Full Stream Elements Analyzer (FSEA) do Energy Technologies Inc (ETI) (Hoa Kỳ) sản xuất: Thiết bị này sử dụng công nghệ kích hoạt Neutron-Gamma tức thời (PGNAA) để đo hàm lượng phần trăm (%) các nguyên tố trong nguyên liệu ở thời gian thực (real-time), kèm theo bộ tích hợp Dual-Gamma (DGA - thiết bị phân tích bằng tia kép gamma) phân tích các chỉ tiêu tro, trọng lượng, tỉ trọng, nhiệt độ và độ ẩm.

(2) Hệ thống phân tích nguyên liệu CQM FLEX do ETI sản xuất: đây là máy phân tích thể hệ thứ hai được phát triển từ hệ CQM ban đầu, rất đáng tin cậy và chính xác. CQM FLEX mạnh mẽ, có thể kết hợp công nghệ PGNAA hoặc Pulsed Fast Thermal Neutron Activation (PFTNA), được thiết kế tương thích với dòng liệu từ máy lấy mẫu, dòng liệu chính dẫn từ băng tải hay một số băng tải trong nhà máy chế biến than, nhà máy nhiệt điện. Tuy nhiên, nhược điểm của hệ thiết bị này là phải gắn liền với băng tải chính để tự động lấy mẫu. Nếu không kết nối thiết bị với hệ băng tải cấp mẫu phân tích thì chúng không hoạt động được.

(3) Thiết bị phân tích than trực tuyến ECA3 do ETI sản xuất: thiết bị này cung cấp kết quả phân tích chất lượng dòng nhiên liệu chạy trên băng tải. ECATM đo và báo cáo về thành phần tro và lưu huỳnh. Tùy chọn đo và báo cáo độ ẩm. Nếu modul đo độ ẩm được sử dụng kèm theo thì ECA có thể tính toán và hiển thị giá trị nhiệt trị và Lbs SO_2 /triệu BTU. ECA thường được sử dụng để kiểm soát việc phân loại và phối trộn đồng nhất các loại than nhằm tối ưu hóa chất lượng than đầu ra, giảm yêu cầu chất lượng than đầu vào và kiểm soát hiệu quả hiệu suất sử dụng thiết bị. Có nhiều cấu hình tùy chọn bổ sung để tăng thêm các tính năng của thiết bị. Nếu cơ sở sử dụng không am hiểu hết các cấu hình bổ sung hoặc không đủ kinh phí để nhập cấu hình bổ sung thì không thể có một hệ thiết bị hoàn chỉnh ngay từ đầu. Việc nâng cấp bổ sung ở giai đoạn sau cũng có thể được nhưng mất nhiều thời gian hiệu chỉnh hoặc gặp khó khăn trong bố trí mặt bằng. (ví dụ, xem <https://www.energytechinc.com/fsea.php>).

(4) Thiết bị phân tích PGNAA CBX của Hãng Thermo Fisher: thiết bị này phân tích thời gian thực đối với nguyên liệu thô và nguyên liệu hỗn hợp trên băng tải. Công nghệ này có thể ứng dụng đối với nhiều loại vật liệu rời được trộn lẫn với nhau như đá vôi và sét trên băng tải. CBX sử dụng PGNAA để phân tích thành phần hóa và sử dụng kỹ thuật truyền vi sóng để thực hiện phân tích độ ẩm của vật liệu đi qua nó trên một băng tải tiêu chuẩn. Khung chính hình chữ H tạo điều kiện dễ dàng gắn kết các phần riêng lẻ của vỏ máy lại với nhau. Một hộp chứa nguồn phóng xạ độc lập, các đầu đọc và các thiết bị điện tử. Nguồn phóng xạ được đặt dưới phần giữa của băng tải, bao quanh bởi các vật liệu chắn ở phần thấp hơn. Phần trên chứa các đầu đọc tiếp nhận tia gamma. Khi lắp đặt hệ thiết bị thì phải dừng hoạt động và tiến hành luân băng tải đi qua khung chữ H.

(5) Thiết bị phân tích GEOSCAN-C (của hãng SCANTECH – Úc) dùng trong các nhà máy xi măng: Phân tích thời gian thực đối với nguyên liệu thô và nguyên liệu hỗn hợp trên băng tải. Công nghệ này có thể ứng dụng đối với nhiều loại vật liệu rắn, rời chứa trên băng tải. GEOSCAN-C sử dụng PGNAA phân tích thành phần và sử dụng kỹ thuật truyền vi sóng để thực hiện phân tích độ ẩm của vật liệu đi qua nó trên một băng tải tiêu chuẩn. GEOSCAN-C được cấu tạo từ hai phần: Khung chính là một đơn vị riêng lẻ chứa nguồn phóng xạ, các thiết bị dò và các thiết bị điện tử. Nguồn phóng xạ được đặt dưới phần giữa của băng tải, bao quanh bởi các vật liệu chắn ở phần thấp hơn. Phần trên chứa hộp đầu thu có nhiều bộ dò tia gamma. Hộp chứa các thiết bị điện tử làm bằng thép không gỉ gắn trên khung chính được đệm kín để ngăn không cho nước và bụi vào. Nó bao gồm máy tính phân tích, modem, UPS, các modul vào/ra và đường tiếp cận nguồn phóng xạ. GEOSCAN-C có một tấm chắn bên có thể tháo rời trong trường hợp lắp thêm băng trong suốt quá trình lắp đặt. Băng không tải khi quay lại sẽ chạy dưới bộ phân tích.

(6) Thiết bị phân tích AllScan (hãng Real Time Instrument - RTI – Úc) đã được phát triển để phân tích thành phần và hàm lượng nguyên tố trong than. Chi phí lắp đặt thấp và khả năng phân tích độ ẩm luôn được bao gồm mà không có chi phí bổ sung khiến tổng chi phí sở hữu (TCO) cho việc lắp đặt thông thường là thấp nhất trên thị trường. Thiết bị sử dụng nguồn Cf-252 với lượng khoảng 20 μ g. Tính năng của thiết bị có khả năng thay đổi các loại than khác nhau, loại bỏ nhu cầu hiệu chuẩn nhiều lần. Nó cung cấp nhiều thông tin hơn vì nó đo trực tiếp các nguyên tố riêng lẻ như Fe, Al, Si,

K, S, Ti, Ca và các nguyên tố khác. Thiết bị còn báo cáo các thông số như: giá trị nhiệt lượng trực tiếp; hệ số phát thải CO₂; tỷ lệ bazơ/axit; chỉ số bản; chỉ số xỉ; nhiệt độ kết hợp tro; độ ẩm.

Các thiết bị nêu ở trên đều phân tích theo thời gian thực, sử dụng công nghệ PGNAA có những nhược điểm sau:

- Hầu hết các giải pháp công nghệ đề cập ở trên đều chưa khai thác hết các tính năng vốn có của kỹ thuật PGNAA và do vậy thiết bị chưa đáp ứng đầy đủ các yêu cầu của sản xuất;

- Các thiết bị trên đây đều sử dụng nguồn phóng xạ là Cf-252 với lượng lớn, (các thiết bị (1) – (5) đều trên 50μg, thiết bị (6) là 20μg). Đồng thời, các thiết bị này yêu cầu nạp bổ sung nguồn mới cứ mỗi 3 năm cho đủ cường độ như khi lắp đặt ban đầu;

- Thiết bị (6) - AllScan phân tích than cũng còn tồn tại một số nhược điểm như thiếu một số thông số do chưa sẵn sàng đáp ứng yêu cầu trong thực tế ở Việt Nam, và cũng chỉ có thiết bị đo online bằng tải, không có thiết bị đo offline đặt trong phòng thí nghiệm để phân tích các mẫu rời.

Ngoài ra, công bố đơn sáng chế quốc tế số WO2020201210 đã bộc lộ thiết bị (1) để xác định thành phần nguyên tố của vật liệu (2) bao gồm: - thùng thu gom (3) dành cho vật liệu (2), - nguồn neutron (4), được bố trí trong hoặc trên thùng thu gom (3) và được tạo kết cấu để đưa neutron vào thùng thu gom (3), - bộ dò bức xạ (5), được bố trí trong hoặc trên thùng thu gom (3), để phát hiện bức xạ được tạo ra trong thùng thu gom (3) bởi neutron được đưa vào vật liệu (2), và - khối đánh giá (6) được cấu hình để xác định thành phần nguyên tố của vật liệu (2) từ bức xạ được phát hiện bởi bộ dò bức xạ (5) bằng cách sử dụng kỹ thuật PGNAA, và/hoặc phân tích kích hoạt neutron xung nhanh (Pulsed fast neutron activation analysis - PFTNA). Thiết bị này có thể được sử dụng để cải thiện khả năng kiểm soát trong các nhà máy điện và nồi hơi đốt bằng sinh khối và nhiên liệu thay thế, ví dụ như than. Thiết bị được mô tả cũng có thể được sử dụng trong ngành xi măng để định lượng các thành phần đầu vào theo nhu cầu. Việc xác định đặc tính trực tuyến và/hoặc đảm bảo chất lượng của các vật liệu khác nhau cũng có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị được mô tả. Tuy nhiên, giải pháp kỹ thuật này chưa bộc lộ về nguồn neutron cũng như việc đảm bảo an toàn phóng

xạ đối với vật tư linh kiện, với con người, môi trường và việc đảm bảo an toàn khi gặp sự cố.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Với mục đích nghiên cứu chế tạo thiết bị PGNAA với các yêu cầu kỹ thuật phù hợp với việc áp dụng cụ thể tại Việt Nam và khắc phục các hạn chế nêu trên, giải pháp hữu ích đề xuất thiết bị PGNAA có độ ổn định cao và phép đo chính xác, có thể áp dụng cho cả việc phân tích trực tuyến đối với nguyên vật liệu đang vận chuyển trên băng tải và việc phân tích mẫu rời trong phòng thí nghiệm, trong khi vẫn đảm bảo an toàn phóng xạ.

