

THIẾT BỊ PHÂN TÍCH ĐỘ TRO THAN BẰNG KỸ THUẬT KÍCH HOẠT NƠTRON-GAMMA TỨC THỜI

TS. NGUYỄN THANH TÙNG, TS. TRỊNH VĂN GIÁP;
KS. KHƯƠNG THANH TUẤN & NNK
Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân

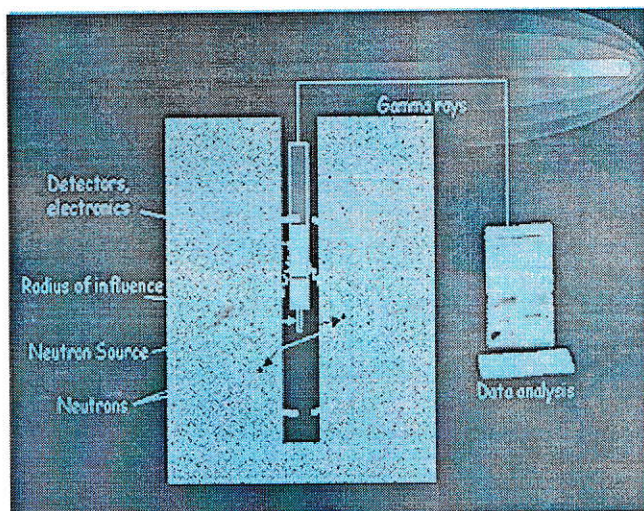
Kỹ thuật phân tích bằng phương pháp kích hoạt nơtron-gamma tức thời (PGNAA) là một trong những kỹ thuật phân tích tiên tiến, hiện đại, đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi vào phục vụ sản xuất công nghiệp và đời sống. Ưu điểm của phương pháp đo này là phân tích nhanh, kết quả khá chính xác, không phải gia công mẫu, quá trình phân tích không bị ảnh hưởng của điều kiện môi trường và phân tích được hầu hết các nguyên tố trong bảng tuần hoàn Mendeleev. Ở các nước tiên tiến, có thể tìm thấy ứng dụng của phương pháp này trong nhiều lĩnh vực.

Tuy nhiên, do việc xây dựng hệ đo sử dụng kỹ thuật này đòi hỏi phải có trình độ kỹ thuật-công nghệ cao, cho nên thời gian qua, nó vẫn chưa được ứng dụng nhiều ở Việt Nam. Mấy năm gần đây, đã bắt đầu có nhiều cơ sở công nghiệp sử dụng thiết bị PGNAA nhưng các thiết bị này đều phải nhập ngoại. Một số viện có đề tài nghiên cứu về kỹ thuật PGNAA, nhưng hầu như chưa có đề tài nào nghiên cứu chế tạo các thiết bị đo. Chính vì ưu điểm nổi bật của PGNAA nên chắc chắn các thiết bị sử dụng kỹ thuật PGNAA sẽ phát triển để đáp ứng nhu cầu tự động hoá trong quá trình công nghiệp hoá [1, 2].

Nguyên lý cơ bản của PGNAA là khi tia nơtron chiếu vào mẫu đo, trong mẫu lập tức phát ra các tia gamma (nên có tên gọi là kích hoạt nơtron gamma tức thời, (H.1). Cường độ tia gamma phụ thuộc vào năng lượng của nơtron và hàm lượng các nguyên tố có trong mẫu. Khi thông lượng của nguồn nơtron không đổi (trường hợp dùng nguồn đồng vị hoặc với các thông số về dòng, áp xác định khi dùng ống phóng), cường độ tia gamma chỉ còn phụ thuộc vào hàm lượng của các nguyên tố và đặc trưng cho các nguyên tố có trong mẫu bị chiếu.

Tuy nhiên, khi bị kích hoạt bởi nơtron, trừ nguyên tố Hydro chủ yếu sinh ra một mức năng lượng 2223 keV, các nguyên tố khác sẽ sinh ra nhiều mức năng lượng gamma có cường độ khác

nhau, nhiều nguyên tố lại có nhiều mức năng lượng đan xen nhau. Như vậy, mỗi một vùng phổ năng lượng thu nhận được (dù hẹp) sẽ bao gồm khá nhiều năng lượng khác nhau của nhiều nguyên tố.



