

Phát triển phương pháp phân tích toàn phổ FSA (Full Spectrum Analysis) cho xử lý phổ gamma tán xạ trên bê tông

- Lương Thanh Tùng
- Đỗ Trọng Viễn
- Huỳnh Đình Chương
- Nguyễn Thị Mỹ Dạ
- Trần Kim Tuyết
- Nguyễn Thị Trúc Linh
- Trương Thị Hồng Loan
- Lê Công Hảo
- Trịnh Hoa Lăng

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 25 tháng 07 năm 2016, nhận đăng ngày 10 tháng 04 năm 2017)

TÓM TẮT

FSA là phương pháp khá phổ biến đã được nghiên cứu và phát triển trong những năm gần đây. Hầu hết các nghiên cứu đều ứng dụng FSA để phân tích hoạt độ phóng xạ môi trường. Công trình này dựa trên nền tảng của những kết quả đạt được để nghiên cứu và phát triển phương pháp FSA cho xử lý phổ gamma tán xạ ngược. Áp dụng phương pháp phân tích toàn phổ FSA để xác định mật độ mol các thành phần có trong bê tông từ phổ gamma tán xạ

Từ khóa: phân tích toàn phổ, gamma, FSA, phân tích gamma tán xạ, xử lý FSA

ngược trên bê tông. Ở đây, sử dụng phương pháp này để tiến hành phân tích các phổ gamma tán xạ ngược trên bê tông có thành phần khác nhau. Các thực nghiệm được thực hiện với nguồn ^{137}Cs có hoạt độ 0,5 mCi cùng với đầu dò nhấp nháy NaI(Tl) 2 inch x 2 inch. Kết quả đạt được cho thấy thuật toán FSA hoàn toàn có thể sử dụng để phân tích phổ gamma tán xạ ngược trên bê tông.

MỞ ĐẦU

Ngày nay với tốc độ phát triển nhanh chóng của khoa học, công nghệ và kỹ thuật đã kéo theo hàng loạt ngành phát triển, đặc biệt trong đó có ngành xây dựng. Với đặc thù là ngành cần có chất lượng cao trong từng công trình, chính vì điều này phải đòi hỏi các kỹ thuật kiểm tra nhanh, chính xác và linh động trong việc áp dụng vào thực tế. Có rất nhiều kỹ thuật kiểm tra chất lượng bê tông mà một trong những kỹ thuật đó là kỹ thuật gamma tán xạ ngược. Trong kỹ thuật gamma tán xạ ngược thì kết quả thu được là phổ số đếm, từ đó có nhiều phương pháp khác nhau để xử

lý phổ để rút ra các thông tin cần thiết. Phân tích phổ tán xạ được thực hiện với hai phương pháp là WA (Window Analysis) và FSA. Sự khác nhau giữa hai phương pháp là trong phương pháp WA chỉ quan tâm tới một vùng của phổ được xem xét, cụ thể là vùng xung quanh đỉnh nổi bật nhất của đỉnh tán xạ trên loại vật liệu, trong khi FSA bao gồm (gần như) là phổ năng lượng đầy đủ. Hơn nữa trong phương pháp WA chỉ xem xét tới số lượng các số đếm cho mỗi cửa sổ, còn FSA bao gồm luôn cả các đặc điểm cấu trúc phổ.

Trong công trình này, chúng tôi nghiên cứu phổ gamma tán xạ trên mẫu bê tông thu được từ nguồn ^{137}Cs có hoạt độ 0,5 mCi và đầu dò nhấp nháy NaI(Tl) 2 inch x 2 inch. Các mẫu bê tông được trộn theo các tỷ lệ của các thành phần khác nhau của cát, đá, nước và xi măng theo tiêu chuẩn xây dựng hiện hành. Mỗi thành phần có mật độ mol và đóng góp khác nhau vào phổ gamma tán xạ tổng thu được cho mỗi mẫu bê tông. Phương pháp FSA sử dụng phổ gamma tán xạ trên bê tông để tìm ra mật độ mol mỗi thành phần có trong mẫu tương ứng.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Tổng quan về lý thuyết FSA

Phương pháp FSA xem phổ gamma thu được từ mẫu là sự chồng chập các phổ gamma của từng nguồn phát gamma (nguồn đồng vị phóng xạ) có trong mẫu. Số gamma ghi nhận được trong phổ được cho bởi [2]:

$$N(i) = \sum_{k=1}^4 C_k S_k(i) + B(i)$$

(1)

Trong đó $N(i)$ là số đếm tại kênh thứ i , C_k là hoạt độ của phân tử k , $S_k(i)$ là những số đếm liên quan đến phổ cơ bản của phân tử k tại kênh i , $B(i)$ là số đếm tại kênh i do phòng đóng góp. Công thức (1) áp dụng cho mẫu có bốn nguồn phát gamma.