Để đạt được mục đích nêu trên, giải pháp hữu ích đề xuất thiết bị đo chất lượng nguyên vật liệu sử dụng kỹ thuật phân tích kích hoạt nơtron-gamma tức thời (PGNAA) bao gồm:

khối đo hiện trường bao gồm khối nguồn phóng xạ và đầu thu hạt nhân;

khối xử lý tín hiệu bao gồm các mạch điện tử có chức năng thu tín hiệu trong giải phổ năng lượng quan tâm và bộ xử lý trung tâm được tạo kết cấu để phân tích tín hiệu thu được từ đầu thu hạt nhân và từ đó đưa ra phổ năng lượng gamma từ đó tiến hành xử lý phổ, tính toán, xuất báo cáo các thông số về chất lượng nguyên vật liệu dưới dạng mẫu đo; và

khối truyền dữ liệu và phản hồi được tạo kết cấu để xuất dữ liệu về thông số chất lượng nguyên vật liệu và hiển thị trạng thái điều khiển cho người vận hành theo dõi và ra lệnh điều khiển nếu cần thiết; trong đó:

khối nguồn phóng xạ bao gồm cơ cấu có dạng khối trụ tròn chứa chất phóng xạ californi-252 (Cf-252) với lượng từ 5-15 μ g, và được bố trí ở trung tâm của khối chứa nguồn theo cách có thể quay được nhờ cần gạt được bố trí bên ngoài khối chứa nguồn, và khối chứa nguồn được kết cấu với lớp vỏ bảo vệ nhiều lớp bao gồm lớp phản xạ, lớp cản xạ và hấp thụ nơtron, lớp chì, và lớp vỏ thép,

khối nguồn phóng xạ còn bao gồm bộ điều khiển đóng/mở nguồn bao gồm nam châm điện, trong đó khi nam châm điện được cấp điện, nam châm điện sẽ hút cần gạt làm quay khối trụ tròn về vị trí hoạt động để mở nguồn phóng xạ, và khi nam châm

điện được ngắt cấp điện, cần gạt bị nhả ra làm khối trụ tròn quay ngược trở lại vị trí đóng nguồn phóng xạ là vị trí an toàn, và

đầu thu hạt nhân bao gồm đầu dò BGO (bitmut germanat $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) được đặt trong hộp đầu thu hạt nhân, trong đó có lắp đặt ống nhân quang điện (photomultiplier tube - PMT), bảng mạch cao áp (High Voltage - HV), bộ biến đổi tương tự số (Analog to Digital Converter - ADC), bộ vi xử lý, bộ cảm biến đo nhiệt độ, bộ điều khiển ổn định nhiệt độ.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, khối chứa nguồn có kết cấu dạng hình hộp có cửa chiếu nguồn nằm ở góc chiếu của nguồn phóng xạ, lớp phản xạ làm bằng graphit hoặc berili giúp các neutron phát ra từ nguồn được phản xạ, hội tụ đi về cùng một góc chiếu hướng vào nguyên vật liệu, phía ngoài lớp phản xạ là lớp cản xạ và hấp thụ neutron làm bằng hỗn hợp nhựa polyetylen (PE) hoặc parafin pha tỷ lệ 5% Bo (B) nhằm làm chậm và hấp thụ các neutron mà chưa hội tụ về góc chiếu hướng vào nguyên vật liệu.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, khối chứa nguồn còn bao gồm lớp làm chậm được bố trí trong góc chiếu nằm trước cửa chiếu nguồn, lớp làm chậm được làm bằng vật liệu PE hoặc paraffin. Lớp làm chậm này có tác dụng làm các neutron phát ra từ nguồn và được hội tụ về góc chiếu được nhiệt hóa tối đa trước khi chúng đâm xuyên vào mẫu đo để kích hoạt hạt nhân các nguyên tố trong mẫu đo gây phản ứng PGNA.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, lớp vỏ bảo vệ của hộp chứa nguồn nằm phía ngoài lớp cản xạ - hấp thụ neutron là Pb dày 25-30mm nhằm cản gamma ra ngoài, lớp ngoài cùng bằng thép dày 5-10mm có nhiệm vụ cản xạ gamma và giữ cố định hình khối của khối chứa nguồn không bị thay đổi hình dạng do tác động của ngoại lực hay do điều kiện thời tiết môi trường.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, bên trong hộp đầu thu hạt nhân còn bao gồm cốc nhôm được bố trí để bao phủ đầu dò BGO và PMT, bên ngoài cốc nhôm cũng như hai mặt trong và ngoài của hộp đầu thu hạt nhân được sơn phủ lớp vật liệu hấp thụ neutron.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, bộ điều khiển ổn định nhiệt độ bên trong hộp đầu thu hạt nhân bao gồm bộ làm lạnh và bộ làm nóng giúp ổn định nhiệt độ

của hộp đầu thu hạt nhân. Theo phương án khác, hộp đầu thu hạt nhân còn bao gồm quạt đối lưu để đối lưu không khí bên trong hộp đầu thu hạt nhân giúp cho nhiệt độ đồng đều trong hộp đầu thu khi điều hòa nhiệt độ.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Nhờ có thiết bị đo chất lượng nguyên vật liệu bằng kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron-gamma tức thời theo giải pháp hữu ích đã đạt được các lợi ích như sau:

Tiết kiệm chi phí đầu tư, chi phí vận hành, an toàn khi sử dụng nhờ sử dụng nguồn phóng xạ có khối lượng nhỏ cỡ;

Thiết bị có thể sử dụng phân tích trực tuyến trên băng tải và phân tích ngoại tuyến trong phòng nghiên cứu;

Tự động đóng mở nguồn phóng xạ khi thiết bị hoạt động và tự động khóa nguồn về chế độ an toàn khi thiết bị gặp sự cố hay khi mất điện đột ngột; và

Thời gian định kỳ nạp bổ sung nguồn lâu hơn từ 2-3 lần, tương ứng 7-10 năm so với các thiết bị khác.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các nguyên lý, đặc điểm thuận lợi của giải pháp hữu ích sẽ trở nên rõ ràng hơn từ phần mô tả sau đây với các hình vẽ minh họa kèm theo, trong đó:

Hình 1 là hình vẽ mặt cắt sơ lược thể hiện khối đo hiện trường của thiết bị đo chất lượng nguyên vật liệu bằng kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron-gamma tức thời theo giải pháp hữu ích.

Hình 2 là hình vẽ mặt cắt sơ lược thể hiện khối đo hiện trường của thiết bị theo giải pháp hữu ích khi được lắp đặt trong buồng đo ngoại tuyến.

Hình 3 là hình vẽ phối cảnh thể hiện hộp chứa nguồn trong đó thể hiện sự bố trí cần gạt và nam châm điện bên ngoài hộp chứa nguồn.

Hình 4 là biểu đồ thể hiện kết quả phân tích sự chồng phổ năng lượng của các nguyên tố trong phổ PGNA.

Hình 5 là sơ đồ thể hiện thuật toán mạng trí tuệ nhân tạo (Artificial neuron network – ANN) và mối quan hệ các thông số đầu vào – đầu ra được ứng dụng theo giải pháp hữu ích.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Theo giải pháp hữu ích, thiết bị đo chất lượng nguyên vật liệu bằng kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron-gamma tức thời bao gồm khối đo hiện trường gồm khối nguồn phóng xạ 1 và đầu thu hạt nhân 3; khối xử lý tín hiệu được tạo kết cấu để phân tích tín hiệu thu được từ đầu thu hạt nhân 3 và từ đó đưa ra phổ gamma rồi tiến hành xử lý và tính toán các thông số về chất lượng mẫu đo 4 mà được bố trí ở giữa khối nguồn phóng xạ 1 và đầu thu hạt nhân 3; và khối truyền dữ liệu và phản hồi được tạo kết cấu để xuất dữ liệu về thông số chất lượng mẫu đo 4 và hiển thị trạng thái điều khiển cho người vận hành theo dõi và điều khiển nếu cần thiết.

Khối đo hiện trường gồm khối nguồn phóng xạ 1 và đầu thu hạt nhân 3 được thiết kế thành các phần riêng biệt và cách xa nhau sao cho có thể đặt mẫu cần đo giữa hai phần này. Tùy theo mục đích sử dụng, thiết bị được lắp đặt trên băng tải để đo mẫu nguyên vật liệu trực tiếp đang chạy trên băng tải hoặc thiết bị được lắp đặt trong buồng đo ngoại tuyến trong các phòng thí nghiệm như được thể hiện trên Hình 2, trong đó mẫu đo 4 ngoại tuyến được đặt trong buồng đo được bố trí ở giữa khối nguồn phóng xạ 1 và hộp đầu thu hạt nhân 3.

Khối nguồn phóng xạ 1

Khối nguồn phóng xạ 1 bao gồm cơ cấu có dạng khối trụ tròn, bên trong chứa chất phóng xạ Cf-252 11 với khối lượng nhỏ chỉ trong khoảng 5-15 μ g (với thiết bị được lắp đặt trong buồng đo ngoại tuyến trong các phòng thí nghiệm thì nguồn phóng xạ là 5 μ g; thiết bị đo online băng tải có độ rộng dưới 1,4m thì nguồn phóng xạ là 5-10 μ g; thiết bị đo online băng tải có độ rộng trên 1,4m thì nguồn phóng xạ là 10-15 μ g). Thông thường nguồn phóng xạ phát ra theo hình cầu về tất cả các hướng xung quanh (gọi là theo 4π), giải pháp kỹ thuật được sử dụng là dùng tấm graphit hoặc berylli được ghép xung quanh nguồn phóng xạ Cf-252 với bề dày tương ứng với khối lượng nguồn phóng xạ đang sử dụng để các neutron phát ra được phản xạ, hội tụ đi về cùng một góc chiếu hướng vào mẫu nguyên vật liệu cần đo. Nhờ sử dụng tấm graphit hoặc berylli với bề dày tối ưu sẽ giảm khối lượng nguồn phóng xạ xuống mức đủ nhỏ thay vì dùng nguồn có khối lượng lớn trên 50 μ g. Mặt khác, dòng neutron nhanh phát ra từ nguồn phóng xạ sau khi được hội tụ về một góc chiếu thì được làm chậm (quá trình nhiệt hóa) tối đa thành neutron nhiệt trước khi chúng đi vào mẫu nguyên vật liệu cần đo, kết

quả có nhiều neutron nhiệt và quá nhiệt đi vào và va chạm mẫu nguyên vật liệu cần đo làm cho số phản ứng kích hoạt tăng lên rất nhiều, đồng nghĩa là làm cho khả năng sinh gamma đặc trưng tăng lên rất nhiều đến mức tối đa nhờ đó làm cho độ nhạy của thiết bị tăng lên. Sử dụng nguồn phát có cường độ nhỏ có nhiều lợi ích như dễ dàng che chắn đảm bảo tốt về an toàn bức xạ cho người sử dụng, cho môi trường và rất phù hợp với thiết bị PGNAA phân tích ngoại tuyến trong nhà máy, phòng nghiên cứu; ngoài ra vì nguồn cường độ nhỏ nên giá nhập khẩu rẻ hơn nhiều so với nguồn lớn và thuận tiện trong việc thuê phương tiện vận chuyển hàng không khi nhập khẩu nguồn phóng xạ.

