

# ỨNG DỤNG KỸ THUẬT KIỂM TRA KHÔNG PHÁ HỦY TRONG NGHIÊN CỨU MẪU VẬT KHẢO CỔ ĐƯỢC PHÁT HIỆN TẠI DI TÍCH AM NGOẠ VÂN (ĐÔNG TRIỀU, QUẢNG NINH)

NGUYỄN VĂN ANH<sup>1</sup>, PHẠM NGỌC ĐỒNG<sup>2,\*</sup> VÀ MAI THÁI NAM<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Đại học Khoa học Xã hội và Nhân văn, 336 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội  
e-mail: vananhkch@gmail.com

<sup>2\*</sup>Trung tâm Đào tạo hạt nhân - NTC, 140 Nguyễn Tuân, Thanh Xuân, Hà Nội  
e-mail: dongpn@vinatom.gov.vn; ngocdong42@gmail.com

<sup>3</sup>Trung tâm Đánh giá không phá huỷ -NDE, 140 Nguyễn Tuân, Thanh Xuân, Hà Nội  
e-mail: maithainam@gmail.com

**Tóm tắt:** Kỹ thuật hạt nhân được ứng dụng rộng rãi trong ngành khoa học xã hội, trong đó tiêu biểu: khảo cổ học, lịch sử nghệ thuật, phục chế, vv.. Khảo cổ học thường áp dụng các phương pháp, kỹ thuật như Phương pháp  $^{14}\text{C}$  và  $^{210}\text{Pb}$ , Chụp ảnh X-Ray, Chụp ảnh Gamma, Chụp ảnh Neutron, Phân tích huỳnh quang tia X, Phân tích kích hoạt neutron, Phổ phát quang, Phổ hấp thụ Nguyên tử... nhằm xác định tính chất, cấu trúc, chất liệu, kỹ thuật, hoa văn và niên đại của di vật. Năm 2017, trong cuộc khai quật tại am Ngoạ Vân, di tích được coi là thánh địa của Phật giáo Trúc Lâm, là nơi đức vua, Phật hoàng Trần Nhân Tông hoá Phật đã phát hiện một hộp đồng được nghi là hộp chứa xá lỵ của Phật hoàng (chúng tôi gọi là mẫu ANV17-AB2L1). Do tính chất quan trọng đặc biệt của hiện vật, nên hiện trạng của hộp phải được giữ nguyên, không được mở. Vì thế, áp dụng kỹ thuật kiểm tra không phá huỷ sẽ đáp ứng được điều này mà không ảnh hưởng đến mẫu vật. Báo cáo này trình bày việc áp dụng kỹ thuật chụp ảnh phóng xạ tia X để xác định cấu trúc bên trong của mẫu vật và sử dụng phương pháp phân tích phổ huỳnh quang tia X để xác định thành phần vật liệu của mẫu. Kết quả chụp ảnh tia X mẫu vật ANV17-AB2L1 xác định có cấu trúc 2 lớp dạng là hình hộp và bên trong hộp thứ 2 có chứa 01 vật hình cầu có lỗ rỗng ở giữa và 02 vật hình que. Kết quả phân tích thành phần hoá học hộp bên ngoài cho thấy, hộp được làm bằng hợp kim đồng thiếc có độ bền cao về cơ học với tỉ lệ đồng (Cu), thiếc (Sn) và chì (Pb) chiếm tỷ lệ khoảng 95% trong đó chì chiếm đến khoảng 40% có vai trò làm tăng độ chống mài mòn cơ học và hoá học. Những kết quả phân tích ban đầu cung cấp nhiều thông tin quan trọng giúp các nhà khảo cổ đưa ra nhận định về cấu trúc và tính chất, vật liệu, niên đại và chủ nhân của mẫu vật.

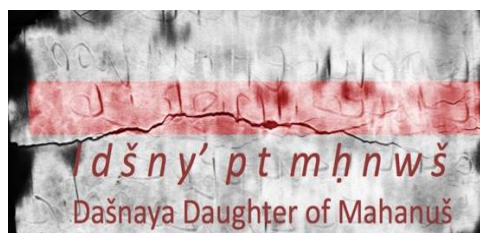
**Từ khóa:** kỹ thuật hạt nhân, kỹ thuật kiểm tra không phá huỷ, chụp ảnh tia X, phân tích thành phần nguyên tố bằng huỳnh quang tia X, khảo cổ học, nghiên cứu di sản văn hoá.

## 1. GIỚI THIỆU

Trên thế giới, ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong khảo cổ học thường được biết đến thông qua bảo tồn/phục dựng, xác định nguồn gốc, niên đại và chứng thực cổ vật. Các phương pháp trong kỹ thuật hạt nhân thường được áp dụng trong khảo cổ như: phương pháp nhiễu xạ tia X (XRF), phương pháp phân tích kích hoạt neutron (NAA), phương pháp kích hoạt gamma tức thời (PGAA), phương pháp xác định tuổi bằng  $^{14}\text{C}$  và  $^{210}\text{Pb}$  và phương pháp phát xạ tia X (PIXE), phát xạ gamma (PIGE) hay tán xạ Rutherford (RBS) được Cơ quan năng lượng nguyên tử Quốc tế tổng kết và trình bày chi tiết trong cuốn “*Các kỹ thuật hạt nhân trong nghiên cứu di sản văn hoá*” [1]. Ngoài việc xác định tuổi của các mẫu vật khảo cổ có nguồn gốc hữu cơ bằng phương pháp  $^{14}\text{C}$ , các đặc trưng của mẫu vật có nguồn gốc vô cơ như kim loại, hợp kim, gốm, sứ, vv... còn được xác định bằng nhiều phương pháp và kỹ khác nhau. Kỹ thuật kiểm tra không phá huỷ sử dụng tia X là một trong những kỹ thuật được áp dụng hiệu quả và phổ biến hiện nay đối với các mẫu vật trong khảo cổ nhằm làm rõ cấu trúc bên trong, dấu vết kỹ thuật của mẫu vật là kim loại, sứ, xương mà không cần tác động đến mẫu vật, đồng thời còn xác định được các thành phần vật liệu, từ đó đưa ra các giải đoán về mặt công nghệ cũng như các kỹ thuật, cung cấp luận cứ giúp việc đánh giá về cấu trúc, tính chất, niên đại và tình trạng bảo tồn của di vật.