H.1. Vùng xảy ra tương tác Prompt gamma xung quanh đầu thu hạt nhân.

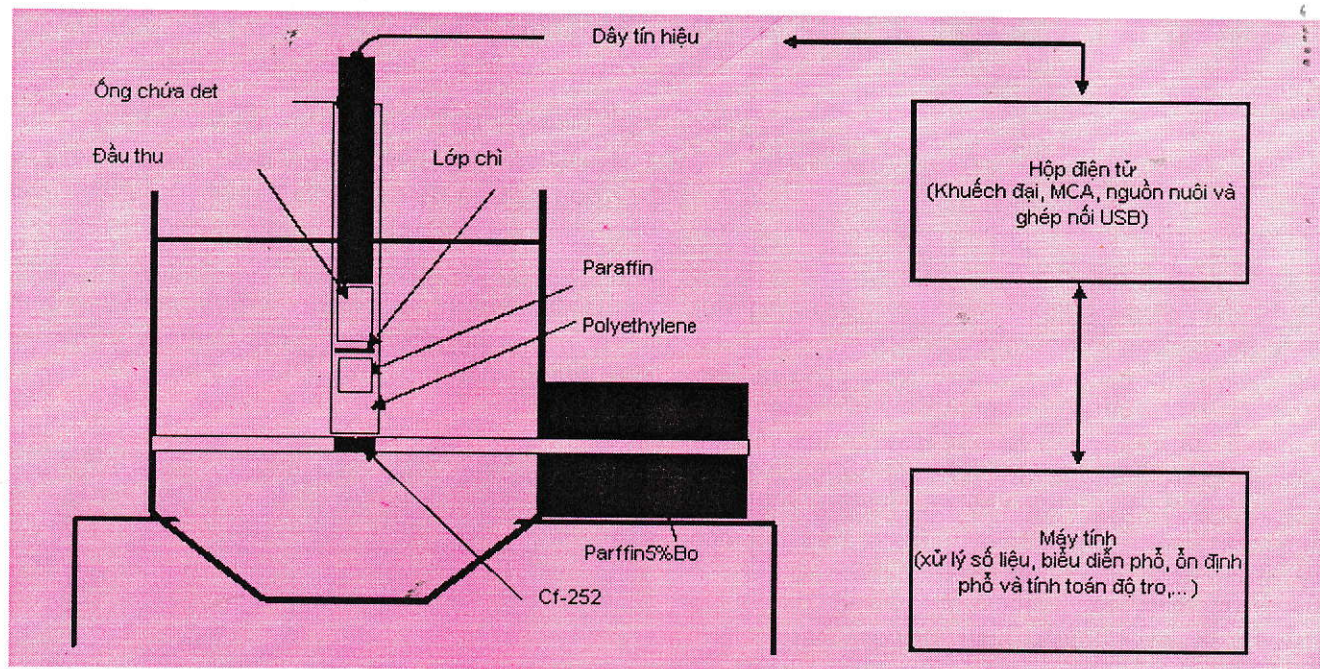
Nếu dùng hệ đầu dò có độ phân giải cao (chẳng hạn hệ đầu dò Ge siêu tinh khiết) ta có thể tách các vạch phổ gamma tức thời này theo năng lượng, làm cơ sở nhận diện và xác định được hàm lượng của các nguyên tố. Còn khi dùng các hệ đầu dò có độ phân giải thấp hoặc vừa phải, thì có thể dựa vào toán học để tính được tỷ lệ đóng góp vào mức năng lượng của mỗi nguyên tố, từ đó tính ra được tổng cường độ các tia gamma đặc trưng sinh ra của mỗi nguyên tố, trên cơ sở đó tính được hàm lượng của nguyên tố đó có trong mẫu phân tích.

Tính chất này của kỹ thuật PGNAA, được ứng dụng trong chế tạo thiết bị phân tích xác định nhanh độ tro than; phân tích các nguyên tố trong than, trong xi măng và trong các vật liệu khác.