Áp dụng ý tưởng này cho phổ tán xạ ngược gamma nếu các thành phần gamma tán xạ trên mẫu được xem như là nguồn phát gamma. Các thành phần gamma tán xạ này phụ thuộc vào dạng hình học của bia tán xạ và mật độ vật liệu bia cũng như các thành phần cấu tạo nên bia. Áp dụng phương trình (1) cho phổ tán xạ gamma trên bê tông được cấu tạo từ thành phần cát, nước, đá xi măng cùng với phòng nền môi trường, phương trình (1) có thể được viết lại cho phổ gamma tán xạ ngược trên bê tông như sau:

$$N(i) = C_w S_w(i) + C_s S_s(i) + C_g S_g(i) + C_c S_c(i) + B(i)$$

(2)

Trong đó $N(i)$ là số đếm tại kênh i , C_w , C_s , C_g và C_c là mật độ mol của nước, cát, đá và xi măng trong mẫu. Ở đây mật độ mol của các thành phần được sử dụng để thay thế mật độ phân tử trung bình của các thành phần. S_w , S_s , S_g và S_c là tốc độ đếm trên một đơn vị mật độ mol tại kênh i do các thành phần nước, cát, đá và xi măng đóng góp và $B(i)$ là số đếm trên một đơn vị mật độ mol tại kênh i do phòng đóng góp.

Trong quá trình tính toán hệ thống phổ chuẩn cho từng thành phần thu được từ việc giải phương trình (2) với giá trị mật độ mol các thành phần biết trước kèm theo phổ gamma tán xạ trên bê tông tương ứng [2].

$$[S] = [C]^{-1} [N]$$

Trong đó

$[S]$ ma trận số đếm của phổ chuẩn ứng cho một đơn vị mật độ mol của bốn thành phần cát, đá, nước và xi măng.

$[C]$ ma trận mật độ mol của các thành phần chứa trong bốn mẫu bê tông.

$[N]$ ma trận số đếm của phổ gamma tán xạ trên bốn bê tông tương ứng.

Bằng việc làm khớp phổ gamma tán xạ đo được và kết hợp với phổ chuẩn của các thành phần đóng góp xác định được các hệ số C_w , C_s , C_g và C_c . Sử dụng phương pháp làm khớp bình phương tối thiểu dạng đa thức với việc giải hệ phương trình tuyến tính tìm các hệ số bằng kỹ thuật ma trận, bởi vì kỹ thuật này thuận lợi cho việc kết hợp tuyến tính 4 phổ chuẩn và phổ mẫu phân tích.

Kỹ thuật ma trận sử dụng phương pháp làm khớp có dạng như phương trình (2) sau khi được trừ phòng là

$$N(i) = \sum_{k=1}^4 C_k S_k(i)$$

(4)

Trong đó chỉ số k ứng với thành phần cát, đá, nước và xi măng.

(2)

Bằng cách cực tiểu hóa χ^2 theo các hệ số C_k có được tập hợp bốn phương trình theo tham số C_k [1]

$$\chi^2 = \sum \left[\frac{1}{\sigma_i} \left[N(i) - \sum_{k=1}^4 C_k S_k(i) \right] \right]^2 \quad (5)$$

Áp dụng phương pháp ma trận giải vấn đề cực tiểu hóa phương trình (5) để xác định các hệ số C_k .

Tổng quan lý thuyết gamma tán xạ

Tán xạ Compton chỉ làm gamma bị lệch hướng và mất bớt một phần năng lượng. Năng lượng sau khi tán xạ của tia gamma được xác định bởi công thức [4]:

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (6)$$

Trong đó E_0 và E là năng lượng gamma ban đầu và kết thúc, θ là góc tán xạ, và $m_e c^2$ là năng lượng nghỉ của electron.

Tiết diện tán xạ Compton được tính theo công thức Klein – Nishina [4]:

$$\sigma_c = 2\pi r_0^2 \left(\frac{1+k}{k^2} \left[\frac{2(1+k)}{1+2k} - \frac{\ln(1+2k)}{k} \right] + \frac{\ln(1+2k)}{2k} - \frac{1+3k}{(1+2k)^2} \right), (\text{cm}^2 \text{electron}^{-1}) \quad (7)$$

Trong đó

$$r_0 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2} = 2.88 \times 10^{-15} \text{ (m)} \text{ là bán kính electron cổ điển}$$

$$k = \frac{E}{m_e c^2} \text{ là năng lượng tương đối cho gamma tán xạ}$$

Trong tán xạ Compton, chúng ta không chỉ quan tâm tới năng lượng của tia gamma trước và sau tán xạ mà còn quan tâm tới cường độ tán xạ. Đây là thông tin quan trọng trong phương pháp gamma tán xạ ngược. Tỷ lệ chùm bị tán xạ phụ thuộc vào bậc số nguyên tử, bề dày cũng như mật độ khối lượng của vật cần đo. Cường độ chùm tia gamma tán xạ I ghi nhận tại đầu dò [3]

$$I = I_0 \exp\left(-\left(\frac{\mu(E_0)}{\rho}\right)_{\rho x}\right) \frac{d\sigma_c(E_0, \Omega)}{d\Omega} S(E_0, \theta, Z) \Delta\Omega \rho_e V \exp\left(-\left(\frac{\mu(E)}{\rho}\right)_{\rho x'}\right) \quad (8)$$