Ngày nay, công nghệ và kỹ thuật hiện đại cho phép chúng ta nhìn thấu cấu trúc của hiện vật với nhiều lớp khác nhau mà vẫn giữ được nguyên trạng của hiện vật đó. Một trong những ví dụ điển hình là việc sử dụng máy chụp cắt lớp vi tính (CT) để chụp cấu trúc cuộn giấy bằng chì có niên đại 1600 năm phát hiện tại Đức. Bằng việc sử dụng công nghệ CT đã cho phép tái tạo lại hình ảnh ban đầu của cuộn giấy, đặc biệt đã khôi phục các ký tự bằng tiếng Mandaic, ngôn ngữ của một tôn giáo uyên bác thời cổ đại có từ thời chúa Kito ra đời (Hình 1) [2].

Về mặt kỹ thuật, chụp ảnh phóng xạ sử dụng tia X và neutron đã trở thành những công cụ quan trọng trong nghiên cứu khảo cổ, đặc biệt là đối với vật liệu như kim loại, đồ sành sứ, giấy và tranh. Về mặt lý thuyết phương pháp chụp ảnh phóng xạ đã được phát triển từ lâu, tuy nhiên, chỉ khi cuốn Radiography of Cultural material (tạm dịch là Chụp ảnh phóng xạ vật liệu văn hoá) của Janet Lang và Andrew Middleton [3] mới có tính hệ thống, đáp ứng yêu cầu của khảo cổ học. Trong cuốn sách này, các tác giả đã trình bày khá chi tiết và tỉ mỉ về mặt phương pháp, kỹ thuật chụp ảnh phóng xạ và những ví dụ cụ thể trong bảo tồn, phục chế và chứng thực cổ vật. Ngoài ra việc xác định cấu trúc của các mẫu vật khảo cổ, liên quan đến việc xác định đến thành phần nguyên tố cũng có rất nhiều phương pháp xác định như NNA, XRF, AAS ... đặc biệt hiện nay phát triển mạnh các công cụ như máy phân tích khối phổ (ICP-MS) phân tích nguyên tố và tỷ số đồng vị với hàm lượng cực kỳ thấp trong mẫu [1]. Chính vì vậy đối với mẫu vật khảo cổ phát hiện ở Đông Triều thì lựa chọn máy X-Ray để nghiên cứu cấu trúc và XRF xác định thành phần nguyên tố đáp ứng yêu cầu không tác động, không phá mẫu.

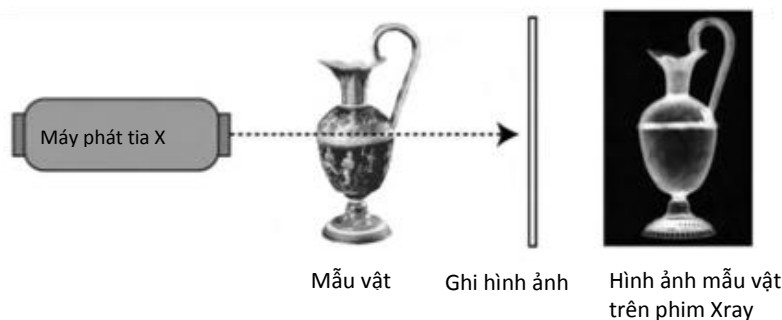


Hình 1. Cuộn giấy 1.600 năm tuổi dài 3,6cm và rộng 1,5cm rất quý giá bởi nó chứa đựng những câu kinh thánh của một tôn giáo uyên bác thời cổ đại (bên trái). Đáng tiếc là mở cuộn giấy ra cũng sẽ làm nó bị tiêu hủy. Hình bên phải là các ký tự được giải mã nhờ sử dụng công nghệ chụp CT và tái tạo lại hình ảnh. Ảnh: GE Oil & Gas Digital Solutions

## 2. XÁC ĐỊNH CẤU TRÚC CỦA MẪU VẬT

### 2.1 Nguyên lý chụp ảnh phóng xạ

Việc thực hiện chụp ảnh phóng xạ đối với một di vật khảo cổ được thực hiện theo nguyên tắc được mô tả như trong hình 2. Cụ thể: thiết bị phát bức xạ (Máy phát tia X) đi qua mẫu vật phụ thuộc vào độ bất đồng đều và năng lượng của chùm tia bức xạ mà thiết bị ghi hình ảnh (phim X-Ray) sẽ cho ta hình ảnh của mẫu vật được thể hiện như trong hình. Chất lượng của hình ảnh phụ thuộc vào năng lượng của chùm bức xạ, bố trí hình học, các yếu tố tán xạ và phụ thuộc vào chất lượng của thiết bị ghi hình ảnh (độ mịn hay kích thước hạt của phim). Năng lượng của chùm bức xạ được sử dụng sẽ phụ thuộc vào loại vật liệu và chiều dày của mẫu vật. Chính vì thế, việc lựa chọn năng lượng hay điện áp đối với máy phát tia X dựa trên yêu cầu cũng như độ chính xác hay độ phân giải của phim sẽ là lựa chọn tối ưu cho mẫu vật mà ta quan tâm. Các chế độ tham khảo cũng như cách xác định loại vật liệu về chiều dày, thời gian chiếu chụp và lựa chọn phim chụp có thể tham khảo trong [3].



