

Thông tin

& Khoa học
& Công nghệ

HẠT NHÂN

VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM



ỨNG DỤNG KỸ THUẬT HẠT NHÂN
TRONG CÔNG NGHIỆP VÀ CÁC LĨNH VỰC KHÁC



VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM

Website: <http://www.vinatom.gov.vn>

Email: infor.vinatom@hn.vnn.vn

SỐ 73
12/2022



BAN BIÊN TẬP

TS. Trần Chí Thành - Trưởng ban
TS. Phạm Quang Minh - Phó Trưởng ban
TS. Trần Ngọc Toàn - Phó Trưởng ban
TS. Hoàng Sỹ Thân - Ủy viên
ThS. Bùi Đăng Hạnh - Ủy viên
PGS.TS. Phạm Đức Khuê - Ủy viên
TS. Cao Đông Vũ - Ủy viên
TS. Đặng Quang Thiệu - Ủy viên
TS. Hồ Mạnh Dũng - Ủy viên
KS. Nguyễn Thành Cương - Ủy viên
KS. Bùi Quang Trí - Ủy viên
TS. Trịnh Anh Đức - Ủy viên
TS. Nguyễn Trọng Hùng - Ủy viên
ThS. Đặng Thị Thu Hồng - Ủy viên
TS. Phan Việt Cường - Ủy viên

Thư ký khoa học: TS. Phạm Kim Long
Thư ký hành chính: ThS. Nguyễn Thị Thu Hà
Biên tập và trình bày: ThS. Vũ Quang Linh



Địa chỉ liên hệ:

Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam
59 Lý Thường Kiệt, Hoàn Kiếm, Hà Nội
ĐT: (024) 3942 0463
Fax: (024) 3942 2625
Email: infor.vinatom@hn.vnn.vn
Giấy phép xuất bản số: 57/CP-XBBT
Cấp ngày 26/12/2003



THÔNG TIN KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ HẠT NHÂN

NỘI DUNG

1- Các phương pháp đánh dấu để kiểm tra nứt vữa thủy lực

BÙI QUANG TRÍ, PHÍ MẠNH TÙNG

10- Giới thiệu phương pháp đánh giá sự thoái hóa do bức xạ ở bê tông kết cấu trong các cơ sở hạt nhân

LƯU VŨ NHỰT

15- Xây dựng giản đồ chiếu cho máy phát tia X Rigaku 200EGM ứng dụng phát hiện khuyết tật bên trong cổ vật bằng đồng

PHẠM XUÂN HẢI, LÊ VĂN NGỌC, PHẠM QUỲNH GIANG

22- Nghiên cứu phương pháp tái tạo hình ảnh chụp cắt lớp phát xạ động vật nhỏ sử dụng chuẩn trực dạng pinhole

NGUYỄN THANH CHÂU, ĐẶNG NGUYỄN THẾ DUY,
NGUYỄN NGỌC NHẬT ANH

29- Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thiết bị chụp hình cắt lớp CT chùm tia hình nón ứng dụng trong đo lường chính xác và kiểm tra không phá hủy

TRẦN KIM TUẤN, BÙI NGỌC HÀ, TRẦN NGỌC TOÀN, TRẦN THUY DƯƠNG, NGUYỄN VĂN THÁI, NGUYỄN TẮT THẮNG, BÙI TIẾN HƯNG, MAI ĐÌNH THỦY

38- Nghiên cứu tiếp cận phương pháp mô phỏng theo ngăn trộn

TRẦN TRỌNG HIỆU, HUỲNH THỊ THU HƯƠNG, NGUYỄN HỮU QUANG, LÊ VĂN SƠN

45- Xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp định lượng vi sinh vật hiếu khí trong mẫu thực phẩm chức năng phục vụ xây dựng phòng thí nghiệm vi sinh đạt tiêu chuẩn ISO/IEC 17025:2017 tại Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội

HOÀNG ĐĂNG SÁNG, TRẦN XUÂN AN, HOÀNG PHƯƠNG THẢO,
NGUYỄN VĂN BÌNH, NGUYỄN THỊ THƠM, NGUYỄN XUÂN TÙNG,
TRẦN BĂNG DIỆP

CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH DẤU ĐỂ KIỂM TRA NỨT VĨA THỦY LỰC