I_0 là cường độ gamma ban đầu (photon/s), $\mu(E_0)/\rho$ và $\mu(E)/\rho$ là hệ số suy giảm khối ứng với năng lượng E_0 và E , ρ là khối lượng riêng của bia, và x là bề dày vật liệu tính từ mặt đến tâm vùng thể tích tán xạ, ρ_e mật độ electron của thể tích tán xạ, V là thể tích tán xạ, x' là bề dày vật liệu tính từ tâm vùng thể tích tán xạ đến bề mặt; $\Delta\Omega$ là góc khối của đầu dò, $S(E_0, \theta, Z)$ là hàm tán xạ không kết hợp, $d\sigma_c(E_0, \Omega)/d\Omega$ là tiết diện tán xạ vi phân Klein-Nishina.

Vật liệu bia tán xạ

Bia tán xạ được sử dụng trong thí nghiệm là bia bê tông với các thành phần bao gồm cát vàng, đá sỏi, nước và xi măng Portland PC 40 được trộn theo tỷ lệ được xác định theo tiêu chuẩn trộn bê tông trong xây dựng. Riêng đối với thành phần đá gồm hai loại đá khác nhau, đó là: đá mi 0,5 cm x 1cm và đá 1 cm x 2 cm. Các thành phần sau khi trộn được cho vào khuôn mẫu có kích thước 30 cm x 20 cm x 20 cm, với mẫu không đá thì khuôn mẫu có kích thước 15 cm x 20 cm x 20 cm. Sau đó để bê tông trong vòng 27 ngày để chết hoàn toàn.

Bảng 1. Khối lượng từng thành phần có trong bia tán xạ

Mac bê tông	Khối lượng các thành phần (kg)										
	Đá 0,5 x 1 cm				Đá 1 x 2 cm				Bê tông không đá		
	Cát	Đá	Nước (l)	Xi măng	Cát	Đá	Nước (l)	Xi măng	Cát	Nước (l)	Xi măng
150	8,2	17,0	2,34	3,6	8,8	17,8	2,28	2,9	8,8	2,3	2,9
200	7,8	16,8	2,34	4,3	8,5	17,5	2,28	3,5	8,5	2,3	3,5
250	7,2	16,5	2,34	5,2	8,2	17,3	2,28	4,0	8,2	2,3	4,0
300	7,2	16,5	2,23	5,6	7,9	17,2	2,28	4,6	7,9	2,3	4,6



Hình 1. Bố trí thí nghiệm đo phổ tán xạ ngược gamma cho các mẫu bê tông

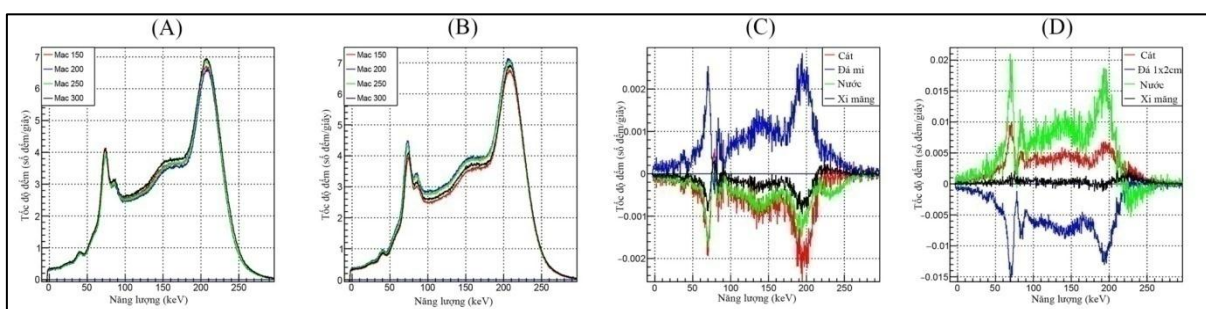
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Thực nghiệm

Các phép đo thực nghiệm được thực hiện với nguồn phóng xạ ^{137}Cs 0,5 mCi với thời gian đo 200s. Bố trí thí nghiệm đo được cho trong hình 1 với góc tán xạ 120° , góc giữa bia và nguồn là 50° .

Phổ gamma tán xạ và kết quả xác định mật độ mol của thành phần trong bê tông 20x 30x 20 cm

Phổ gamma tán xạ trên bê tông thực nghiệm sau khi đã trừ nhiễu cùng với bộ phổ chuẩn ứng cho một đơn vị mật độ mol các thành phần cát, đá, nước và xi măng cho các mẫu bê tông có kích thước 20 x 30 x 20 cm được biểu diễn trong Hình 2.