Hình 2. Nguyên lý chụp ảnh phóng xạ sử dụng Máy phát tia X [3]

## 2.2 Mẫu vật số hiệu ANV17-AB2L1

Mẫu vật số hiệu ANV17-AB2L1 được khảo cổ học phát hiện tại am Ngoạ Vân, thị xã Đông Triều, Quảng Ninh năm 2017. Am Ngoạ Vân là nơi gắn liền với cuộc đời tu hành và hoá Phật của đức vua, Phật hoàng Trần Nhân Tông, ông vua thứ 3 của nhà Trần, người đã lãnh đạo quân dân Đại Việt đánh tan hai cuộc tấn công của đế chế Mông Nguyên cuối thế kỷ XIII, giữ vững biên cương bờ cõi của Đại Việt, xây dựng triều đại nhà Trần trở thành một trong những triều đại võ công, văn trị bậc nhất trong lịch sử Việt Nam. Năm 1299, sau thời gian nhường ngôi cho con lên làm Thái Thượng hoàng, Trần Nhân Tông xuất gia tu hành tại am Tử tiêu trên núi Yên Tử, lấy hiệu là Hương Vân Đại đầu đà, sau đó đổi thành Trúc lâm đại sĩ. Tháng 5 năm 1307, Trúc Lâm Đại sĩ lên tu tại am Ngoạ Vân trên núi Bảo Đài. Ngày 1 tháng 11 năm 1308 Trúc Lâm Đại sĩ an nhiên hóa Phật tại Am Ngoạ Vân, các đệ tử hỏa thiêu Ngài ngay tại Ngoạ Vân, thu xá lợi. Tại Ngoạ Vân đệ tử cho dựng tháp và tôn trí một phần xá lợi của Phật hoàng tại đây.



Hình 3. Mẫu ANV17-AB2L1

Mẫu vật ANV17-AB2L1 là một hộp chữ nhật được phát hiện tại vị trí trong một hố đen rộng 20cm-25cm, nằm sâu 25cm-30cm so với mặt đất hiện tại, tương đương với độ cao 599,6 mét so với mực nước biển. Hố được đào sâu xuống lớp đá gốc khoảng 10-5cm, hộp nằm nghiêng, nắp hộp bị móp do chịu sự tác động của một lực khá lớn từ trước. Hộp gồm hai phần, thân và nắp, nắp được khớp kín với thân, kích thước (trên/dưới) của hộp: dài 80/83mm, cao 45/46mm, rộng 46/49mm. Toàn bộ mặt ngoài để trơn, không trang trí hoa văn, song ở đáy và hai mặt hông còn thấy rõ vết vải và dây buộc hình chữ thập (✚) cho thấy, vốn hộp được bọc trong một túi vải, ngoài có dây buộc lại hình chữ thập. Bằng mắt thường cho phép suy đoán, hộp được làm bằng hợp kim đồng, tình trạng đã bị hoen gỉ. đồng thời ta cũng nhìn thấy một vết nứt lớn ở nắp trên bên thành do tác động ngoại lực lớn và một vết nứt ở góc đối xứng của nắp vỏ hộp. Các nhà khảo cổ nghi ngờ rằng, đây có thể là hộp chứa xá lợi của Phật hoàng Trần Nhân Tông bởi hình dáng và cấu trúc của hộp này khá giống với các hộp chứa xá lợi Phật đã được phát hiện tại Trung Quốc cũng như tại Nhạn tháp thuộc tỉnh Nghệ An của Việt Nam. Hộp chứa xá lợi Phật phát hiện tại Trung Quốc thường có nhiều lớp khác nhau, đặc biệt, hộp xá lợi phát hiện tại địa cung dưới lòng Bảo tháp ở chùa Pháp Môn, tỉnh Thiểm Tây, Trung Quốc [4] có cấu trúc 7 lớp. Do vậy, đối với mẫu vật ANV17-AB2L1, các nhà khảo cổ nghi ngờ rằng hộp này có thể gồm 3 lớp: lớp đồng bên ngoài và lớp thứ 2 có thể bằng bạc và lớp trong cùng có thể là lớp hộp bằng vàng.

## 2.3 Thiết bị chụp ảnh phóng xạ

Dựa trên những thông tin phỏng đoán là sẽ có nhiều lớp (phỏng đoán sẽ có thêm 2 lớp kim loại khác) bên trong và hình dáng bên ngoài cùng với việc tính tương đối trọng lượng hộp thì chiều dày của hộp bên ngoài bằng đồng sẽ có chiều dày khoảng từ 2-4 mm. Về

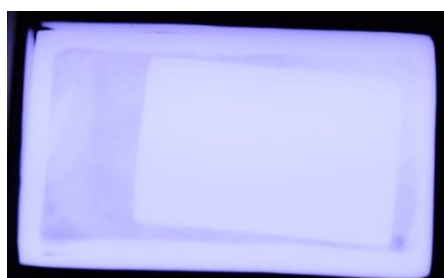
tính chất của kim loại ta có khối lượng nguyên tử Fe là 56, Cu là 64, Ag là 108 và Au là 197 và mật độ tương ứng của thép, đồng, bạc và vàng là  $7,874 \text{ g/cm}^3$  ;  $8,94 \text{ g/cm}^3$  ;  $10,49 \text{ g/cm}^3$  ;  $19,3 \text{ g/cm}^3$ . Có rất nhiều phương pháp và kỹ thuật hạt nhân có thể áp dụng xác định cấu trúc của mẫu vật được sử dụng trong nghiên cứu Ai Cập cổ đại, Châu Mỹ cổ đại cũng như triều đại nhà Nguyên và Trung Quốc cổ đại [5]. Ngoài ra, khi dự đoán nếu có hộp bên trong bằng kim loại nặng làm bằng vật liệu bạc hay vàng thì việc chụp ảnh mẫu vật sẽ phải sử dụng loại máy chụp ảnh phóng xạ trong công nghiệp mới có thể chụp được ảnh mẫu vật này [6, 7].