1. Thiết bị phân tích độ tro than bằng kỹ thuật PGNAA [1]

Được Bộ KH&CN giao thực hiện đề tài: "Nghiên cứu xây dựng hệ thiết bị phân tích độ tro sử dụng kỹ thuật PGNAA với nguồn phát nơtron", mã số

ĐT.03/09.NLNT, các cán bộ nghiên cứu của Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân đã chế tạo thành công hệ thiết bị phân tích nhanh độ tro sử dụng kỹ thuật PGNAA. Sơ đồ khối chức năng của hệ thiết bị mô tả trên H.2.



H.2. Sơ đồ khối hệ phân tích độ tro than bằng phương pháp PGNAA.

Bảng 1. Liều bức xạ gây bởi nơtron và gamma ở bên ngoài hộp chứa nguồn (khi hệ không làm việc) và bên ngoài thùng đo (khi đang phân tích mẫu) tại vị trí cách tâm 1 m và 2 m.

Khoảng cách (m)	Hộp chứa nguồn		Thùng đo	
	Liều bức xạ nơtron ($\mu\text{Sv/h}$)	Liều bức xạ gamma ($\mu\text{Sv/h}$)	Liều bức xạ nơtron ($\mu\text{Sv/h}$)	Liều bức xạ gamma ($\mu\text{Sv/h}$)
1	0,40	2,1	0,97	3,50
2	0,15	1,50	0,33	1,80

Nguyên lý chung của hệ thiết bị phân tích độ tro than bằng kỹ thuật PGNAA này là sử dụng tia nơtron phát ra từ nguồn đồng vị Cf-252 chiếu vào đồng than. Mẫu than bị kích hoạt bởi nơtron và phát ra các tia gamma, các tia gamma này tán xạ trong mẫu than và đi tới đầu thu. Đầu thu thu bức xạ gamma chuyển đổi thành tín hiệu điện và truyền về hộp xử lý tín hiệu rồi truyền sang máy tính và được biểu diễn dưới dạng phổ năng lượng. Phần mềm phân tích phổ có nhiệm vụ xử lý, tính toán trên phần phổ của tia gamma tức thời và tính ra giá trị độ tro than của mẫu phân tích. H.3 là hình ảnh phổ năng lượng của một mẫu than (toàn phổ và phần năng lượng cao)

Thiết bị phân tích theo kỹ thuật PGNAA là một trong những loại thiết bị phân tích nhanh (thời gian không quá 15 phút/lần), kết quả khá chính xác và

đặc biệt là không phải gia công mẫu, phân tích độ tro không bị ảnh hưởng bởi thành phần kim loại nặng, độ ẩm trong than và các điều kiện môi trường khác,... Hệ thiết bị chế tạo, sử dụng nguồn Cf-252 có thông lượng $0,85 \times 10^6$ n/s, lượng mẫu cần cho một lần phân tích vào khoảng 650-750 kg. Điều quan trọng khi chế tạo thiết bị hạt nhân là yếu tố đảm bảo an toàn bức xạ cho người sử dụng và môi trường (Bảng 1).