Hình 2. (A) Phổ gamma tán xạ trên bê tông kích thước 20 x30 x20 cm chứa thành phần đá mi. (B) Phổ gamma tán xạ trên bê tông kích thước 20 x30 x20 cm chứa thành phần đá 1 x 2 cm. (C) Phổ chuẩn gamma tán xạ trên từng thành phần

cho bê tông có kích thước 20 x30 x20 cm chứa thành phần đá mi. (D) Phổ chuẩn gamma tán xạ trên từng thành phần cho bê tông có kích thước 20x30 x20 cm chứa thành phần đá 1x2 cm

Trong Hình 2C và 2D có thể nhận ra hình dạng phổ chuẩn của từng thành phần là hoàn toàn khác nhau. Có phổ âm và phổ dương, mặt khác cùng là thành phần cát, nước và xi măng nhưng hình dạng cũng khác nhau cho hai loại bê tông khác nhau. Trong nghiên cứu của Cacioli và các cộng sự [2] đã chỉ ra nếu áp dụng giải hệ phương trình (3) thì khoảng năng lượng tốt nhất là từ 300 keV đến 2900 keV. Trong khi phổ thực nghiệm nhỏ hơn 300 keV. Trong khoảng năng lượng này có xảy ra các quá trình hấp thụ và tán xạ nhiều lần. Phổ chuẩn dương là phổ sau khi gamma tán xạ và đi tới được đầu dò. Còn phổ

âm là do quá trình đi từ thể tích tán xạ qua lớp bê tông tới đầu dò đã bị lớp bê tông hấp thụ. Ngoài ra phổ chuẩn thu được phụ thuộc nhiều vào mật độ bia tán xạ nên làm cho phổ của cùng một thành phần hoàn toàn khác nhau cho mẫu có mật độ khác nhau.

Kết hợp bộ phổ chuẩn tìm được cùng với các phổ bê tông tương ứng tính toán được mật độ mol các thành phần cát, đá, nước và xi măng có trong từng loại bê tông bằng cách giải phương trình (5). Bảng 2 trình bày kết quả mật độ mol các thành phần có trong các mẫu bê tông kèm theo sai số của từng kết quả.

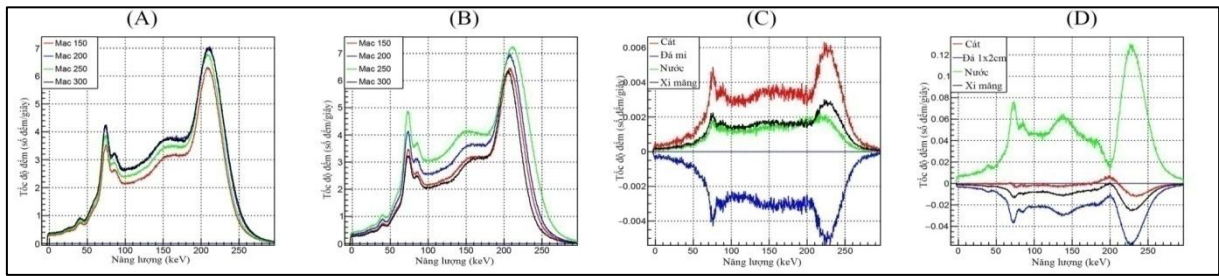
Bảng 2. Mật độ mol (mol/m³) lý thuyết và thực nghiệm của từng thành phần có trong loại bê tông có kích thước 20 x 30 x 20 cm

Mac	Thành phần	Bê tông chứa thành phần đá mi			Bê tông chứa thành phần đá 1 x 2 cm		
		Lý thuyết	Thực nghiệm		Lý thuyết	Thực nghiệm	
		Mật độ mol	Mật độ mol	Sai số	Mật độ mol	Mật độ mol	Sai số
150	Cát	11322,6972	11322,7	22,3	12128,9753	12129	26,1
	Đá	19036,1502	19036,1	18,4	19841,6495	19841,6	22,5
	Nước	10833,3333	10833,3	12	10555,5556	10555,6	7,7
	Xi măng	4439,1122	4439,1	21,8	3624,2751	3624,3	31,8
200	Cát	10765,8432	10765,8	21,9	11725,2286	11725,2	28,2
	Đá	18736,0307	18736	18,2	19577,9731	19578	24,2
	Nước	10833,3333	10833,3	11,9	10555,5556	10555,6	8,3
	Xi măng	5413,9172	5413,9	21,2	4374,1252	4374,1	34,4
250	Cát	9884,1578	9884,2	21,9	11296,5947	11296,6	28
	Đá	18435,9112	18435,9	18,2	19358,2427	19358	24
	Nước	10833,3333	10833,3	11,9	10555,5556	10555,6	8,2
	Xi măng	6508,6083	6508,7	21,2	4999,0002	4999	34,1
300	Cát	9907,3601	9907,4	22,8	10868,5132	10868,5	27,2
	Đá	18435,9112	18435,9	18,9	19160,4854	19160,5	23,4
	Nước	10333,333	10333,3	12,4	10555,5556	10555,6	8
	Xi măng	7048,5903	7048,6	22,2	5748,8502	5748,9	33,2

Các kết quả thu được từ thuật toán FSA rất chính xác so với mật độ mol tính toán từ lý thuyết. Cùng với đó là sai số của kết quả thực nghiệm rất nhỏ cho nên thuật toán FSA có tính chính xác cao.