Thiết bị được sử dụng để kiểm tra cấu trúc bên trong mẫu vật là máy chụp ảnh phóng xạ trong công nghiệp X-Ray – RF-300EGM có dải điện áp làm việc từ 130-300 kV với mỗi bước điện áp là 2kV [8]. Dòng điện của ống phóng ở chế độ tiêu chuẩn là 5mA cho dải điện áp từ 160 -300kV và dòng điện là 4.5 mA ở chế độ điện áp thấp hơn 160 kV. Kích thước hội tụ của chùm tia là 2.5mm X 2.5 mm. Khoảng cách chụp tiêu chuẩn là 60 cm với chiều dày của thép là 20mm ở điện áp 170kV thì thời gian chụp của mẫu sẽ là 1phút 40 giây tính cho phim Fuji Ix 100 đạt được độ đen là 2.0.

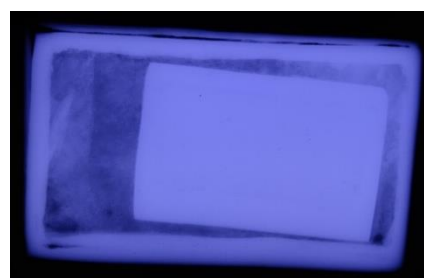
### Khảo sát các chế độ chụp

Để có thể tiến hành xác định được cấu trúc bên trong, chúng tôi thử nghiệm khảo sát với các mức điện áp khác nhau từ 150 kV; 170 kV; 200 kV và 250 kV với các khoảng cách 900 mm; 800 mm và 700 mm, tương ứng với thời gian chiếu chụp là 1 phút; **1,5 phút và 2,5 phút** để xác định được chế độ chụp tối ưu nhằm xác định rõ cấu trúc bên trong của mẫu vật, bề dày của các lớp hộp. Từ chế độ chụp tối ưu thu được cũng giúp đưa ra dự đoán chủng loại vật liệu dùng để chế tạo các lớp hộp bên trong.

Để có thể luận giải một cách rõ ràng hơn chúng ta có thể so sánh các ảnh chụp hình chiếu bằng của mẫu vật với các điện áp khác nhau từ 150kV, 170kV, 200kV và 250kV như trong hình 4 và hình 5. Trong hình 4a và hình 5a, với năng lượng 150kV ta chỉ có thể phát hiện được hai vật thể bên trong và bên ngoài cùng một nắp hộp bên ngoài bị vỡ. Ở năng lượng thấp thì nắp hộp ngoài cùng bên ngoài và thành hộp không phân biệt rõ ràng mà bị nhòe thành một. Khi tăng năng lượng lên 170kV ta thấy rõ hơn lớp phân tách của nắp đậy bên ngoài và mẫu vật có độ tương phản cao hơn và phân biệt được rõ hơn vật thể bên trong. Tuy nhiên chưa thấy rõ cấu trúc của vật thể bên trong (Hình 4b).



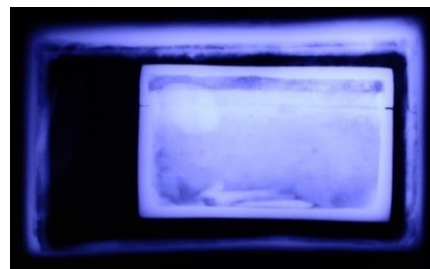
a) U=150kV



b) U=170kV



c) U=200kV



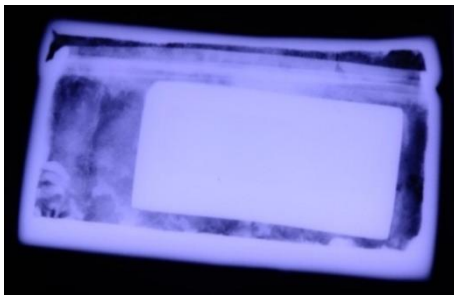
d) U=250kV

Hình 4: Ảnh hình chiếu bằng của mẫu vật được chụp với các điện áp khác nhau

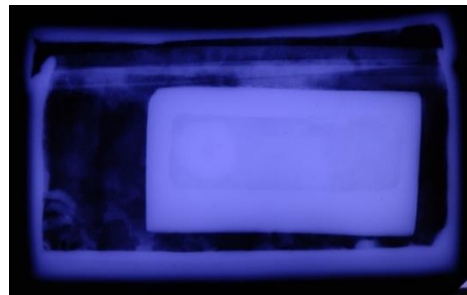


Khi tăng năng lượng đến 200kV, cấu trúc của hộp bên ngoài càng rõ ràng hơn và cấu trúc bên trong của vật thể bên trong cũng dần được nhìn rõ (Hình 4c). Quan sát Hình 4c ta thấy, bên trong lớp hình hộp thứ hai có chứa các vật thể mà ở các mức năng lượng ở 150kV và 170kV ta không nhìn thấy. Có thể nhìn thấy ít nhất 3 vật thể, trong đó có một vật thể hình tròn và 2 vật thể hình que. Đồng thời trong hình 4c chúng ta cũng nhìn thấy sự tách lớp ở vị trí khớp giữa nắp với thân của hộp bên ngoài, lớp tách này không nhìn thấy khi chụp ở 150kV và 170kV. Ở Hình 4c, tức là hình chiếu bằng, ta có thể thấy sự tách biệt đó là hai hình hộp đặt rất sát nhau. Tuy nhiên khi kết hợp Hình 4c và Hình 4b thì ta không thể khẳng định ngay sát hộp bên ngoài cùng lại tồn tại một vật thể hình hộp nữa. Bởi vì nếu có tồn tại hai hộp thì trên Hình 5b sẽ tồn tại một đường màu trắng có độ dày ở trong hình 5b thể hiện rất mờ. Có hai giả thiết xảy ra là có thể tồn tại một hộp kim loại mỏng được đặt ngay sát hộp ngoài cùng hoặc đó chỉ là hình ảnh của thành gờ nắp đậy ngoài cùng.