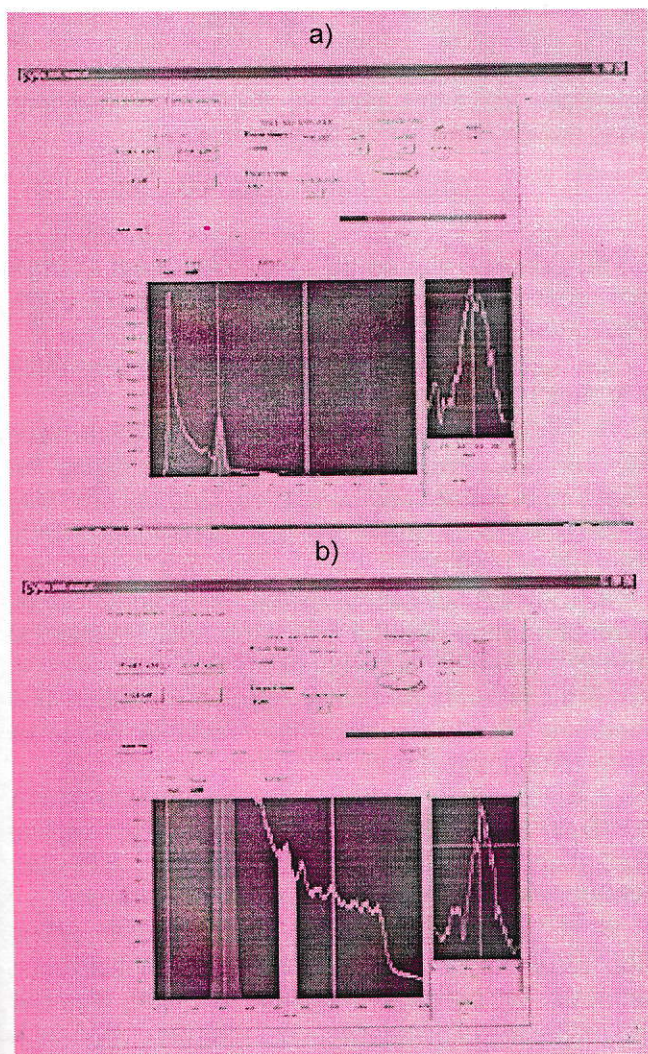
Liều được phép đối với người làm việc trong môi trường phóng xạ là $5 \mu\text{Sv/h}$.

Độ tro của mẫu phân tích được xác định bằng công thức:

$$\text{Apt} (\%) = 42.564 * (\text{RAT OF } 570-1570 \text{ BY } 260-340) + (-42.758) [1]$$

(RAT OF 570-1570 BY 260-340) là tỷ số giữa hai số đếm, số đếm vùng năng lượng cao, từ kênh 570

đến kênh 1570 và số đếm vùng năng lượng thấp từ kênh 260 đến kênh 340; Hệ số $a=42,564$ và $b=-42,758$ được xác định bằng thực nghiệm trên các mẫu than khu vực Hà Tu. Đo thực nghiệm xác định độ tro của 4 mẫu than, với 52 lần đo, có 3 lần có sai số tuyệt đối $>1\%$ nhưng $<1,2\%$, các phép đo còn lại đều có sai số $<1\%$. Với kết quả đo độ tro và sai số như vậy là hoàn toàn có thể chấp nhận được.



H.3. Phổ năng lượng PGNAA phân tích than: Toàn phổ và phần NL cao (hình b).

Hệ PGNAA phân tích độ tro than có các thông số kỹ thuật chính sau đây:

- ❖ Sử dụng nguồn neutron Cf-252 có cường độ (6/2011) là $0,85 \times 10^6$ n/s.
- ❖ Thiết bị đo sử dụng đầu thu hạt nhân BGO kích thước 51x51 mm do hãng REXON chế tạo, ADC có độ phân giải 2000 kênh.
- ❖ Thiết bị có chế độ tự ổn định phổ, giới hạn trôi kênh tối đa là 4 kênh.
- ❖ Thời gian phân tích mẫu than cho kết quả tin cậy từ 600-1000 s.

- ❖ Khối lượng mẫu than phân tích là 700 kg.
- ❖ Hệ đo kết nối với máy tính qua cổng USB, chạy trên môi trường Windows XP.
- ❖ Khoảng cách từ thùng đo tới hộp điện tử (phòng đo) là 30 mét.
- ❖ Có khóa để bảo vệ nguồn phóng xạ khi hệ đo không làm việc.

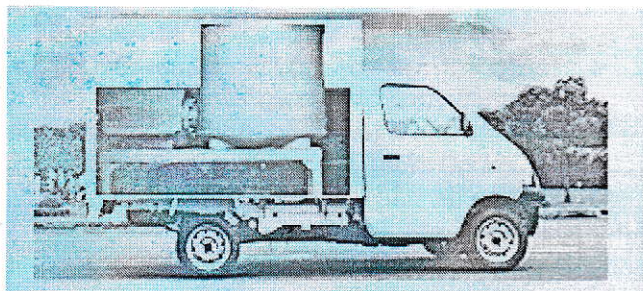
2. Phát triển ứng dụng của kỹ thuật PGNAA

Thiết bị sử dụng kỹ thuật PGNAA đã thành công trong việc xác định nhanh độ tro than, đang tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện thêm các chức năng sau đây:

❖ **Hoàn thiện kỹ thuật phân tích:** Trên cơ sở công suất/ thông lượng nguồn phát neutron xác định cấu hình đo tối ưu để giảm khối lượng mẫu than, tìm thời gian đo hợp lý và xây dựng đường chuẩn cho thiết bị với từng vùng than khác nhau ở Việt Nam để tăng độ chính xác phép đo, sai số tuyệt đối $<1\%$ [3, 5].