Phổ gamma tán xạ và kết quả xác định mật độ mol của thành phần trong bê tông 20 x 20 x 30 cm

Phổ gamma tán xạ trên bê tông thực nghiệm sau khi đã trừ phong cùng với bộ phổ chuẩn ứng cho một đơn vị mật độ mol các thành phần cát, đá, nước và xi măng cho các mẫu bê tông có kích thước 20 x 20 x 30 cm được biểu diễn trong Hình 2.



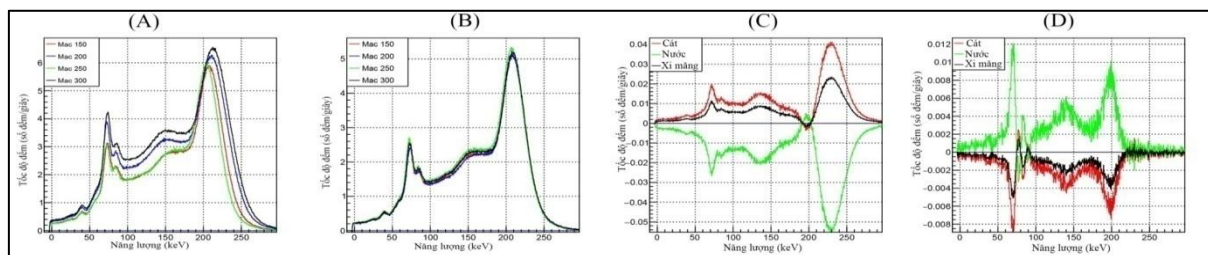
Hình 3. (A) Phổ gamma tán xạ trên bê tông kích thước 20x20 x30 cm chứa thành phần đá mi. (B) Phổ gamma tán xạ trên bê tông kích thước 20 x 20 x30 cm chứa thành phần đá 1x2 cm. (C) Phổ chuẩn gamma tán xạ trên từng thành phần cho bê tông có kích thước 20 x 20 x 30 cm chứa thành phần đá mi. (D) Phổ chuẩn gamma tán xạ trên từng thành phần cho bê tông có kích thước 20 x 20 x 30 cm chứa thành phần đá 1 x 2 cm

Hình 3 vẫn có dạng phổ âm và phổ dương. Như đã giải thích ở Hình 2 thì Hình 3 đã chứng tỏ thêm rằng là phổ chuẩn cho từng thành phần phụ thuộc rất nhiều vào kích thước hình học của bia tán xạ. Khi so sánh Hình 3 và Hình 2 có thể nhận thấy hình dạng phổ chuẩn của cùng một loại bê tông thì khác nhau vì khi phổ gamma tán xạ trên bê tông được ghi nhận có cấu trúc hình học mẫu khác nhau.

Kết hợp bộ phổ chuẩn tìm được cùng các phổ bê tông tương ứng trong Hình 3 tính toán được mật độ mol các thành phần cát, đá, nước và xi măng có trong từng loại bê tông bằng phương trình (5). Bảng 3 trình bày kết quả mật độ mol các thành phần có trong các mẫu bê tông kèm theo sai số của từng kết quả

Bảng 3. Mật độ mol (mol/m^3) lý thuyết và thực nghiệm của từng thành phần có trong loại bê tông có kích thước 20 x 20 x 30 cm

Mac	Thành phần	Bê tông chứa thành phần đá mi			Bê tông chứa thành phần đá 1 x 2 cm		
		Lý thuyết	Thực nghiệm		Lý thuyết	Thực nghiệm	
			Mật độ mol	Mật độ mol		Sai số	Mật độ mol
150	Cát	11322,6972	11322,7	27,8	12128,9753	12129	14,9
	Đá	19036,1502	19036,1	31	19841,6495	19841,6	22,5
	Nước	10833,3333	10833,3	12,9	10555,5556	10555,6	11,7
	Xi măng	4439,1122	4439,1	23,4	3624,2751	3624,3	13,2
200	Cát	10765,8432	10765,8	30,8	11725,2286	11725,2	16,7
	Đá	18736,0307	18736	34,3	19577,9731	19578	24,9
	Nước	10833,3333	10833,3	14,3	10555,5556	10555,6	12,9
	Xi măng	5413,9172	5413,9	26,1	4374,1252	4374,1	14,5
250	Cát	9884,1578	9884,2	29,2	11296,5947	11296,6	18,1
	Đá	18435,9112	18435,9	32,5	19358,2427	19358	26,9
	Nước	10833,3333	10833,3	13,6	10555,5556	10555,6	14
	Xi măng	6508,6083	6508,7	24,8	4999,0002	4999	16,8
300	Cát	9907,3601	9907,4	31	10868,5132	10868,5	14,3
	Đá	18435,9112	18435,9	34,5	19160,4854	19160,5	21,7
	Nước	10333,333	10333,3	14,4	10555,5556	10555,6	11,3
	Xi măng	7048,5903	7048,6	26,4	5748,8502	5748,9	12,1