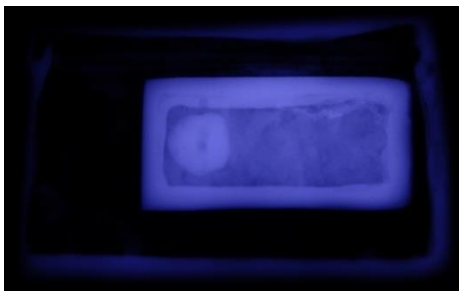
Khi tăng năng lượng lên 250kV, kết quả chúng ta nhìn rất rõ tách lớp của vật thể bên ngoài và đặc biệt là cấu trúc của hộp bên trong đã hiện ra rất rõ nét, đó là vật thể hình hộp chữ nhật có nắp đậy (Hình 4d) và bên trong nó tồn tại 01 vật thể hình cầu và 02 vật thể hình que. Ở đây ta có thể phân biệt rất rõ nắp đậy của vật thể bên trong. Hình 5c chiếu đứng cũng quan sát được thành gờ nắp đậy của hộp bên trong. Tuy nhiên, Hình 5c ảnh chụp hình chiếu đứng chỉ nhìn thấy một vật thể bên trong hình cầu có lỗ khuyết, không nhìn được 2 vật thể hình que.



a) U=150kV



b) U=200kV



c) U=250kV

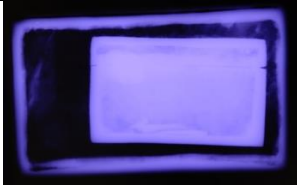


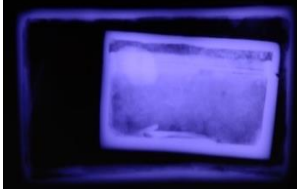
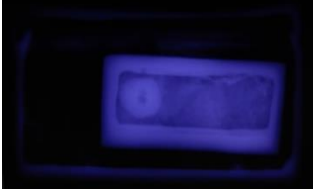

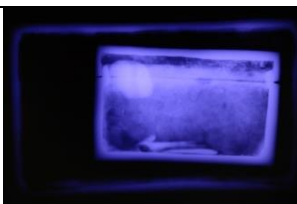
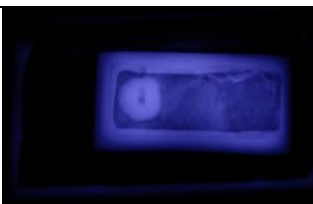
Hình 5: Ảnh hình chiếu đứng của mẫu vật được chụp với các điện áp khác nhau

### Tiến hành chụp mẫu

Để tiến hành xác định một cách chính xác hơn của vật thể bên trong về mặt không gian chúng tôi tiến hành chụp thêm một ảnh hình chiếu cạnh và đồng thời tăng thời gian chụp ở năng lượng 250kV lên 2,5 phút để kiểm tra cấu trúc sâu hơn nếu có.

Các chế độ chụp tiêu chuẩn sau khi đã khảo sát theo 2 chế độ chụp tại 200kV và 250kV tương ứng với thời gian chụp là 1,5 và 2,5 phút với mẫu vật ANV.17-AB2L1 với 3 hình chiếu bằng, đứng và cạnh được mô tả chi tiết trong Bảng 1:

**Bảng 1: Kết quả so sánh mẫu vật với các hình chiếu và chế độ chụp khác nhau**

TT	Chế độ chụp	Hình chiếu bằng	Hình chiếu đứng	Hình chiếu cạnh
1	U=200kV, I= 5mA D=700 mm T=1,5 phút			
2	U=250kV, I= 5mA D=700 mm T=1,5 phút			
3	U=250kV, I= 5mA D=700 mm T=2,5 phút			

Với các chế độ chụp như trên ta có thể nhìn thấy rõ cấu trúc bên trong của vật thể hình hộp chữ nhật có chứa 01 vật thể hình tròn rỗng trụ và 02 vật thể hình que. Vật thể hình tròn nằm ở phía trên gần nắp hộp còn 2 vật hình que thì nằm ở phía đáy hộp. Vật thể hình que có thể nhìn rất rõ trên ảnh của hình chiếu bằng và chiếu cạnh nhưng hầu như không nhìn thấy ở hình chiếu đứng. Kết quả chụp ở hình chiếu cạnh và chiếu bằng cho phép xác định chính xác vật thể nằm ở chỗ nào trong không gian của hộp nhưng với ở hình chiếu đứng thì không thể hiện rõ vị trí của hai vật thể hình que.

### 3. XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN CỦA MẪU VẬT

Để xác định thành phần vật liệu của mẫu vật ta phải tiến hành kiểm tra, đánh giá hàm lượng nguyên tố của hộp bên ngoài bằng cách sử dụng kỹ thuật **tán xạ tia X** là một trong những kỹ thuật phổ biến trong khảo cổ học hiện nay [9]. **Với các thiết bị cầm tay sử dụng kỹ thuật tán xạ tia X sẽ linh hoạt và cung cấp kết quả nhanh nhưng vẫn đáp ứng được tính chính xác so với các kỹ thuật có như nhiễu xạ tia X hay phân tích khối phổ (ICP-MS) với thiết bị lớn, đắt tiền và không linh hoạt với các hình học khác nhau của mẫu vật và có thể sử dụng ngay tại hiện trường.** Chúng tôi tiến hành kiểm tra mẫu trên hai thiết bị XRF – X-MET7500 và XRF– Amptek ADMCA. Máy phân tích phổ XRF – X-MET7500 là thiết bị cầm tay phân tích nhanh hàm lượng của Oxford Instruments có khả năng phân tích chính xác với hàm lượng từ ppm (phần triệu) đến phần trăm của hơn 40 nguyên tố phổ biến đặc biệt các nguyên tố như Fe, Cr, Mo, Cu, Ni, Sb ...[10]. Để kiểm tra một cách kỹ lưỡng hơn chúng tôi sử dụng thiết bị XRF– Amptek ADMCA để phân tích thêm dùng để kiểm chứng kết quả phân tích của X-MET7500 làm tham chiếu [11]. Các kết quả phân tích tuy có sự sai khác phụ thuộc vào vị trí phân tích cũng như không được phép đánh bóng làm sạch bề mặt mẫu cũng làm giảm độ chính xác của phép đo. Tuy nhiên ta có thể thấy rằng có vật liệu là thành phần chủ yếu trong mẫu vật là Cu (Đồng), Sn (Thiếc) và Pb (Chì). Đây chính là hợp kim loại đồng thiếc có độ bền cao và chịu mài mòn tốt đồng thời ta cũng thấy sự xuất hiện của chì làm tăng độ mài mòn cho vật liệu. Tại sao lại có sự khác nhau chủ yếu giữa thành phần phần trăm (%) của hai nguyên tố Cu (Đồng) và Pb (Chì)? Đó có thể là sự ăn mòn về mặt hoá học của Cu lớn hơn Pb nên khi kiểm tra những nơi có độ ăn mòn hoá cao sẽ xuất hiện thành phần % của Cu thấp và những vị trí có độ ăn mòn thấp thì thành phần % của Cu cao hơn.