Để đạt được sự vận hành ổn định và có độ chính xác cao, yêu cầu là làm sao tất cả các neutron phát ra từ nguồn đều được phản xạ về góc chiếu 5, chúng được nhiệt hóa, đều đi vào mẫu nguyên vật liệu đo và tương tác được với các nguyên tố của mẫu nguyên vật liệu đo để đều sinh ra tia gamma đặc trưng và đều được đi vào đầu dò BGO 31. Các tia gamma không đi vào đầu dò BGO 31 và các neutron đi ra khỏi hộp chứa nguồn mà không đi qua mẫu nguyên vật liệu cần đo, các neutron đi ra ngoài mẫu đo 4 trong đó có các neutron đi thẳng vào đầu dò BGO 31 đều là vô ích và có hại cho đầu dò BGO 31 và cho môi trường xung quanh. Chính vì thế phải có các cơ cấu bảo vệ trong hộp chứa nguồn, hộp đầu thu hạt nhân, khu vực đo mẫu nguyên vật liệu trực tuyến hoặc khung máy xung quanh thiết bị đo ngoại tuyến để bảo vệ vật tư linh kiện, bảo vệ người vận hành và bảo vệ môi trường tránh không bị bức xạ neutron và gamma gây ra các tác động xấu.

Do đó, khối chứa nguồn 1 cần được kết cấu với lớp vỏ bảo vệ nhiều lớp bao gồm lớp phản xạ bằng tấm graphit hoặc berylli 6, lớp cản xạ và hấp thụ neutron 13 bằng hỗn hợp nhựa PE hoặc parafin chứa 5% B theo trọng lượng, lớp chì dày 25-30mm, và lớp ngoài cùng là lớp vỏ thép dày 5-10mm. Lớp vỏ thép này ngoài nhiệm vụ cản xạ tia gamma, còn có nhiệm vụ chủ yếu là chịu lực và định hình hộp chứa nguồn để không bị thay đổi hình dạng do tác động của ngoại lực hay điều kiện môi trường. Toàn bộ các lớp được cố định bởi 4 thanh thép ren ốc có đường kính 14mm.

Ngoài ra, để nhiệt hóa tối đa các neutron phát ra từ nguồn và được hội tụ về góc chiếu 5 trước khi chúng đâm xuyên vào mẫu đo 4 để kích hoạt hạt nhân các nguyên tố trong mẫu đo 4 gây phản ứng PGNAA, phần nằm trong góc chiếu được làm bằng vật liệu PE hoặc paraffin. Góc chiếu dạng hình nón là phần còn lại của hình hộp lớp phản xạ kéo dài qua các lớp cản xạ và hấp thụ neutron 13, lớp chì và lớp thép.

Thiết bị đo chất lượng nguyên vật liệu bằng kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron-gamma tức thời khi ở chế độ không hoạt động, nguồn phóng xạ Cf-252 ở vị trí an toàn tức đầu ra nguồn phóng xạ hướng vào tâm của khối chứa nguồn 1. Khi thiết bị thực hiện phân tích mẫu nguyên vật liệu, đầu ra nguồn phóng xạ Cf-252 quay về phía hộp đầu thu hạt nhân có chứa đầu dò BGO 31 nhờ nam châm điện 14, mở nguồn phóng xạ. Khi có lệnh dừng hoạt động, đóng nguồn phóng xạ Cf-252 và cơ cấu chứa nguồn phóng xạ quay ngược trở lại vị trí an toàn ban đầu. Trường hợp thiết bị gặp sự cố hoặc mất điện đột ngột đều gây ra cắt nguồn điện cấp cho nam châm điện 14, lập tức cơ cấu chứa nguồn phóng xạ Cf-252 quay ngược trở lại 180° về vị trí an toàn ban đầu.

Với kết cấu bảo vệ nguồn phóng xạ như trên, việc thất thoát phóng xạ ra môi trường được hạn chế tối đa, nhờ sử dụng lớp phản xạ 6 và lớp làm chậm 5 làm cho lượng nguồn phóng xạ thực tế sử dụng được giảm xuống rất đáng kể và nhờ thuật toán xử lý phổ tính hàm lượng các nguyên tố theo tỷ số tốc độ đếm của hai cửa sổ năng lượng (RAT) và tính các thông số không trực tiếp từ phổ năng lượng bằng mạng neuron nhân tạo làm cho thời gian định kỳ nạp bổ sung nguồn được kéo dài lâu hơn từ 2-3 lần, tương ứng 7-10 năm so với các thiết bị khác.

Đầu thu hạt nhân 3

Việc thu tín hiệu hạt nhân được thực hiện theo nguyên tắc sau. Khi neutron nhanh phát ra từ nguồn theo các hướng khác nhau được hội tụ về một góc, là phần còn lại của hình khối lớp phản xạ gọi là góc chiếu, nằm ở phía mặt dưới của hộp chứa nguồn. Các neutron được hội tụ về góc chiếu tiếp tục xuyên qua lớp làm chậm 5 bằng PE và bị nhiệt hóa do va chạm với các hạt nhân polyetylen, chúng tiếp tục đâm xuyên vào mẫu nguyên vật liệu cần đo. Các neutron nhiệt và quá nhiệt sẽ tương tác với hạt nhân nguyên tử của nguyên tố của mẫu nguyên vật liệu cần đo và bị bắt bởi các hạt nhân nguyên tố có trong mẫu nguyên vật liệu cần đo. Trong quá trình va chạm, hạt nhân bắt neutron nhiệt và rơi vào trạng thái bị kích thích không bền đồng thời phát ra tia gamma có mức năng lượng đặc trưng trong thời gian rất ngắn khoảng 10^{-12} giây, đây là quá trình PGNAA, còn được gọi là quá trình bắt neutron nhiệt (Thermal Neutron Capture - TNC). Neutron quá nhiệt trong quá trình va chạm với các hạt nhân của mẫu nguyên vật liệu cần đo cũng sinh gamma, đây là quá trình tán xạ neutron không đàn hồi (Inelastic Neutron Scattering - INS). Các tia gamma chủ yếu do thành phần chính của nguyên vật liệu tạo ra (Al, Si, Fe, Ca, Ti, S) có năng lượng trên 3 MeV. Ngược lại, tia gamma

sinh ra do tán xạ neutron không đàn hồi và phóng xạ tự nhiên có năng lượng chủ yếu dưới 3 MeV. Điều này làm cho PGNAA ít nhạy cảm hơn với sự can thiệp từ các tương tác neutron khác. Các tia gamma được sinh ra trong quá trình tương tác của neutron với hạt nhân của nguyên tố thành phần trong mẫu nguyên vật liệu cần đo do có năng lượng cao sẽ đâm xuyên qua mẫu nguyên vật liệu cần đo đi ra bên ngoài và tiếp tục tương tác với các vật thể gặp trên đường đi trong đó có tinh thể đầu dò BGO 31. Khi tia gamma tương tác với tinh thể của BGO và đi vào đầu dò, mỗi một tia gamma khi tương tác với tinh thể làm phát ra một chớp sáng. Chớp sáng được ống nhân quang điện (PMT) gắn liền với đầu dò BGO 31 chuyển thành tín hiệu điện. Tùy theo mức năng lượng và cường độ của các tia gamma va đập vào đầu dò BGO 31 mà chúng tạo ra các mức điện áp khác nhau với tần suất khác nhau. Các tia gamma nói chung và tia gamma đặc trưng hạt nhân nguyên tố được ghi nhận thông qua đầu dò BGO 31, sau đó được phân tích định tính, phân tích định lượng ra thành phần nguyên tố và bằng cách phân tích năng lượng và cường độ của các tia gamma đặc trưng xác định được hàm lượng nguyên tố hoặc hàm lượng oxit của nguyên tố đó có trong nguyên vật liệu được đo.

Theo đó, đầu thu hạt nhân 3 bao gồm đầu dò BGO 31 được ghép liền với ống nhân quang điện PMT đặt trong hộp đầu thu cùng với bảng mạch cao áp (HV), bộ biến đổi tương tự số (ADC), bộ vi xử lý, bộ cảm biến đo nhiệt độ, hai bộ điều khiển ổn định nhiệt độ.

Hộp đầu thu hạt nhân có vỏ bằng inox 304, tinh thể đầu dò BGO và PMT được bao bọc bởi cốc nhôm, mặt ngoài cốc nhôm cũng như mặt trong và ngoài của hộp đầu thu hạt nhân được sơn phủ một lớp vật liệu hấp thụ neutron là hỗn hợp nhựa epoxy B-10 và araldite 488E theo tỷ lệ 1 : 3 có trọng lượng 15-16mg/cm².

Mức điện áp duy trì cho đầu dò BGO 31 là +1600V, do đó cần sử dụng khối cao áp để duy trì mức điện áp này cho đầu dò BGO 31.

Chế độ làm việc của đầu dò BGO 31 ảnh hưởng bởi sự thăng giáng của nhiệt độ môi trường xung quanh đầu dò cho nên biên độ xung lối ra của đầu dò sẽ làm thay đổi vị trí đỉnh phổ và ảnh hưởng tới độ phân giải năng lượng của phổ ghi nhận được trong quá trình phân tích mẫu. Cho nên hộp đầu thu hạt nhân chứa đầu dò BGO 31 cần được giữ ổn định ở một mức nhiệt độ cố định, thiết bị này chọn mức nhiệt độ là +25°C. Căn cứ vào mức nhiệt độ +25°C, dựa vào nhiệt độ đo được trong hộp đầu đo mà bộ điều

hiển “ra lệnh” cho bộ làm lạnh hay bộ làm nóng hoạt động để giảm hoặc tăng nhiệt độ trong hộp đầu đo về mức $+25^{\circ}\text{C}$. Mặc dù, nhiệt độ môi trường đầu đo được giữ “ổn định” nhưng vẫn có sự thay đổi phổ năng lượng, cụ thể là đỉnh năng lượng nguyên tố hydro (H) vẫn có thể trôi khỏi vị trí ban đầu, có thể trôi lên hoặc trôi xuống một số kênh do một số nguyên nhân trong đó có nguyên nhân chế độ làm việc của các mạch điện tử chức năng thành phần có sự thay đổi khác nhau do sự già hóa của linh kiện điện tử (PMT, IC,...). Lúc này, phương pháp điều chỉnh giá trị cao áp cấp cho đầu dò BGO 31 hoặc điều chỉnh hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại xung tín hiệu được thực hiện. Bước điều chỉnh từ lớn đến mức nhỏ dần sao cho vị trí đỉnh năng lượng 2,22 MeV của nguyên tố H từ từ trở về vị trí lấy làm mốc (kênh 440) và sau đó duy trì “giữ” ở vị trí này.