Bùi Quang Trí, Phí Mạnh Tùng

Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp (CANTI)

Nứt vĩa thủy lực (LVTL) là một giải pháp công nghệ xử lý giếng nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu ở giai đoạn khai thác cuối. Tuy nhiên, để thực hiện công tác nứt vĩa thủy lực đạt hiệu quả cần phải có phương pháp kiểm tra quá trình nứt vĩa thủy lực.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu, tìm hiểu các phương pháp đánh dấu kiểm tra nứt vĩa thủy lực trong khai thác dầu khí. Kết quả nghiên cứu cho thấy có năm phương pháp đánh dấu (cả phóng xạ và không phóng xạ) được sử dụng để kiểm tra nứt vĩa thủy lực. Đồng thời cũng đánh giá được ưu nhược điểm của các phương pháp và khả năng ứng dụng phương pháp đánh dấu vào thực tiễn để phục vụ cho sản xuất của ngành dầu khí.

1. MỞ ĐẦU

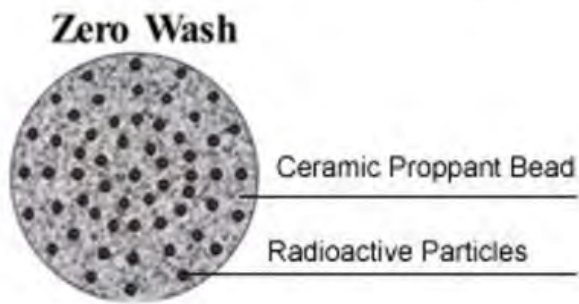
Nứt vĩa thủy lực (NVTL) là một giải pháp công nghệ xử lý giếng nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu ở giai đoạn khai thác cuối. Phương pháp NVTL được ứng dụng đầu tiên ở Mỹ năm 1947 [1], từ đó đến nay phương pháp NVTL ngày càng hoàn thiện không ngừng về công nghệ-kỹ thuật, thiết bị chuyên dụng hiện đại. Bản chất của công nghệ NVTL là bơm dung dịch vỡ vĩa (gốc dầu hoặc gốc nước) vào giếng với áp suất cao, lưu lượng lớn để gây ra sự vỡ vĩa tạo khe nứt trong vĩa [1]. Vai trò phương pháp NVTL là: Tăng độ thấm của tầng đá chứa và cũng là tăng hệ số sản phẩm của giếng; Tăng sản lượng khai thác dầu, cải thiện hệ số thu hồi dầu của mỏ; Giảm tổn thất áp suất nhằm tăng hiệu quả sử dụng nguồn năng lượng vĩa; Điều chỉnh dòng và độ tiếp nhận theo chiều dày của tầng sản phẩm; Thu hồi vốn nhanh hơn, mang hiệu quả kinh tế lớn [1]. Tuy nhiên, để thực hiện công tác NVTL đạt hiệu quả cần phải có phương pháp kiểm tra, theo dõi quá trình NVTL. Trong

bài báo này trình bày các phương pháp đánh dấu để kiểm tra quá trình NVTL.

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH DẤU KIỂM TRA NỨT VĨA THỦY LỰC