**Bảng 2: Kết quả so sánh thành phần % nguyên tố với 2 thiết bị phân tích khác nhau**

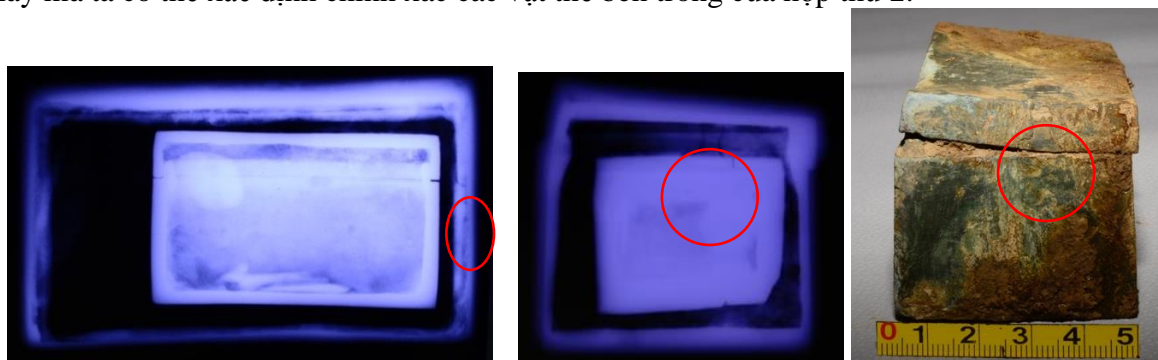
STT	Nguyên tố	Thành phần % (XRF – X-MET7500)	Thành phần % (XRF – Amptek ADMCA)
1	Pb	41,30 ± 0,531	44,167 ± 0,148
2	Cu	27,15 ± 0,086	27,312 ± 0,079
3	Sn	26,92 ± 0,243	25,438 ± 0,246
4	Fe	2,08 ± 0,038	1,761 ± 0,026
5	As	1,44 ± 0,250	0,497 ± 0,010
6	Sb	0,55 ± 0,086	0,553 ± 0,041
7	Bi	0,32 ± 0,015	N/A
8	Ag	0,21 ± 0,032	0,264 ± 0,018
9	Zn	0,03 ± 0,007	N/A

#### 4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

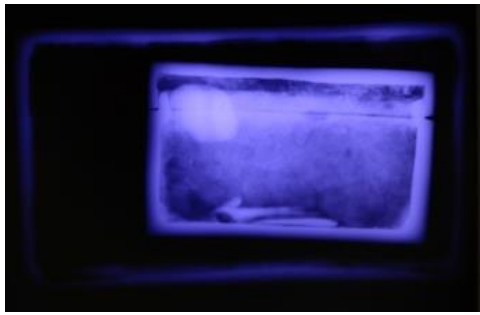
Qua kết quả kiểm tra về cả thành phần và cấu trúc bên trong mẫu vật ANV.17-AB2L1 chúng tôi có một vài nhận xét như sau:

Về mặt cấu trúc, mẫu vật có 2 lớp hình hộp chữ nhật với hai hình đặt lồng vào nhau nhưng không đồng hướng, hộp bên trong đặt nằm ngang theo phương chiều đứng của hộp bên ngoài. Nếu quan sát chỉ hình chiếu đứng trong hình 5 ta không phân biệt được sự tách lớp nhưng khi nhìn hình chiếu bằng trong Hình 4d ta có thể đánh giá đó là sự tách lớp như là hai hộp nhưng thực chất đó chỉ là hình chiếu của nắp đậy và gờ bên trong của nắp đậy hộp ngoài. Điều đó có thể minh chứng khi ta nhìn chi tiết vào bên trong hộp ngoài và so sánh hình chiếu đứng (Hình 6a) và hình chiếu cạnh chụp bằng máy ảnh thông thường như trong Hình 6b và 6c.