Nhược điểm của đầu dò BGO 31 là chế độ làm việc bị ảnh hưởng theo nhiệt độ môi trường làm việc. Để đầu dò BGO 31 có độ ổn định phổ cao hơn, phép đo chính xác và xác định được nhiều thông số hơn, hộp đầu thu hạt nhân được ổn định nhiệt độ nhờ bộ điều khiển ổn định nhiệt độ trên cơ sở nhiệt độ được xác định bằng bộ cảm biến nhiệt độ lắp trong hộp đầu thu.

Bộ điều khiển ổn định nhiệt độ được lắp bên trong hộp đầu thu hạt nhân gồm hai bộ sò nóng-lạnh có chức năng điều khiển bộ sò làm nóng và bộ sò làm lạnh hoạt động độc lập nhằm làm lạnh vào mùa nóng và làm nóng vào mùa lạnh. Bộ điều khiển ổn định nhiệt độ này là các bộ bán dẫn làm lạnh siêu công nghệ. Tấm bán dẫn siêu công nghệ hay còn gọi là sò nóng - lạnh là cấu kiện bán dẫn có tính chất làm lạnh theo hiệu ứng peltier. Nhiệt độ cần ổn định của hộp đầu thu hạt nhân/hộp điều khiển là 25°C cho nên chế độ làm việc của sò nóng lạnh sẽ luôn luôn được duy trì tốt. Khi nhiệt độ môi trường lớn trên 25°C , mức chênh lệch dương độ thì bộ làm lạnh hoạt động; Khi nhiệt độ môi trường dưới 25°C , mức chênh lệch âm thì bộ làm nóng sẽ hoạt động. Đo nhiệt độ bên trong hộp đầu thu hạt nhân sử dụng cảm biến LPS22HH. Bộ điều khiển ổn định nhiệt độ sẽ căn cứ vào nhiệt độ cần khống chế (25°C), nhiệt độ thực tế trong hộp đầu thu hạt nhân (chênh lệch dương hay âm) và ngưỡng điều khiển (mức chênh lệch) khoảng 2°C để cấp/ngắt nguồn điện cung cấp cho tấm bán dẫn làm lạnh hay làm nóng hoạt động.

Tín hiệu hạt nhân đầu ra của đầu dò BGO 31 được PMT chuyển đổi thành tín hiệu điện và đi qua các khối điện tử chức năng: tiền khuếch đại, khuếch đại, biến đổi

tương tự sang số và phân tích biên độ đa kênh (Multichannel Analyzer - MCA) chuyển đổi thành phổ năng lượng của hạt nhân tương ứng với dải năng lượng của các tia gamma thu nhận được. Mạch tiền khuếch đại là bộ khuếch đại nhạy điện tích ghép nối với bộ PMT của đầu dò BGO 31 có nhiệm vụ ghi nhận tín hiệu bức xạ tới đầu dò BGO 31 và biến đổi tín hiệu ghi nhận được thành xung điện áp có biên độ cỡ vài trăm milivôn tỉ lệ với tín hiệu bức xạ đi tới đầu dò BGO 31. Chức năng chính của tiền khuếch đại là phối hợp trở kháng, tăng tỷ lệ S/N, khuếch đại tín hiệu lên một phần đồng thời có tác dụng hình thành xung. Sau đó, tín hiệu lối ra của tiền khuếch đại được đưa tới khối phổ kế đa kênh bao gồm các bộ phận chính là: mạch khuếch đại phổ; mạch tạo ngưỡng tín hiệu phân tích; mạch giữ đỉnh; mạch biến đổi ADC; mạch điều khiển logic; mạch vi điều khiển. Khối phổ kế đa kênh được thiết kế dựa trên bộ biến đổi tương tự - số Flash ADC AD7472 và bộ vi điều khiển ARM STM32F407VET6. Bộ vi điều khiển có nhiệm vụ điều khiển toàn bộ các hoạt động của khối xử lý tín hiệu. Tín hiệu từ bộ tiền khuếch đại tiếp tục được bộ khuếch đại làm lớn theo một hệ số được xác định theo nguyên tắc mức năng lượng gamma trong dải phân tích từ 0 – 10 MeV thì lối ra bộ khuếch đại (là lối vào ADC) có mức điện áp từ 0 – 10 VDC. Độ phân giải của ADC: 2048 kênh, độ rộng kênh là 5KeV; Dữ liệu bộ nhớ: 4 byte số đếm trên 1 kênh; Thời gian cho một biến đổi: 12 μ S.

Các giải pháp kỹ thuật trong xử lý phổ như làm trơn phổ, tìm và xác định đỉnh phổ, ổn định phổ, chuẩn năng lượng, lưu phổ do bộ vi xử lý trong từng hộp đầu thu thực hiện; Các giải pháp kỹ thuật trong xử lý phổ như cộng phổ, xác định các cửa sổ năng lượng theo yêu cầu của thuật toán xử lý phổ làm đường chuẩn và tính toán ra thông số đúng với thực tế theo thời gian thực khi phân tích do bộ vi xử lý trung tâm thực hiện.

Độ khuếch đại của thiết bị điện tử được ổn định tự động bằng cách sử dụng đỉnh tia gamma 2,22 MeV thu được từ hydro. Đỉnh này nổi bật trong phổ tia gamma do hàm lượng hydro trong nguyên vật liệu cao. Đỉnh được định vị ở kênh 440 trong phổ năng lượng, điều chỉnh độ phân tán năng lượng là 5 keV trên mỗi kênh. Độ ổn định khuếch đại đặc biệt quan trọng với đầu dò BGO 31 vì chúng cực kỳ nhạy cảm với sự thay đổi nhiệt độ. Do đó hộp đầu thu hạt nhân được ổn định nhiệt độ theo 2 mùa nóng và lạnh nhờ sử dụng bộ cảm biến nhiệt độ để điều khiển ổn định nhiệt độ bên trong hộp đầu thu hạt nhân bằng hai bộ sò nóng-lạnh.

Cũng có thể sử dụng các bộ biến đổi số-tương tự (DAC) để thay đổi giá trị điện áp ra của khối cao áp nuôi đầu thu hạt nhân 3, thay đổi hệ số khuếch đại của mạch khuếch đại biên độ, duy trì giá trị ổn nhiệt khối chứa đầu thu hạt nhân 3, vv. nhằm mục đích ổn định phổ tại một mức xác định khi chế độ làm việc của đầu thu hạt nhân 3, của các mạch điện tử như cao áp, khuếch đại phổ, nhiệt độ làm việc của khối chứa đầu thu hạt nhân 3 đã bị thay đổi theo nhiệt độ môi trường.

Ngoài ra, thiết bị theo giải pháp hữu ích có thể sử dụng nhiều đầu thu hạt nhân 3. Nếu số đếm của 01 kênh thu phổ với đầu thu hạt nhân 3 chính (nằm đối diện với cửa chiếu nguồn) không đủ số lượng cần thiết để đảm bảo độ chính xác, độ nhạy của phép thu phổ thì sẽ tiến hành lắp đặt thêm một đến vài hộp đầu thu để khi cộng số đếm với từng kênh của đầu thu hạt nhân 3 tiếp theo, kênh đầu thu hạt nhân 3 thứ hai và thứ ba, v.v. sao cho tổng số đếm vượt số lượng yêu cầu nhằm đảm bảo độ chính xác cao. Trường hợp thiết bị có từ 2 đầu thu hạt nhân 3 trở lên (nhiều kênh thu phổ) thì cần thực hiện việc đồng bộ các kênh, thực chất là đồng bộ các MCA để có MCA tổng cho hệ thiết bị. Quá trình đồng bộ hóa được thực hiện khi lần lượt các kênh thực hiện tự động ổn định phổ và chuẩn năng lượng về cùng một thang đo, vị trí đỉnh năng lượng 2,22MeV của nguyên tố H luôn luôn cùng ở kênh 440. Sau khi đồng bộ MCA và có phổ tổng thì phần mềm mới thực hiện việc tính toán, biến đổi số liệu cho ra các thông số chất lượng nguyên vật liệu mà thiết bị được yêu cầu phân tích.

Phổ gamma thu nhận trong quá trình nguồn neutron chiếu mẫu nguyên vật liệu là sự phản ánh trung thực về chất lượng nguyên vật liệu đang phân tích. Tuy nhiên, biến đổi từ phổ gamma thành các số liệu cụ thể và đầy đủ thông số về chất lượng mẫu nguyên vật liệu cần đo, phổ gamma được xử lý bằng một loạt các giải pháp kỹ thuật và thuật toán thông minh trong bộ xử lý trung tâm của khối xử lý tín hiệu.

Bộ xử lý trung tâm của khối xử lý tín hiệu

Bộ xử lý trung tâm được tạo kết cấu để phân tích dữ liệu thu được từ MCA của mỗi hộp đầu thu do các bộ vi xử lý từ các hộp đầu đo thành phần chuyển về và từ đó cộng phổ đưa ra phổ gamma tổng và tính toán ra các thông số về chất lượng mẫu đo 4.

Bộ xử lý trung tâm sử dụng vi điều khiển ARM để điều khiển. Bộ xử lý trung tâm được kết nối và thu thập số liệu phổ gamma từ bộ phân tích biên độ đa kênh, quá trình, trạng thái ổn định phổ, vẽ phổ, xử lý phổ, tính toán, lưu trữ, vv.. và kết nối với

màn hình hiển thị LCD TFT để chỉ thị số liệu; kết nối với các phím bấm để nhập lệnh và số liệu; kết nối với đèn, còi (thông báo tình trạng hoạt động, khi có sự cố,...), khối giao tiếp máy tính... hiển thị số liệu từ các khối phần cứng này đến người sử dụng.

Các chỉ tiêu kỹ thuật đạt được của khối xử lý trung tâm: CPU Cortex M4 32 bit, tốc độ 168 MHz, bộ nhớ chương trình 512 KB, bộ nhớ RAM 192x8 KB, bộ nhớ dữ liệu 128 MB, có thể lưu được 13.000 bộ số liệu, thu thập và chỉ thị phổ năng lượng từ MCA, chỉ thị số liệu trên màn hình LCD TFT, báo động bằng đèn và còi, kết nối máy tính bằng cổng USB, cáp quang và/hoặc internet.