❖ **Chuyển thiết bị phân tích trong phòng thí nghiệm thành thiết bị phân tích hiện trường.** Với cấu hình hiện tại của thiết bị việc phân tích được thực hiện tại một vị trí cố định (phòng thí nghiệm). Mẫu phân tích lấy về phòng thí nghiệm sẽ gây ra nhiều khó khăn cho người sử dụng: Lượng mẫu phải lớn; quá trình thay mẫu sẽ mất nhiều thời gian và công sức, gây bụi bẩn làm mất vệ sinh môi trường;... Việc phân tích nhiều mẫu nhằm đánh giá tốt hơn chất lượng đồng than cũng như xác định chất lượng mỏ than sẽ khó thực hiện, mẫu lớn sẽ làm tăng giá thành lấy mẫu, tăng giá thành vận chuyển từ kho/ bãi tập kết than về nơi phân tích, do đó sẽ gây tâm lý không muốn sử dụng thiết bị đối với người vận hành và khách hàng. Để khắc phục tình trạng này, các tác giả đưa ra ý tưởng đặt toàn bộ cấu hình thùng đo và hộp chứa nguồn lên trên xe tải nhẹ hoặc xe bán tải (H.4). Trên các khe trường hoặc tại các bãi than của nhà máy sàng tuyển than, than có thể rót trực tiếp từ băng chuyền, từ gầu tải hoặc từ máy xúc vào thùng đo, sau khi kết thúc quá trình đo, người vận hành thực hiện mở cửa xả ở dưới đáy thùng là có thể dỡ hết than ra khỏi thùng đo, thay mẫu mới và quá trình đo lại tiếp tục. Việc cơ động đến vị trí khác cũng rất dễ nhờ sự di chuyển của xe.

❖ **Mở rộng chức năng phân tích nguyên tố:** Phát triển từ một chức năng phân tích độ tro thêm các chức năng khác như phân tích hàm lượng nguyên tố hoặc tính hàm lượng các ôxit trong mẫu phân tích [3], [4], [5]. Từ phổ năng lượng cao của mẫu phân tích thu được (H.3), có thể thấy một số vùng đỉnh năng lượng xuất hiện khá rõ ràng. Bằng toán học, có thể phân tích các vùng phổ theo sự đóng góp các vạch phổ của các nguyên tố để tính được tỷ lệ % của nguyên tố đó trong mẫu phân tích. Mặt khác, nếu sử dụng nguồn neutron với thông lượng cao hơn cũng làm tăng khả năng nhận diện và độ chính xác của phép phân tích nguyên tố.



H.4. Mô hình hệ phân tích PGNAA thành hệ đo hiện trường nhờ sử dụng xe tải nhẹ (hình minh họa).

❖ **Phân tích độ ẩm.** Thiết bị PGNAA phân tích độ tro than, ngoài khả năng có thể xác định hàm lượng các ôxít còn có thể chế tạo mở rộng thêm chức năng xác định độ ẩm trong than.

❖ **Mở rộng thêm đối tượng đo.** Từ phân tích than, xây dựng quy trình phân tích cho các loại đối tượng khác như đất, đá, quặng bôxít,... Thiết bị này ứng dụng kiểm tra chất lượng nguyên vật liệu đầu vào và sản phẩm đầu ra trong từng công đoạn công nghệ sản xuất xi măng và ứng dụng để xác định thành phần kim loại trong thăm dò, khai thác khoáng sản [4, 6].

❖ **Chuyển đổi thiết bị từ phân tích đồng (bulk analyser) thành thiết bị phân tích online.** Sau khi hoàn thiện các kỹ thuật trên, mở rộng chức năng phân tích online, tức là phân tích vật liệu trên các băng tải đang chạy.