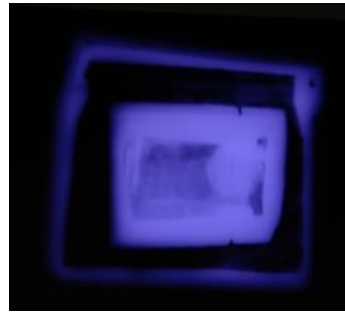
Hộp ngoài có kích thước dài 80/83mm, cao 45/46mm, rộng 46/49mm; chiều dày thành hộp khoảng 3mm. Hộp bên trong có kích thước 5cm x 2,3cm x 3cm; chiều dày thành hộp khoảng 3mm. Bên trong còn lại bên trong hộp ngoài có chứa những vật liệu nhẹ khác làm lớp đệm để hộp thứ 2 không bị di chuyển hoặc thay đổi vị trí khi bị rung lắc nhẹ (xem Hình 4b và Hình 4d). Tuy nhiên do hộp bên ngoài đã bị nứt nên có thể vật liệu nhẹ đã bị mòn hoá theo thời gian và bị đất, mòn xâm lấn nên khi bị rung lắc mạnh ta vẫn nghe và cảm nhận thấy có sự thay đổi vị trí nhỏ. Tương tự như thế bên trong hộp thứ 2 cũng có vật liệu nhẹ làm lớp đệm để giữ vị trí các đồ vật bên trong hộp thứ 2. Điều đó được chứng minh khi vị trí của hai vật thể hình trụ và hình que bên trong hộp thứ 2 không hề di chuyển vị trí khi ta thay đổi tư thế chụp theo hình chiếu đứng và hình chiếu cạnh (xem Hình 7a và Hình 7c). Cũng vì lý do này mà ta có thể xác định chính xác các vật thể bên trong của hộp thứ 2.



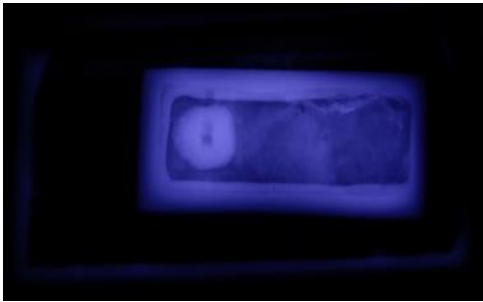
(a) 200kV, 1,5phút      (b) 200kV, 1,5phút      (c) ảnh chụp thường  
Hình 6. Hình chiếu bằng (a) và hình chiếu cạnh (b) của ảnh chụp X ray và ảnh chụp chiếu cạnh (c) bằng máy ảnh thông thường.



a, 250 kV, 2,5 phút



b, 250 kV, 1,5 phút



c, 250 kV, 2,5 phút

Hình 7. Hình chiếu bằng (a), chiếu cạnh (b) và hình chiếu đứng (c) của mẫu vật được chụp ở điện áp 250 kV với thời gian chụp là 1,5 và 2,5 phút.

Về mặt thành phần hoá học, các nguyên tố của hộp bên ngoài dựa vào kết quả phân tích ta có thể khẳng định rằng, đó là hợp kim của đồng thiếc đây là hợp kim có độ bền cơ học cao với tỷ lệ đồng (Cu) và thiếc (Sn) chiếm tỷ trọng khoảng 70% đồng thời chì (Pb) cũng được pha vào để làm tăng độ chống mài mòn cơ và hoá học.

Ngoài ra tuy không kiểm tra được trực tiếp thành phần hoá học để xác định được vật liệu của hộp thứ 2 bên trong. Cấu trúc của hộp thứ 2 ta cũng có thể thấy rằng nó có một nắp bên trên được. Dựa vào suy đoán ở mức độ quan trọng của mẫu vật và tính chất của vật liệu chế tạo cũng như hình học và công nghệ gia công thì phương án vật liệu được sử dụng làm hộp thứ 2 sẽ bị loại trừ. Tuy nhiên có thể xác định một cách tương đối thông qua giả thuyết về mật độ khối nguyên tố của hộp thứ 2 dựa trên năng lượng và thời gian chụp cũng như tính toán độ đen của phim chụp cho ta thấy nguyên tố đó có mật độ khối lượng lớn hơn nhiều so với đồng (Cu) của hộp bên ngoài nên rất có thể là vàng (Au).

Qua những phân tích đã trình bày ở phần liên quan đến kỹ thuật chụp và phân tích nhóm tác giả cũng đưa ra một số nhận định bước đầu:

- Cấu trúc của mẫu vật có hai lớp được cấu tạo bởi hai loại vật liệu khác nhau có cấu trúc hình hộp có nắp đậy. Hộp thứ hai được đặt nằm ngang so với phương đứng ở bên trong của hộp thứ nhất. Bên trong giữa các hộp có một lớp đệm là các vật liệu nhẹ để điền đầy không gian, không làm cho hộp bên trong hoặc mẫu vật chứa bên trong đó bị thay đổi vị trí. Về mặt vật liệu, có thể khẳng định được rằng thành phần nguyên tố cấu tạo của hộp bên ngoài là loại đồng thiếc còn hộp bên trong là loại vật liệu có khối lượng riêng nặng hơn và có thể là vàng (?).

- Bên trong hộp thứ 2 có chứa ít nhất 3 vật thể trong đó có 01 vật hình cầu có lỗ rỗng ở giữa và 02 vật hình que. Xác định được vị trí trong không gian của các vật bên trong vật bên ngoài và cả các vật bên trong hình hộp chứa vật hình cầu và hình que. Vật hình cầu nằm ở vị trí bên trên gần nắp của hộp thứ 2 và 2 vật hình que nằm bên dưới đáy của hộp. Ảnh của hai vật này được nhìn thấy bởi chùm tia năng lượng cao 250 kV trong thời gian 2,5 phút thì chắc chắn là những vật liệu có mật độ lớn và đây có thể là xương hoặc là ngọc.

- Dựa trên các cứ liệu lịch sử, vị trí phát hiện mẫu vật và đặc biệt là địa tầng phát hiện các nhà khảo cổ tin rằng, hộp phải được chôn dấu trước khi việc trùng tu di tích này vào năm 1707. Kết quả phân tích thành phần chất liệu của hộp bên ngoài đang ủng hộ giả thuyết này. Cả hai kết quả phân tích thành phần đều cho thấy, chất liệu chủ yếu của bằng hợp kim đồng



(Cu), chì (Pb) và thiếc (Sn), hàm lượng kẽm rất thấp, chiếm  $0,03\% \pm 0,007$ , với hàm lượng này cho thấy đây hoàn toàn là thành phần kẽm tự nhiên. Trên thế giới, kẽm được sử dụng như một thành tố quan trọng trong luyện kim khoảng nửa đầu thế kỷ 18, ở Việt Nam, chúa Nguyễn ở Đàng trong cho đúc tiền kẽm lần đầu tiên năm 1746 chúa Nguyễn Phúc Khoát lần đầu tiên cho đúc tiền kẽm, nguồn kẽm chủ yếu được nhập thông qua các thương nhân Hà Lan. Với thành phần vật chất như vậy, các nhà khảo cổ tin rằng hộp được đúc trước thế kỷ 18.