Bộ xử lý trung tâm cũng được tạo cấu hình để có chức năng ổn định phổ bằng giải pháp phần mềm. Trường hợp tự động ổn định phổ với 01 đỉnh, khi lấy phổ với đỉnh H tại năng lượng 2,22 MeV tương ứng vị trí kênh 440 (với ADC có 2048 kênh); Tăng hoặc giảm hệ số khuếch đại để đỉnh H di động lên xuống ở vị trí kênh 440.

Trường hợp sử dụng 3 vị trí kênh để ổn định ứng với 3 đỉnh phổ. Các vị trí kênh được ghim để ổn định phổ là 440 (có NL 2,22 MeV của H), 986 (4,93 MeV của Si), 1526 (7,63 MeV của Fe). Trong quá trình thu phổ, sau khi biến đổi xong một xung hạt nhân ADC xuất một số liệu, phần mềm tự động cộng số đếm vào kênh tương ứng. Sau từng khoảng thời gian 01 giây, phần mềm tự động tính toán và xác định độ phân giải các đỉnh và vị trí đỉnh phổ của các nguyên tố H, Si, Fe. Từ kết quả tính toán đó sẽ tính lại hệ số chuẩn kênh/năng lượng và tự động điều chỉnh “hệ số khuếch đại” để các đỉnh phổ H, Si, Fe về đúng vị trí kênh 440, 986, 1526 và vẽ phổ năng lượng ra màn hình máy tính.

Chuẩn năng lượng ứng với các đỉnh H (2,22MeV); Si (4,93MeV); Fe (7,63MeV) được thiết lập khi chế độ ổn định phổ đang hoạt động.

Theo một phương án, thiết bị theo giải pháp hữu ích sử dụng xử lý phổ gamma bằng một loạt các giải pháp kỹ thuật và thuật toán thông minh:

Việc đo xác định các thông số như độ tro trong than, độ ẩm, hàm lượng các nguyên tố như Fe, Si, Al và các nguyên tố khác có trong mẫu đo 4 nói chung, v.v. được thiết lập trực tiếp từ các cửa sổ trong phổ gamma thu được và thiết lập phương trình hồi quy tuyến tính có dạng:

$$\%ash = a_0 + a_1 X_1 + \dots + a_n X_n$$

ở đây $a_0, a_1, \dots, a_n$ là các hằng số và $X_1, X_2, \text{v.v.}, X_n$ là các biến tương ứng với tốc độ đếm được ghi trong cửa sổ năng lượng được đặt trong phổ gamma tương ứng với Fe, Al, Ca, Si, Ti, ..., H và B hoặc kết hợp của các nguyên tố này, được chuẩn hóa thành tốc độ đếm trong từng vùng năng lượng có chứa nguyên tố được lấy theo đỉnh có tiết diện $n\text{-}\tau$ lớn nhất hoặc tốc độ đếm trong toàn bộ phổ gamma. Việc chuẩn hóa là cần thiết vì thông lượng neutron (flux) được tạo ra bởi nguồn ^{252}Cf bị biến dạng do sự có mặt của hydro và các nguyên tố có trong mẫu đo 4. Ngoài ra, bằng cách lấy các tỷ số làm biến số trong phương trình hồi quy, không cần phải hiệu chỉnh sự phân rã của nguồn neutron có chu kỳ bán rã 2,64 năm. Dưới đây là phương trình hồi quy tính xác định các thông số độ tro đối với mẫu đo 4 là than nói riêng, độ ẩm và hàm lượng Fe, Si, Al,.. của các nguyên tố trong mẫu đo 4 nguyên vật liệu nói chung, bảng 1.

Bảng 1. Phương trình hồi quy tính độ tro, hàm lượng Fe, Si, Al, v.v. của các nguyên tố trong mẫu nguyên vật liệu

Thông số	Tỉ số cửa sổ năng lượng (MeV)	Dựng đường chuẩn xác định hệ số*	Phương trình hồi quy
Tro (Ash)	$\text{RatA1} = (2,6-5,2)/(0,36-9,6)$	Xây dựng đường chuẩn tìm hệ số bị và ai bằng cách xác định mối quan hệ tỷ số số đếm (RAT) 2 vùng ROI đã chọn theo hàm lượng ôxit/nguyên tố mẫu chuẩn.	$\% \text{Ash} = b1 + a1.\text{RatA1}$
Fe	$\text{RatA2} = (2,6-5,2)/(2,5-9,6)$		$\% \text{Fe} = b2 + a2.\text{RatA2} + a3.\text{RatA3}$
	$\text{RatA3} = (6,6-9,2)/(2,08-2,38)$		
Si	$\text{RatA4} = (2,6-5,2)/(0,6-9,6)$		$\% \text{Si} = b3 + a4.\text{RatA4} + a5.\text{RatA5}$
	$\text{RatA5} = (5,8-7,0)/(0,6-9,6)$		
Al	$\text{RatA6} = (6,6-9,2)/(0,38-0,6)$		$\% \text{Al} = b4 + a6.\text{RatA6} + a7.\text{RatA7}$
	$\text{RatA7} = (2,6-5,2)/(0,6-9,6)$		
Ca	$\text{RatA8} = (2,6-7,0)/(0,36-2,6)$		$\% \text{Ca} = b5 + a8.\text{RatA8} + a9.\text{RatA9}$
	$\text{RatA9} = (1,3-2,0)/(6,2-6,6)$		
Mg	$\text{RatA10} = (0,6-4,2)/(0,6-9,6)$		$\% \text{Mg} = b6 + a10.\text{RatA10} + a11.\text{RatA11}$
	$\text{RatA11} = (0,6-2,0)/(2,6-4,2)$		
Na	$\text{RatA12} = (0,36-2,1)/(0,7-1,0)$		$\% \text{Na} = b7 + a12.\text{RatA12} + a13.\text{RatA13}$
	$\text{RatA13} = (2,4-6,5)/(6,1-6,5)$		
S	$\text{RatA14} = (0,8-1,8)/(0,6-9,6)$		$\% \text{S} = b8 + a14.\text{RatA14} + a15.\text{RatA15}$

	RatA15 = (2,3-8,2)/(0,6-9,6)		
K	RatA16 = (0,5-1,9)/(5,0-7,8)		%K = b9 + a16.RatA16 + a17RatA17
	RatA17 = (5,0-7,8)/(0,5-7,8)		
P	RatA18 = (0,5-2,1)/(3,0-6,8)		%P = b10 + a18.RatA18 + a19RatA19
	RatA19 = (3,0-6,8)/(0,5-6,8)		
Ti	RatA20 = (0,3-1,8)/(3,0-7,2)		%Ti = b11 + a20.RatA20 + a21RatA21
	RatA21 = (6,4-7,2)/(3,0-7,2)		
Độ ẩm	RatA22 = (2,1-2,4)/(0,36-9,6)		%ĐA=b12 + a22.RatA22 + a23RatA23
	RatA23 = 0,36-2,1)/(2,4-9,6)		
• Cần có 5 mẫu chuẩn, nhiều hơn càng tốt, mỗi mẫu thu 3 – 5 phổ. Kết thúc quá trình thu phổ mẫu chuẩn, chương trình tính ra các hệ số bi và ai của phương trình hồi quy.			

Thiết bị theo giải pháp hữu ích được sử dụng để tính hàm lượng của các nguyên tố bằng cách lập và giải ma trận hệ số ảnh hưởng của các nguyên tố có trong mẫu đo 4.

Bất kỳ phổ tổng hợp nào, chẳng hạn như phổ trong hình 5, có thể được hình dung sau khi loại bỏ chồng chất như sự chồng chất tuyến tính của các thành phần phổ được xác định trong quá trình hiệu chuẩn.

Khi N_i là phổ PGNAA thu được, và C_i là thành phần của nguyên tố thứ i trong dãy các nguyên tố cần phân tích bằng phương pháp PGNAA ($i = 1$ đến N , với N là số nguyên tố cần phân tích). Theo lý thuyết,

$$C_i = A_i.P_i \quad (1)$$

Với P là cường độ tại đỉnh gamma tức thời tương ứng với nguyên tố thứ i , và A_i là các hệ số. Có thể viết dạng ma trận như sau:

$$C = A.P \quad (2)$$

Với C và P là ma trận $N \times 1$, A là ma trận $N \times N$. ở trường hợp lý tưởng, A là ma trận chéo, với $A_{ij} \neq 0$ khi $i=j$ và các phần tử ma trận nằm ngoài đường chéo đều bằng 0. Khi đó công thức (2) trở về dạng của công thức (1).

Trên thực tế, do sự chồng chập nhau và ảnh hưởng chéo của các nguyên tố còn lại trong mẫu đo 4 đến nguyên tố thứ i , cho nên A là ma trận không chéo hóa. Do đó các phần tử khác 0 không nằm trên đường chéo của ma trận A thể hiện sự đóng góp của các nguyên tố khác lên nguyên tố thứ i .

Để chéo hóa ma trận A nhằm đưa hệ tính toán trở về công thức (1), ta cần tìm ra ma trận trọng số Q_{ij} thỏa mãn điều kiện:

$$\sum_j Q_{ij} A_{jk} = \delta_{ik} \quad (3)$$

trong đó δ_{ik} là tensor Kröneckers ($\delta_{ik} = 1$ nếu $i = k$, $\delta_{ik} = 0$ nếu i khác k) và tổng là lấy trên tất cả các cửa sổ năng lượng của phổ.

Về mặt toán học, đây là không gian vectơ tuyến tính, một phần tử tùy ý được mô tả bằng tổ hợp tuyến tính duy nhất của các vectơ cơ sở trực giao tương ứng với thư viện các đỉnh phổ gamma tức thời. Do đó, nếu phổ tổng hợp với các đỉnh P_j bao gồm sự chồng chập tuyến tính của các thành phần thì chúng ta phải có:

$$P_j = \sum_i A_{ji} L_i \Rightarrow L_i = \sum_j Q_{ij} P_j \quad (4)$$

Với L_j là các hệ số tỷ lệ nào đó.