Hình 4. (A) Phổ gamma tán xạ trên bê tông không đá kích thước 20 x20x15 cm. (B) Phổ gamma tán xạ trên bê tông kích thước 20 x 15 x 20 cm. (C) Phổ chuẩn gamma tán xạ trên từng thành phần cho bê tông có kích thước 20 x 20 x 15 cm. (D) Phổ chuẩn gamma tán xạ trên từng thành phần cho bê tông có kích thước 20 x 15 x20 cm

Kết quả mật độ mol và sai số thu được từ thực nghiệm hoàn toàn phù hợp với các số liệu lý thuyết.

Phổ gamma tán xạ và kết quả xác định mật độ mol của thành phần trong bê tông không đá 20 x 20 x 30 cm

Phổ gamma tán xạ trên bê tông thực nghiệm sau khi đã trừ phong cùng với bộ phổ chuẩn ứng cho một đơn vị mật độ mol các thành phần cát, nước và xi măng cho các mẫu bê tông không đá được biểu diễn trong Hình 4.

Phổ chuẩn tìm từ bê tông kích thước 20 x 20 x15 cm có thành phần nước hầu như đã bị hấp thụ khi đi

tới đầu dò, phổ chuẩn còn lại thì thành phần cát và xi măng cũng bị hấp thụ hoàn toàn trong quá trình đi tới đầu dò. Mặc dù phổ gamma tán xạ trên bê tông không thay đổi quá nhiều nhưng sự ảnh hưởng của hiệu ứng matrix như hấp thụ và tán xạ đã dẫn đến sự sai khác của phổ chuẩn thu được.

Kết hợp bộ phổ chuẩn tìm được cùng với phổ bê tông tương ứng tính toán được mật độ mol các thành phần cát, nước và xi măng có trong từng loại bê tông bằng phương trình (5). Bảng 4 trình bày kết quả mật độ mol các thành phần có trong các mẫu bê tông kèm theo sai số của từng kết quả.

Bảng 4. Kết quả mật độ mol (mol/m³) của từng thành phần có trong loại bê tông không đá

Mac	Thành phần	Bê tông kích thước 20 x 20 x 15 cm			Bê tông kích thước 20 x 15 x 20 cm		
		Lý thuyết	Thực nghiệm		Lý thuyết	Thực nghiệm	
		Mật độ mol	Mật độ mol	Sai số	Mật độ mol	Mật độ mol	Sai số
150	Cát	24257,9507	24257,9	26,3	24257,9507	24258	26,3
	Nước	21069,4444	21069,4	12	21069,4444	21069,4	12
	Xi măng	7163,3173	7163,3	27,9	7163,3173	7163,3	27,9
200	Cát	23450,4572	23450,5	26	23450,4572	23450,5	26
	Nước	21069,4444	21069,4	11,9	21069,4444	21069,4	11,9
	Xi măng	8639,0222	8639	28,2	8639,0222	8639	28,2
250	Cát	22593,1893	22593,2	26,7	22593,1893	22593,2	26,7
	Nước	21069,4444	21069,4	11,9	21069,4444	21069,4	11,9
	Xi măng	10053,2394	10053,2	32	10053,2394	10053,2	32
300	Cát	21737,0264	23514	21,9	21737,0264	24327	26,9
	Nước	21069,4444	21320,6	13,1	21069,4444	21676,1	12,1
	Xi măng	11503,1994	9154,4	13,9	11503,1994	8511,4	29,8

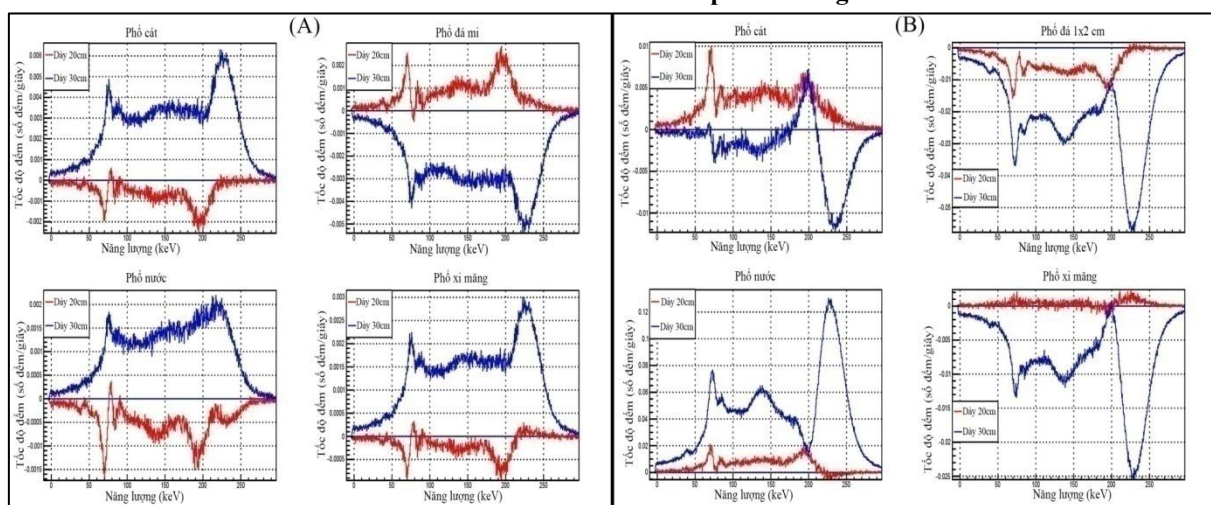
Bảng 5. So sánh kết quả lý thuyết và thực nghiệm