- Hình dáng và cấu trúc bên ngoài của hộp, đặc biệt kết quả chụp cho phép xác định chính xác cấu trúc nhiều lớp của hộp cung cấp thêm các minh chứng để các nhà khảo cổ học cho rằng mẫu vật ANV17-AB2L1 là hộp xá lý. Vấn đề còn lại là, đây là xá lý của ai rõ ràng là vấn đề cần được các nhà khảo cổ, lịch sử văn hoá tiếp tục giải đáp.

Với những kết quả nghiên cứu mẫu vật ANV17-AB2L1 về phương diện ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong khảo cổ học, ta có thể thấy rằng việc áp dụng các phương pháp đánh giá không phá huỷ vào nghiên cứu cấu trúc cũng như xác định thành phần hoá học đóng vai trò quan trọng và không thể thiếu, đồng thời đóng góp những luận cứ khoa học giải đáp những vấn đề liên quan trong nghiên cứu di sản văn hoá.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] IAEA Radiation Technology Series No.2, Nuclear Techniques for Cultural Heritage Research, Vienna, 2011.
- [2] GE Report, Nhìn thấu quá khứ 1600 năm, April 11, 2017.
- [3] Janet Lang and Andrew Middleton, Radiography of Cultural material, Second edition 2005.
- [4] Viện Khảo cổ học tỉnh Thiểm Tây, Báo cáo khai quật khảo cổ chùa Pháp môn, Tạp chí Văn vật, quyển thượng, 2007.
- [5] Pieter Meyers, Applications of X-Ray Radiography in the Study of Archaeological Objects, Archaeological Chemistry II, Advances in Chemistry, Vol 171, pp 79-96, 1978.
- [6] M. Uda et al, X-ray for Archeology, Springer, 2005.
- [7] Ewelina A. Mista et al, X-Ray and neutron radiography studies of archeological object, Advanced Mechatronics Solutions, pp 187-192, 2016.
- [8] EGM2-Series-AXT, Radioflex - Portable Industrial X-ray Inspection Apparatus, Rigaku Corporation, <http://www.axt.com.au/wp-content/uploads/2014/09/EGM2-Series-AXT.pdf>
- [9] M. Schreiner et al, X-ray in art and archeology – An overview, International Centre for Diffraction Data 2004, Advances in X-ray Analysis, Volume 47, pp 1-17.
- [10] X-MET7000 Series, Oxford Instruments, <https://www.oxford-instruments.com/OxfordInstruments/media/x-ray-fluorescence/x-met-brochures/X-MET7000-Mining-4pp-brochure-Nov2013.pdf>
- [11] XRF– Amptek ADMCA, Amptek Inc., <http://www.amptek.com/pdf/fp.pdf>

# NON-DESTRUCTIVE TESTING APPLIED IN STUDY ON ARCHAEOLOGY OBJECTS DISCOVERED AT NGOA VAN PAGODA RELICS IN DONG TRIEU, QUANG NINH

NGUYỄN VĂN ANH<sup>1</sup>, PHẠM NGỌC ĐỒNG<sup>2,\*</sup> VÀ MAI THÁI NAM<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Hanoi University of Social Sciences and Humanities, 336 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Ha Noi  
e-mail: vananhkch@gmail.com*

<sup>2\*</sup>*Nuclear Training Center - NTC, 140 Nguyen Tuan, Thanh Xuan, Ha Noi  
e-mail: dongpn@vinatom.gov.vn; ngocdong42@gmail.com*

<sup>3</sup>*Non-Destructive Evaluation Center -NDE, 140 Nguyen Tuan, Thanh Xuan, Ha Noi  
e-mail: maithainam@gmail.com*

**Abstracts:** Applications of nuclear analytical techniques are used widely in archaeology, art history, restoration, conservation and museum. Investigations of archaeological objects give us information on the development and propagation of the cultures and technologies of the human race. Archaeological objects will be identified by the physical and chemical properties, manufacture technologies and also aging issue, specially national treasures having cultural and historical values associated with the development of the nation. ANV17-AB2L1 archaeological object was discovered in Ngoa Van pagoda in Dong Trieu, Quang Ninh in 2017. Based on the shape and location of excavation, scientists and archaeologists judged that ANV17-AB2L1 archaeological object may be the Supreme Emperor Tran Nhan Tong's relics. Due to the importance and relevance to issues of belief in Buddhism, it should not be allowed to open and determine the structures and sampling for material analysis. Non-destructive testing techniques, therefore, are applied in the case of this object. This paper presents the results of X-Ray images to identify the ANV17-AB2L1's inner structures and X-Ray fluorescence analyser providing the elemental composition of materials. X-Ray images show that the ANV17-AB2L1 has two boxes. The inner box has 01 spherical object with a pore in the middle and 02 rod-shaped objects. Analytical element properties of the outer box show that copper (Cu), tin (Sn) and lead (Pb) contribute 95% of the mass, including lead which accounts for 42-44%. This means that adding lead to the alloy would increase the properties of mechanical abrasion and chemical corrosion. Preliminary analytical results, combined with other methods, will be important arguments as references for archaeologists to determine important information about structures and properties of materials, dating and ownership of the ANV17-AB2L1 archaeological object.

**Key words:** *nuclear techniques, non-destructive testing, X-Rays, XRF, archaeology, cultural heritages.*