Dựa trên phổ hiệu chuẩn A_{ji} , ta có thể thu được ma trận các hệ số trọng số Q_{ij} cho tất cả những yếu tố đóng góp với độ lớn không thể bỏ qua, vào đỉnh của nguyên tố thứ i trong phổ gamma tức thời của than khi được kích hoạt bởi neutron. Vì vậy, thuật toán xác định ma trận A như sau:

a. Phát ngẫu nhiên tạo giá trị cho ma trận A và tính $L = P \cdot \delta / A$ với δ là ma trận (tensor Kröneckers) như đã nói ở công thức (3). Bản chất δ là ma trận đơn vị.

b. tính $Q = L / P$

c. Kiểm tra điều kiện theo công thức (3).

Nếu chưa thỏa mãn, vòng lặp tiếp tục từ bước a.

Sau khi điều kiện (3) được thỏa mãn với sai số nhất định cho trước, ta thu được ma trận trọng số bổ chính Q_{ij} và khi đó công thức (2) trở thành công thức sau đây:

$$C_j = k_j \sum_i Q_{ij} A_{ij} P_i + b_j \quad (5)$$

Với k_j và b_j là các hệ số làm khớp tuyến tính với từng nguyên tố (do $Q.A =$ ma trận đơn vị), và C_j là thành phần nguyên tố thứ j .

Trong phần mềm, P_j là ma trận các đỉnh của phổ gamma tức thời, được lấy theo tất cả các cửa sổ của từng nguyên tố tương ứng và chỉ cần lấy theo đỉnh có tiết diện $n-\gamma$ lớn nhất; các đỉnh $n-\gamma$ còn lại có thể bỏ qua do phương pháp ma trận sẽ coi chúng là các đóng góp chồng chập và thể hiện ở các phân tử khác của ma trận A_{ij} .

Sau khi phân tách phổ hỗn hợp đo được, thiết bị tạo thành một tổ hợp tuyến tính của các hệ số tỷ lệ kết quả L_j dưới dạng số chuẩn hóa.

Một số thông số về chất lượng nguyên vật liệu không được thể hiện một cách trực tiếp trên phổ gamma sẽ được đưa vào thuật toán của mạng neuron nhân tạo được thiết lập trên cơ sở các thông tin liên quan như xuất xứ, chủng loại, chỉ tiêu chất lượng, hàm lượng của các nguyên tố thành phần, v.v. của nguyên vật liệu để tính toán ra thông số thực tương ứng với loại nguyên vật liệu đang phân tích.

Theo phương án khác, thiết bị theo giải pháp hữu ích được sử dụng để tính toán xác định các thông số theo yêu cầu cần báo cáo bằng việc sử dụng trí tuệ nhân tạo – mạng nơ ron nhân tạo:

do hệ thiết bị PGNAA sử dụng cường độ nguồn thường thấp, không đủ độ mạnh cần thiết để kích hoạt một số nguyên tố và độ phân giải của hệ đo hiện trường thường không cao như hệ đo trong phòng thí nghiệm tiêu chuẩn, cho nên sẽ có hiện tượng 1 số đỉnh gamma có tổng số đếm gamma rất thấp và bị ẩn dưới nền phong của phổ. Trường hợp này xảy ra với các nguyên tố như S, C, O, N, Cl, Rb, Y... Xác định được phân diện tích các đỉnh ẩn này theo phương pháp làm khớp sẽ cho ta kết quả với độ chính xác rất kém, vì vậy phương pháp trí tuệ nhân tạo sẽ được sử dụng với trường hợp các đỉnh này. Tương tự, với những thông số không tính trực tiếp từ phổ gamma mà chúng là sự tương quan của một số nguyên tố thành phần, như là nhiệt trị của than có liên quan đến hàm lượng của các nguyên tố cháy là C, H, N, S và O; trong công nghệ sản xuất xi măng, thông số của C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF phụ thuộc vào C, S, quá trình nung clanke và sự chuyển hóa khi nung, v.v. Phương pháp mạng trí tuệ nhân tạo (ANN - Artificial neuron network) rất phù hợp cho việc tính toán các thông số gián tiếp và phụ thuộc phức tạp. Cụ thể, nó sẽ được áp dụng để tính toán nhiệt trị, hàm lượng các

nguyên tố có đỉnh ần, hàm lượng chất bốc của than, hàm lượng của C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF khi nung clanke, v.v. dựa trên phổ PGNAA.

Với từng nguyên tố (có đỉnh ần, cần tính toán xác định thông số) tiến hành như sau: Đầu vào gồm các số liệu X_1 , X_2 , X_3 , v.v. là diện tích các vùng phổ có chứa đỉnh năng lượng ần; ta có thể sử dụng 1 đầu vào hoặc nhiều đầu vào tùy theo đặc trưng phổ PGNAA của nguyên tố đó có 1, 2 hay nhiều đỉnh cần xác định;

Đối với việc xác định các thông số như nhiệt trị, hàm lượng chất bốc, tổng lượng lưu huỳnh, C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF , v.v. cũng sử dụng thuật toán ANN. Đầu vào gồm các số liệu như xuất xứ vùng than, chủng loại than, giải nhiệt trị, hàm lượng chất bốc, tổng lượng lưu huỳnh, sự chuyển hóa các chất hóa học khi nung clanke, v.v.

- Đầu ra là hàm lượng đã biết dùng để dạy (training) cho phần mềm, mỗi đầu ra là một thông số như hàm lượng nguyên tố, thông số về chất lượng cần xác định, v.v.

- Các nút màu được gọi là các nút mạng, nơi thực hiện các phép so sánh để đưa ra quyết định cho phép tính tiếp sau nó. Về bản chất, chủ yếu mạng neuron nhân tạo chỉ dùng các phép so sánh đơn giản, độ phức tạp của nó ở chỗ số nút mạng này thường là rất lớn do đó cần năng lực tính toán mạnh.

Mạng neuron nhân tạo là một mạng lưới tính toán được mô tả như Hình 4, trong đó các đầu vào X_i tạo thành lớp thứ nhất (lớp đầu vào), các đầu ra cần tính toán tạo thành lớp thứ n (lớp đầu ra) và vô số các lớp tính toán trung gian.

Về mặt toán học, mạng ANN ứng dụng mạnh nhất trong tính toán các hệ với nhiều đầu vào và đầu ra, đặc biệt trong đó không có hoặc khó tìm mối liên hệ mang tính giải tích giữa đầu ra và đầu vào.

Áp dụng ANN với kỹ thuật PGNAA

Đã có rất nhiều ứng dụng ANN cho phân tích nói riêng và trong phân tích dùng kỹ thuật PGNAA nói riêng. Trong phương án sử dụng ANN, với từng nguyên tố (có đỉnh ần), đầu vào gồm các số liệu X_1 , X_2 , X_3 , v.v. là tốc độ đếm tại tất cả các đỉnh phổ và vùng phổ tương ứng với các nguyên tố trong mẫu đo 4. Đối với mẫu đo 4 là than, N có thể lên đến 20, đầu vào còn có các số liệu như xuất xứ vùng than, chủng loại than, v.v. và lớp đầu ra gồm các giá trị: hàm lượng các nguyên tố quan tâm, nhiệt trị, hàm lượng chất bốc, hàm lượng các nguyên tố cháy trong than, tỉ lệ SO_2 trên mỗi triệu

BTU, v.v.; các lớp trung gian được thiết kế cụ thể sao cho đạt được sự tối ưu về tốc độ hội tụ của quá trình tính toán và độ chính xác của kết quả đầu ra (so sánh với mẫu chuẩn).

Từ việc tính toán trên xác định ra hàm lượng của từng nguyên tố, phần mềm tính toán và biểu thị ra hàm lượng các ôxít thành phần nhằm đáp ứng yêu cầu của người sử dụng.

Kết quả tính toán:

Đối với việc phân tích chất lượng than trong các nhà máy nhiệt điện than: Thiết bị đo và báo cáo 12 thông số: Hàm lượng SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , SO_3 , P_2O_5 ; Độ tro (tổng hàm lượng % các nguyên tố trong tro than); Độ ẩm (trên cơ sở tỷ lệ H trong than, H trong nước có trong than được xác định từ đỉnh phổ Hydro 2,22MeV hoặc H tính được từ mạng neutron). Các thông số được phân tích và tính toán:

Từ phổ năng lượng gamma tính toán ra:

+ Hàm lượng các ôxít: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , TiO_2 , hàm lượng độ tro (Ash) và độ ẩm.

+ Tỷ lệ bazơ/axit ($B/A = (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$),

+ Tỷ lệ Silic / nhôm $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$

+ Tỷ lệ $G = (\text{SiO}_2 / (\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO})) * 100$

+ Tỷ lệ $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{CaO}$.

Sử dụng mạng neutron nhân tạo xác định ra:

+ Clo (Cl), Cacbon (C), Thủy ngân (Hg), Nitơ (N), lưu huỳnh (S), Hydro (H), Oxy (O);

+ Độ ẩm, Nhiệt trị (kcal/kg)

Đối với các nhà máy sản xuất xi măng, thiết bị phân tích hàm lượng nguyên tố trong vật liệu vận chuyển trên băng tải, từ phổ năng lượng gamma tính toán ra: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , TiO_2 ; Sử dụng mạng neutron nhân tạo xác định ra các thông số: clo (Cl), cacbon (C), thủy ngân (Hg), nitơ (N), lưu huỳnh (S), C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF , tỉ lệ nhôm, tỉ lệ silic, v.v.

Khôi truyền dữ liệu và phản hồi

Phản truyền dữ liệu và phản hồi chủ yếu bao gồm hiển thị kết quả (giá trị tính toán tức thời hay kết quả tích lũy theo thời gian), trao đổi dữ liệu của máy phân tích với người quản lý, tiếp nhận yêu cầu từ cơ quan quản lý, v.v.

Phổ năng lượng của mẫu đo 4 khi bị chiếu xạ bởi neutron có thể được biểu diễn dưới 2 dạng: Số đếm gamma theo vị trí kênh của ADC (0 - 2.048) hoặc số đếm gamma theo mức năng lượng (0 - 10MeV). Đồ thị phổ biểu diễn mối quan hệ số đếm theo vị trí kênh hay năng lượng trên cùng một tọa độ với trục tung là số đếm, trục hoành là vị trí kênh hoặc năng lượng. Việc hiển thị phổ theo thang đo nào là tùy chọn của người sử dụng. Nếu biểu diễn theo số kênh thì trục hoành có 2.048 vị trí kênh; Nếu biểu diễn theo năng lượng thì dải năng lượng biểu diễn theo trục hoành là 0 – 10MeV.