Thành phần	Mật độ mol lý thuyết (mol/m ³)	Mật độ mol thực nghiệm (mol/m ³)			
		20 x 15 x 20 (cm)	Sai lệch (%)	20 x 20 x 15 (cm)	Sai lệch (%)
Cát	21737,0264	24327	11,92	23514	8,17
Nước	21069,4444	21676,1	2,88	21320,6	1,19
Xi măng	11503,1994	8511,4	26,01	9154,4	20,42

Tim phổ chuẩn của các thành phần chỉ dùng ba Mac 150, 200 và 250, chính vì vậy Mac 300 là mẫu bê tông kiểm tra bộ phổ chuẩn tìm được. Bảng 5 trình bày kết quả sai lệch của kết quả mật độ mol các thành phần chứa trong Mac 300 tìm được so với số liệu lý thuyết. Mật độ mol của thành phần nước tìm được từ thuật toán FSA cho kết quả rất tốt chỉ sai lệch ở mức

1 % đến 3 %. Trong khi đó thành phần cát và xi măng có sự sai lệch khá lớn. Đối với thành phần cát thì sự sai lệch trong khoảng 8 % đến 12 % và thành phần xi măng sai lệch trong khoảng 20 % đến 26 % so với số liệu lý thuyết.

Đánh giá phổ chuẩn thu được từ bê tông cùng thành phần nhưng khác kích thước

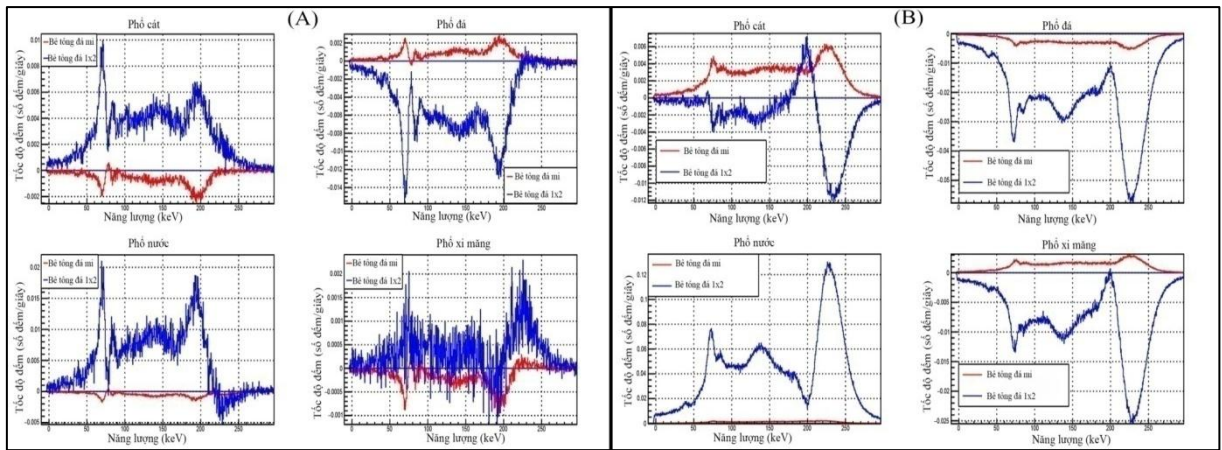


Hình 5. (A) So sánh phổ chuẩn theo kích thước thu được từ phổ bê tông chứa đá mi. (B) So sánh phổ chuẩn theo kích thước thu được từ phổ bê tông chứa đá 1 x 2 cm

Phổ chuẩn phụ thuộc rất lớn vào hình học mẫu. Bộ phổ chuẩn thu được cho từng thành phần ở các kích thước khác là hoàn toàn khác nhau. Trong Hình 5 có thể thấy phổ chuẩn gamma tán xạ trên các thành phần cho một bộ phổ chuẩn thì có hình dạng gần giống nhau chỉ khác nhau về độ lớn. Hầu hết phổ

chuẩn cho mẫu có kích thước 20 x 20 x 30 cm có độ lớn hơn so với mẫu 20 x 30 x 20 cm. Độ lớn của hai phổ khác nhau là do yếu tố hình học mẫu như về tiết diện mặt đo và bề dày mẫu chưa bão hòa.