❖ **Sử dụng ống phát/máy phát neutron thay thế nguồn đồng vị phóng xạ phát neutron.** Hiện nay, do công nghệ chế tạo các loại máy phát/ ống phát neutron còn ở mức độ hạn chế như tuổi thọ ngắn, độ bền thấp, giá thành chế tạo còn cao, có ít công ty tham gia chế tạo, hơn nữa thị trường sử dụng loại linh kiện này chưa thực sự nhiều cho nên giá thành chế tạo thiết bị PGNAA sử dụng máy phát/ống phát neutron cao hơn nhiều loại thiết bị PGNAA sử dụng nguồn đồng vị.

3. Kết luận

Đề tài đã xây dựng thành công hệ thiết bị phân tích độ tro than sử dụng kỹ thuật PGNAA với nguồn phát neutron là nguồn đồng vị $Cf-252$. Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân, Trung tâm trình diễn Vùng (TDC-Hà Nội) đã có thêm một thiết bị phân tích hạt nhân hiện đại phục vụ cho công tác đào tạo chuyên sâu, chuyển giao công nghệ và tiến hành các nghiên cứu khoa học có liên quan đến kỹ thuật phân tích PGNAA. Tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện chức năng để phát triển ứng dụng của kỹ thuật PGNAA, thời gian tới, Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân sẽ nghiên cứu chế tạo thiết bị phân tích dưới dạng các sản phẩm thương mại phục vụ tốt cho công tác thăm dò, khai thác, chế biến than và khoáng sản ở

Việt Nam. Các thiết bị được chế tạo trong nước sẽ làm cho giá thành thiết bị thấp hơn rất nhiều so với nhập khẩu, hoàn toàn chủ động trong việc chuyển giao công nghệ, bảo trì, sửa chữa và mở rộng chức năng đo cho thiết bị để phục vụ sản xuất-kinh doanh.

Chúng tôi hy vọng nhận được sự quan tâm hợp tác đầu tư, tư vấn nhằm tối ưu chức năng của thiết bị và ứng dụng thiết bị của các đơn vị trong ngành Than và Khoáng sản Việt Nam để việc ứng dụng năng lượng nguyên tử vì mục đích hòa bình trở nên đa dạng và thành công trong ngành công nghiệp quan trọng của Việt Nam, phục vụ đắc lực cho quá trình công nghiệp hóa-hiện đại hóa đất nước. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu xây dựng hệ thiết bị phân tích độ tro sử dụng kỹ thuật PGNAA với nguồn phát neutron", mã số ĐT.03/09.NLNT, 2009-2011, Bộ Khoa học và Công nghệ.
2. Technical data on Nucleonic Gauges, IAEA TECHDOC-1469, IAEA, July 2005
3. J. Charbucinski, S. F. Youl, P. L. Eisler, and M. Borsaru, Prompt neutron-gamma logging for coal ash in water-filled boreholes, *Geophysics*; May 1986; v. 51; no. 5; p. 1110-1118; DOI: 10.1190/1.1442165.
4. J. Charbucinski, J. malos, A. Rojc, C. Smith, Prompt gamma neutron activation analysis method and instrumentation for cooper grade estimation in large diameter blast holes, *Applied Radiation and Isotopes* 59 (2003) 197-203. Available online at www.sciencedirect.com
5. M. Bosaru, Z. Jecny, Application of PGNAA for bulk coal samples in 4 π geometry, *Applied Radiation and Isotopes* 54 (2001) 519-526. Available at www.elsevier.com/locate/apradiso.
6. M. Bosaru, M. Biggs, W. Nichols, F. Bos, The application of prompt - gamma neutron activation analysis to borehole logging for coal, *Applied Radiation and Isotopes* 54 (2001) 335-343. Available at www.elsevier.com/locate/apradiso.

Người biên tập: Đào Đức Tạo

SUMMARY

Institute for Nuclear Science and Technology belong to VAEI has successfully studied coal ash analyzer by Prompt gamma neutron activation analysis method. The article presents this device and its potential application in Vietnam coal and mineral industry.