Các báo cáo đưa ra các thông số về chất lượng nguyên vật liệu được bố trí các chế độ hiển thị:

theo giá trị tức thời – hiển thị: Thời gian hiện thời (năm, tháng, ngày, giờ, phút và giây) giá trị đang được phân tích, tính toán; biểu diễn phổ gamma; tình trạng hoạt động, v.v.

theo giá trị cộng dồn từng thời điểm, giai đoạn thời gian mà người quản lý quan tâm.

Các thông tin về thông số chất lượng theo giá trị tức thời có thể được tự động lưu vào bộ nhớ của máy tính chủ theo định kỳ 02 giây/lần. Chúng cũng có thể tự động được truyền thông online qua internet hoặc đường truyền modbus RTU RS485 tới các cổng thông tin được phép kết nối trong giao thức truyền thông.

Danh sách các số chỉ dẫn:

- (1) Khối chứa nguồn
- (11) Chất phóng xạ californi-252 (Cf-252)
- (12) Cần gạt
- (13) Lớp cản xạ và hấp thụ neutron
- (14) Nam châm điện

- (2) Cơ cấu trụ tròn chứa nguồn phóng xạ
- (3) Đầu thu hạt nhân
- (31) Đầu dò BGO (bitmut germanat $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$)
- (4) Mẫu đo
- (5) Lớp làm chậm (Góc chiếu nguồn)
- (6) Lớp phản xạ

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị đo chất lượng nguyên vật liệu sử dụng kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron-gamma tức thời (PGNAA) bao gồm:

khối đo hiện trường bao gồm khối nguồn phóng xạ và đầu thu hạt nhân;

khối xử lý tín hiệu bao gồm các cụm các mạch điện tử có chức năng khuếch đại, biến đổi tín hiệu tương tự sang số, phân tích phổ, ổn định phổ và bộ xử lý trung tâm được tạo kết cấu để phân tích tín hiệu thu được từ đầu thu hạt nhân và từ đó đưa ra phổ gamma và báo cáo các thông số về chất lượng mẫu đo; và

khối truyền dữ liệu và phản hồi được tạo kết cấu để xuất dữ liệu về thông số chất lượng mẫu đo và hiển thị trạng thái điều khiển cho người vận hành theo dõi và điều khiển nếu cần thiết; trong đó:

khối nguồn phóng xạ bao gồm cơ cấu có dạng khối trụ tròn chứa chất phóng xạ californi-252 (Cf-252) với lượng từ 5-15 μg , và được bố trí ở trung tâm của khối chứa nguồn theo cách có thể quay được nhờ cần gạt được bố trí bên ngoài khối chứa nguồn, và khối chứa nguồn được kết cấu với lớp vỏ bảo vệ nhiều lớp bao gồm lớp phản xạ, lớp cản xạ và hấp thụ neutron, lớp chì, và lớp vỏ thép,

khối nguồn phóng xạ còn bao gồm bộ điều khiển đóng/mở nguồn được lắp bên ngoài khối chứa nguồn, bộ điều khiển đóng/mở nguồn bao gồm nam châm điện, trong đó khi nam châm điện được cấp điện, nam châm điện sẽ hút cần gạt làm quay khối trụ tròn về vị trí hoạt động để mở nguồn phóng xạ, và nam châm điện được ngắt cấp điện, cần gạt bị nhả ra làm khối trụ tròn quay ngược trở lại vị trí đóng nguồn phóng xạ về vị trí an toàn, và

đầu thu hạt nhân bao gồm đầu dò BGO (bitmut germanat $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) được đặt trong hộp đầu thu hạt nhân, trong đó có lắp đặt ống nhân quang điện (photomultiplier tube - PMT), bảng mạch cao áp (High Voltage - HV), bộ biến đổi tương tự số (Analog to Digital Converter - ADC), bộ vi xử lý, bộ cảm biến đo nhiệt độ, bộ điều khiển ổn định nhiệt độ bằng sò nóng lạnh.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó:

lớp vỏ bảo vệ của khối chứa nguồn còn bao gồm lớp làm chậm được bố trí nằm trong góc chiếu nguồn, được làm bằng vật liệu PE và có tác dụng làm các neutron phát

ra từ nguồn và được hội tụ về góc chiếu được nhiệt hóa tối đa trước khi chúng đâm xuyên vào mẫu đo để kích hoạt hạt nhân các nguyên tố trong mẫu đo gây phản ứng PGNAAs; và

lớp phản xạ làm bằng graphit hoặc berili, và lớp cản xạ và hấp thụ neutron làm bằng hỗn hợp PE hoặc parafin pha tỷ lệ 5% Bo (B), lớp cản xạ neutron và gamma bằng chì, lớp cản xạ gamma bằng thép dày.

3. Thiết bị theo điểm 1, trong đó bên trong hộp đầu thu hạt nhân còn bao gồm cốc nhôm được bố trí để bao phủ đầu dò BGO và PMT, bên ngoài cốc nhôm cũng như hai mặt trong và ngoài của hộp đầu thu hạt nhân được sơn phủ lớp vật liệu hấp thụ neutron.

4. Thiết bị theo điểm 3, trong đó:

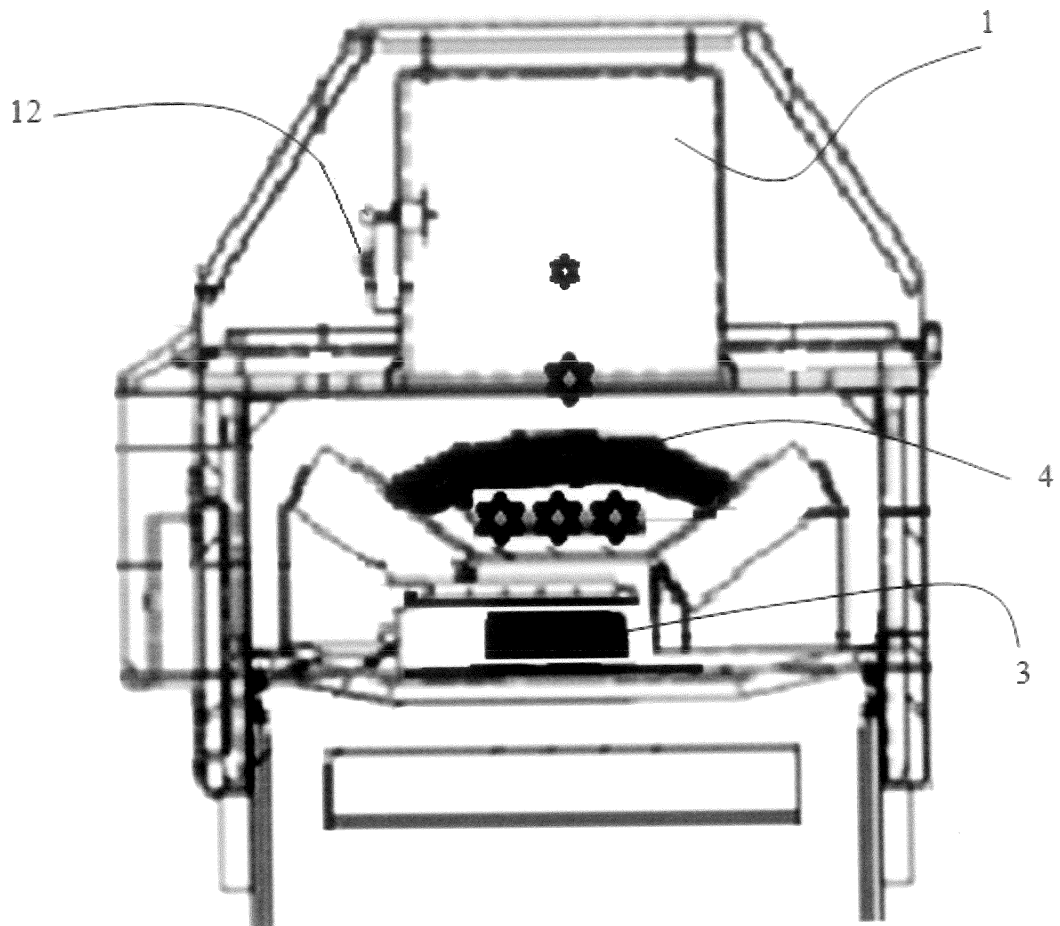
bộ điều khiển ổn định nhiệt độ bên trong hộp đầu thu hạt nhân bao gồm bộ làm lạnh và bộ làm nóng giúp ổn định nhiệt độ của hộp đầu thu hạt nhân; và

hộp đầu thu hạt nhân còn bao gồm quạt đối lưu để đối lưu không khí đồng đều bên trong hộp đầu thu hạt nhân.

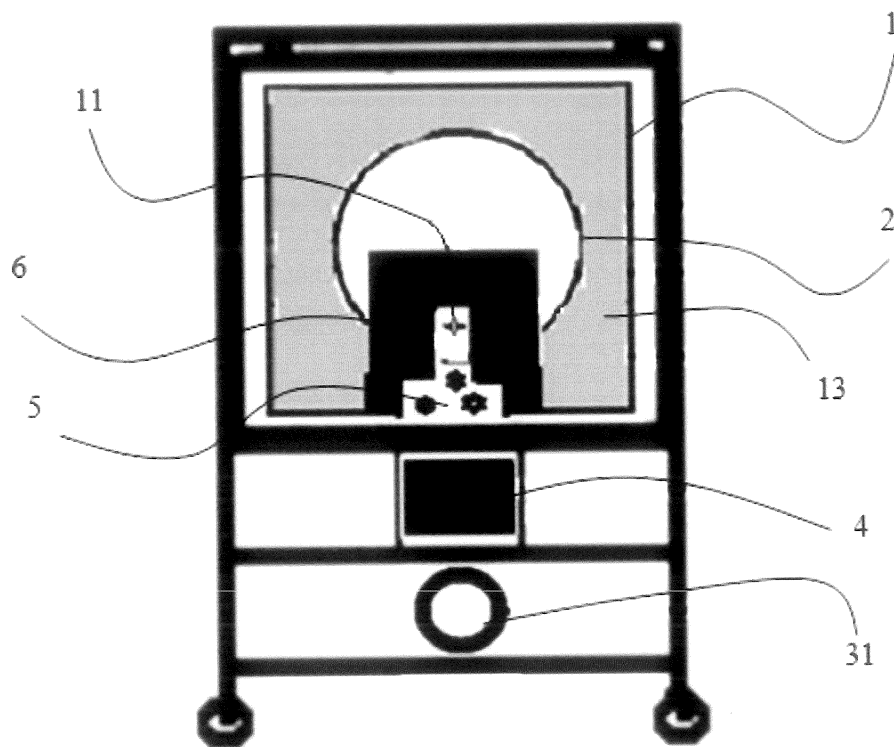
5. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó thiết bị có thể bao gồm nhiều đầu thu hạt nhân để thu tín hiệu hạt nhân từ các vị trí khác nhau của mẫu phát ra.