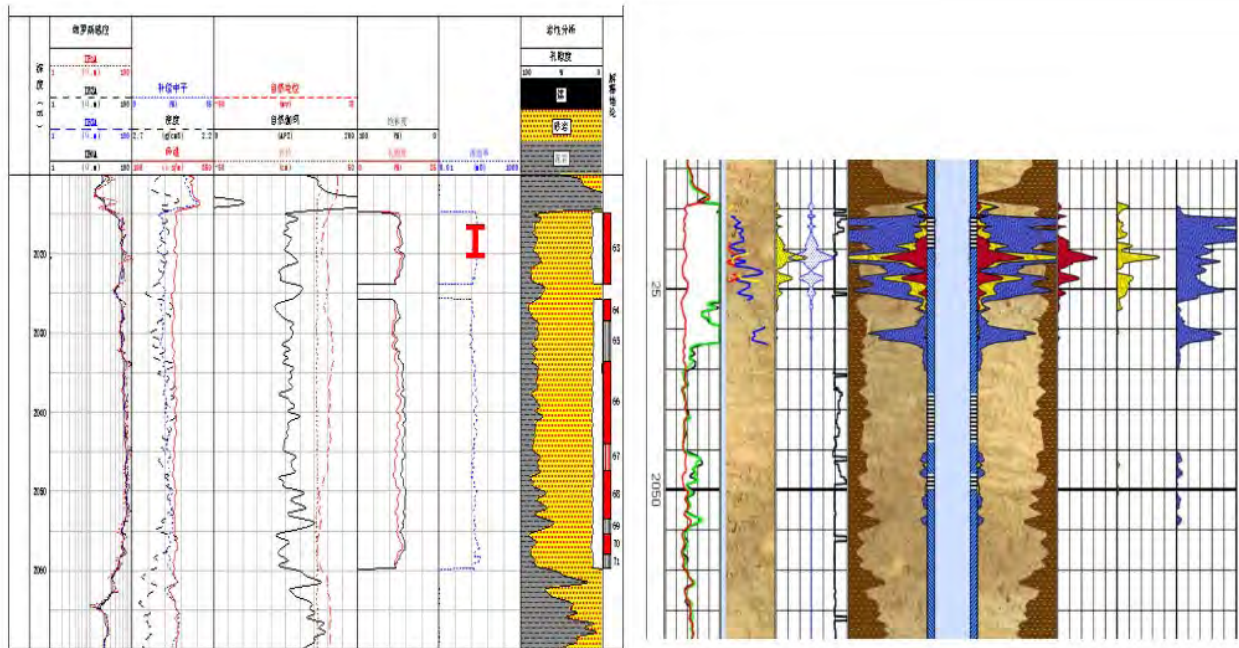
2.1. Phương pháp đánh dấu Proppant phóng xạ (RA)

Nguyên lý của phương pháp đánh dấu Proppant phóng xạ là sử dụng ba đồng vị phóng xạ Scandium (Sc), Iridium (Ir) và Antimon (Sb) làm chất đánh dấu bơm vào giếng cùng với cát proppant. Để có được ba đồng vị phóng xạ Scandium (Sc), Iridium (Ir) và Antimon (Sb) ta sử dụng công nghệ ZeroWash đánh dấu. ZeroWash đánh dấu sử dụng vật liệu gốm có độ bền giống proppant được gắn các kim loại nặng không phóng xạ riêng rẽ (oxit antimon hoặc iridi, hoặc oxit scandium), sau đó đưa vào chiếu trên Lò PƯHN để tạo ra các đồng vị Scandium (Sc), Iridium (Ir) và Antimon (Sb) [2]. Hình 1. Sơ đồ cấu trúc Zero Wash đánh dấu.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc của Zero Wash đánh dấu [2]

Các đồng vị này phát gamma với năng lượng khác nhau, chúng có thể được phát hiện bằng phép đo phổ gamma hoặc đo tổng được cắt ngưỡng thiết bị đo logging trong giếng khoan. Trên cơ sở kết quả đo có thể tính toán xác định được vị trí các đồng vị phóng xạ, từ đó xác định được vị trí cát nhân tạo Proppant đi vào vỉa [2]. Hình 2 là một ví dụ về kết quả một thực nghiệm proppant phóng xạ kiểm tra NVTL: Sb-124 màu xanh lam, Sc-46 màu vàng, Ir-192 màu đỏ.



Hình 2. Ví dụ về kết quả một thực nghiệm đánh dấu proppant phóng xạ kiểm tra NVTL [2]