Đánh giá phổ chuẩn thu được từ bê tông cùng kích thước nhưng khác thành phần



Hình 6. (A) So sánh phổ chuẩn theo thành phần trong khối bê tông có kích thước 20 x 30 x 20 cm. (B) So sánh phổ chuẩn theo thành phần trong khối bê tông có kích thước 20 x 20 x 30 cm

Hình 6 biểu diễn cho các mẫu có cùng kích thước hình học nhưng khác mật độ mẫu. Theo như lý thuyết gamma tán xạ thì yếu tố mật độ mẫu có ảnh hưởng đến phổ gamma tán xạ trên bê tông mẫu do đó kéo theo nó còn ảnh hưởng trực tiếp đến bộ phổ chuẩn thu được. Độ lớn chênh lệch nhau khá nhiều giữa bê tông chứa đá mi so với bê tông chứa đá 1 x 2cm. Yếu tố làm nên sự chênh lệch này là do kích thước thành phần đá khác nhau. Đá mi có kích thước 0,5 x 1cm nên được phân bố đều hơn trong khối bê tông mẫu so với loại đá có kích thước 1 x 2cm.

KẾT LUẬN

Với mục đích phát triển phương pháp FSA áp dụng cho xử lý phổ gamma tán xạ với năng lượng tán xạ dưới 300 keV, nghiên cứu này đã chỉ ra rằng thuật toán FSA hoàn toàn có thể được sử dụng để phân tích phổ gamma tán xạ ngược trên vật liệu để xác định các thành phần và mật độ của vật liệu bia tán xạ.

Từ các phân tích trên các mẫu bê tông cho thấy hình dạng và cấu trúc phổ chuẩn của các thành phần cát, đá, nước và xi măng thay đổi theo kích thước

hình học mẫu và tỷ lệ pha trộn các thành phần. Đặc biệt là phổ chuẩn các thành phần thay đổi lớn theo kích thước đá. Từ đó cho thấy tiềm năng ứng dụng FSA trong việc phân tích và đánh giá chất lượng bê tông cũng như việc kiểm tra các thành phần phối trộn bê tông từ việc phân tích các cấu trúc phổ chuẩn.

Các nghiên cứu trong công trình này là nghiên cứu đầu tiên về việc áp dụng FSA phân tích phổ tán xạ ngược trên bê tông. Nên để chuẩn hóa phương pháp cũng như thẩm định các kết quả thì cần có thêm các nghiên cứu phổ tán xạ trên nhiều mẫu bê tông có kích thước khác nhau và các thành phần trộn khác nhau. Đặc biệt là cần phải tiến hành tạo các mẫu bê tông có thêm nhiều kích thước đá khác nhau và xét thêm các mẫu có thêm thành phần cốt thép.

Lời cảm ơn: Công trình này được thực hiện theo đề tài nghiên cứu khoa học cấp ĐHQG-TP.HCM loại C với mã số C2015-18-05. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm Kỹ thuật hạt nhân, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM đã cho phép sử dụng hệ tán xạ Compton.

Development of full spectrum analysis (FSA) to analyze the gamma backscattering on concrete

- Luong Thanh Tung
- Do Trong Vien
- Huynh Dinh Chuong
- Nguyen Thi My Da
- Tran Kim Tuyet
- Nguyen Thi Truc Linh
- Truong Thi Hong Loan
- Le Cong Hao
- Trinh Hoa Lang

University of Science, VNU-HCM

ABSTRACT

Full spectrum analysis, FSA, has been being widely used for the identification in environmental radioactive. In this work, firstly, FSA is developed to analyze the gamma backscattering spectrum on concrete to determine the component densities. The concrete samples are mixed of Portland cement,

sand, gravel and water in the different proportions. The experiments are carried out by the radioactive source Cs137 (0.5mCi) and the detector NaI(Tl) 2 inch x 2 inch. The obtained results show that FSA would be a good approach to analyze the gamma backscattering on concrete.

Keywords: backscattering, gamma, Compton, concrete, FSA

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1].P.R. Bevington, D.K. Robinson, Data reduction and error analysis for the physical sciences, Third edition, Published by McGraw-Hill, 116 –123 (2003).
- [2].A. Caciolli et al, A new FSA approach for in situ γ ray spectroscopy, *Science of the Total Environment* 414, 639–645 (2012).
- [3].G. Harding, X-ray scatter tomography for explosives detection, *Radiation Physics and Chemistry*, 71, 869–881 (2004).
- [4].O. Klein, Y. Nishina, Über die Streuung von Strahlung durch freie Elektronen nach der neuen relativistischen Quantendynamik von Dirac, *Z. Physik*, 52, 853–868 (1929).