6. Thiết bị theo điểm 1, khối xử lý tín hiệu còn được tạo cấu hình để: duy trì ổn định phổ tại đỉnh 2,22 MeV của hydro (H); xử lý phổ để tính hàm lượng các nguyên tố có phổ trội bằng tỷ số tốc độ đếm của 2 vùng năng lượng chứa nguyên tố cần tính mà có tiết diện tán xạ cao nhất trong từng vùng được chọn; xử lý phổ để tính hàm lượng các nguyên tố có đỉnh ẩn bằng lập và giải ma trận hệ số ảnh hưởng; và tính toán các thông số trung gian mà không tính được trực tiếp từ phổ gamma bằng cách áp dụng trí tuệ nhân tạo (Artificial neuron network - ANN).

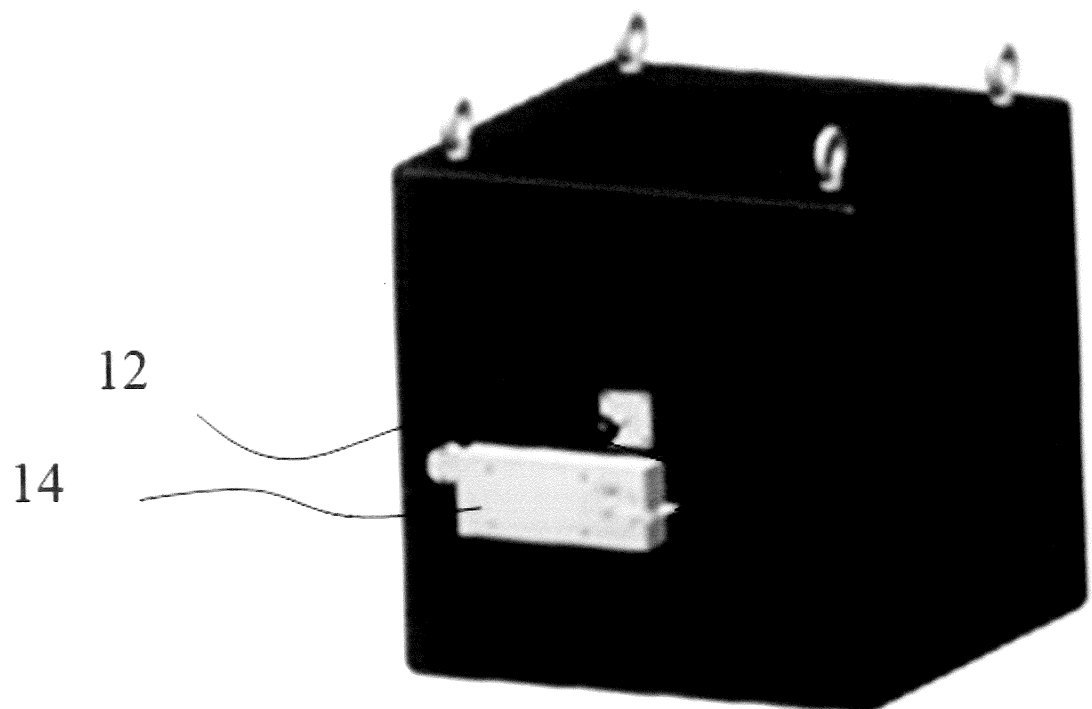
1/4

**Hình 1**

2/4

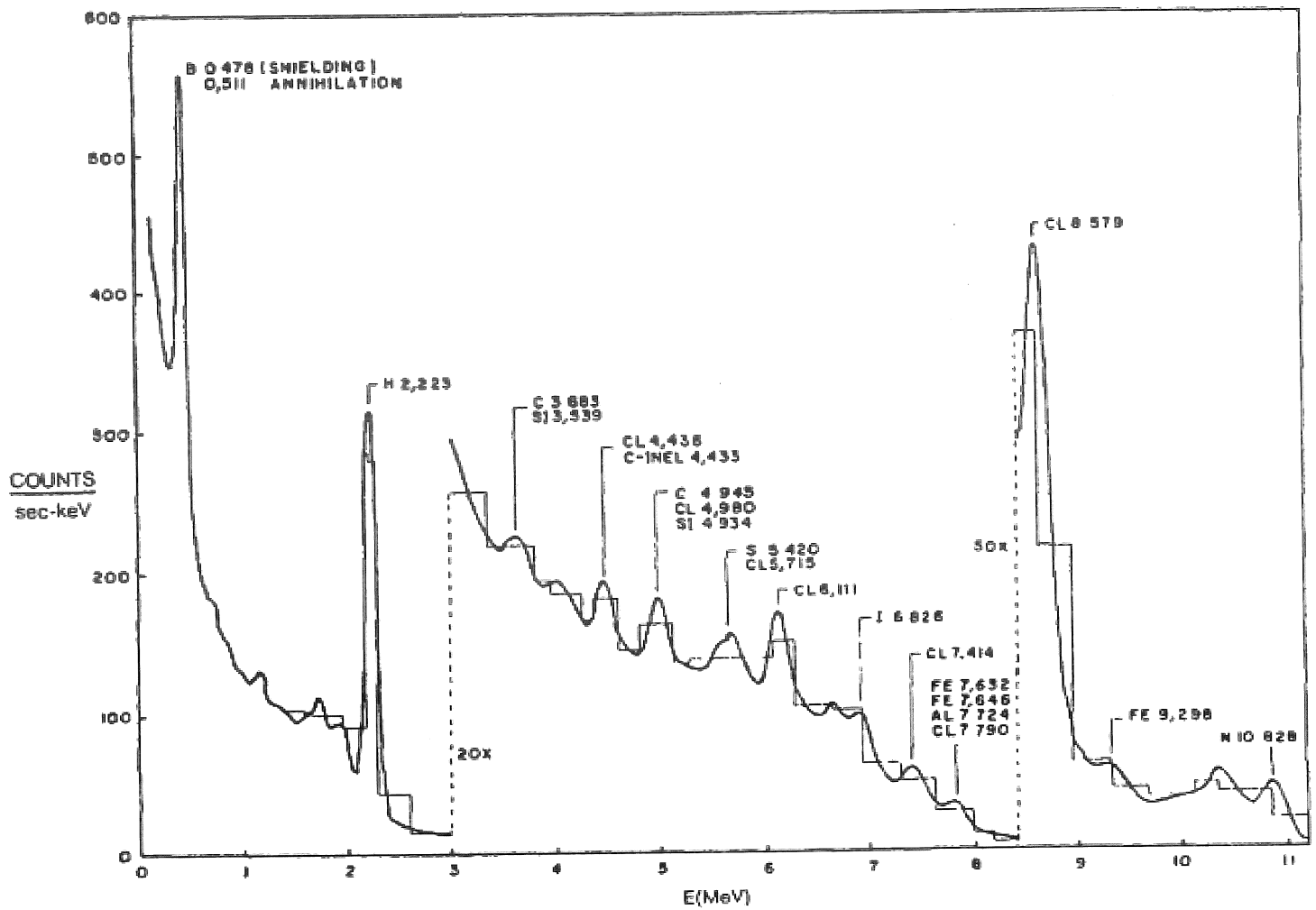


Hình 2



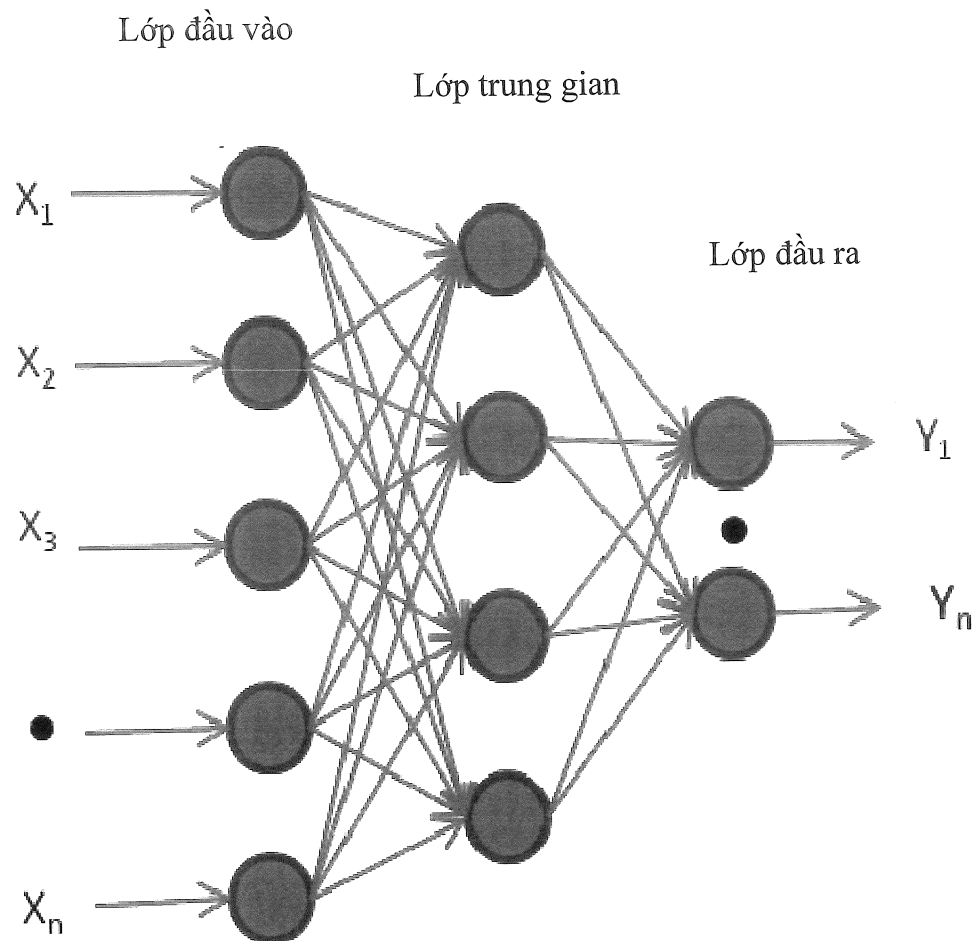
Hình 3

3/4



Hình 4

4/4

**Hình 5**