2.2. Phương pháp đánh dấu proppant gadolinium (Gd)

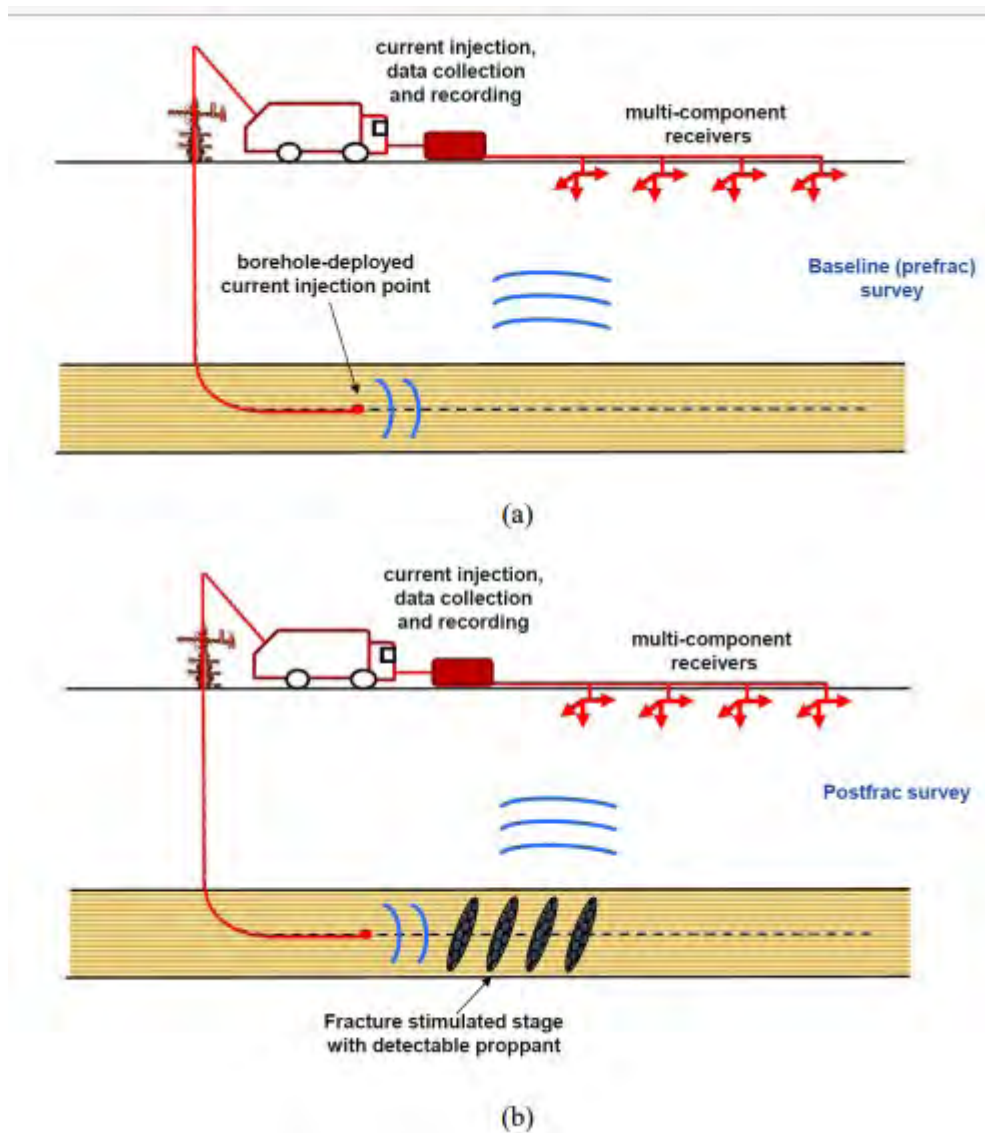
Đánh dấu proppant gadolinium (Gd) là một kỹ thuật sử dụng các vật liệu không phóng xạ. Gadolinium (Gd) là chất không phóng xạ được đặt vào các hạt gốm sứ trong quá trình sản xuất [3]. Các hạt gốm có thể được trộn vào và thay thế một phần nhỏ (khoảng 5%) proppant được thiết kế. Khía cạnh độc đáo của các hợp chất gadolini là chúng có tiết diện bắt neutron hiệt rất cao. Tiết diện bắt neutron trong một đơn vị thể tích vật chất, còn được gọi là Sigma (ký hiệu là Σ). (Σ) là một tham số hạt nhân quan trọng để đo neutron lỗ khoan trong các hệ thống chứa dầu. Nguyên lý

của phương pháp Gd là sử dụng chất đánh dấu proppant gadolinium để đánh dấu vào vùng nứt vỉa, (Gadolinium (III) oxit (Gd_2O_3)) được chọn làm chất đánh dấu [4]

Để đo (Σ) hình thành và phát hiện sự hiện diện của chất đánh dấu proppant Gd, cần phải có máy phát xung neutron với năng lượng 14,1 MeV để đưa xuống giếng. Khi máy phát xung neutron hoạt động, những neutron nhanh này tương tác với các hạt nhân của nguyên tố trong địa tầng, các neutron nhanh bị làm chậm và sau đó trở thành các neutron nhiệt 0,025eV. Trong quá trình khuếch tán neutron nhiệt, phản ứng bắt giữ hạt nhân của các nguyên tố trong địa tầng sẽ xảy ra và

được đưa xuống giếng khoan. Dòng điện được đưa vào càng gần chỗ nứt vĩa càng tốt. Dòng điện cao ít nhất 10amp, được truyền qua vỏ thép và truyền đến các vật liệu EM dẫn điện bên trong các chất đánh dấu nứt gãy. Các trường dưới bề mặt này có tương tác với các chất tạo nền có thể phát hiện được và kết quả là các trường điện và

từ trường thứ cấp được tạo ra để truyền ra ngoài từ giếng. Điện trường và từ trường được tìm thấy bằng cách đo sự khác biệt điện thế hoặc từ trường giữa hai cảm biến trực giao trên các máy thu đặt trên bề mặt. Hình 4 là quá trình thực hiện thử nghiệm phương pháp EM tại hiện trường.



Hình 4. Thử nghiệm EM tại hiện trường [6]

Tương tự như phương pháp đánh dấu Gadolinium, phương pháp EM, cũng cần khảo sát các đặc tính EM trước và sau nứt vĩa để mang lại kết quả tốt nhất. Khảo sát trước nứt vĩa cung cấp số liệu EM cơ bản về sự hình thành địa chất trước khi xảy ra nứt vĩa và khảo sát sau nứt vĩa cho thấy sự khác biệt về đặc tính EM so với trước khi xảy ra

nứt vĩa với các đứt gãy dày đặc được hình thành xung quanh giếng khoan. Sự khác biệt về số liệu EM giữa khảo sát trước và sau nứt vĩa sẽ cho thấy dấu hiệu về sự hiện diện của chất đánh dấu EM trong các trường hợp nứt vĩa gây ra.

Sau khi số liệu EM được ghi lại, một thuật toán

sai phân hữu hạn 3D để giải các phương trình Maxwell có thể được áp dụng cho mô phỏng số [6]. Sự khác biệt về số liệu EM trước và sau nút vỉa được hiển thị dưới dạng 3D trong phần mềm mô hình nút vỉa.

2.4. Phương pháp đánh dấu chất lỏng nút vỉa bằng gadolinium

Nguyên lý của phương pháp đánh dấu chất lỏng nút vỉa bằng gadolinium là sử dụng các nguyên tố có tiết diện bắt neutron cực cao, chẳng hạn như boron (B) và gadolinium (Gd), được sử dụng làm chất đánh dấu cho chất lỏng nút vỉa. Khi một lượng nhất định của các chất đánh dấu này đi cùng với chất lỏng nút vỉa thâm nhập vào vỉa nó sẽ thay đổi đáng kể (Σ) trong vỉa. Hai hợp chất đánh dấu thích hợp cho thử nghiệm đánh dấu chất lỏng nút vỉa là gadolinium chloride ($GdCl_3$) và borax ($Na_2B_4O_7$). Trong đó, hợp chất đánh dấu $GdCl_3$ có tiết diện bắt neutron cao hơn 1.000 lần so với ($Na_2B_4O_7$) [4], do đó, $GdCl_3$ thường được chọn là chất đánh dấu chất lỏng nút

vỉa trong NVTL. Khi chất đánh dấu này được bơm xuống giếng, vào mỏ, có thể được phát hiện được nó bằng cách chạy máy phát xung neutron (tương tự như phương pháp đánh dấu proppant Gd). Cần phải chạy máy phát xung neutron trước và sau khi NVTL để nhận được phản ánh sự thay đổi của (Σ) trong hệ tầng. Kết quả đo trước và sau khi NVTL sẽ có độ tương phản cao giữa (Σ) và các đứt gãy tạo ra có chứa chất đánh dấu $GdCl_3$. Bất kỳ sự khác biệt nào về (Σ) sẽ là dấu hiệu cho thấy sự hiện diện của chất đánh dấu $GdCl_3$ tức là có sự hiện diện của chất lỏng nút vỉa.

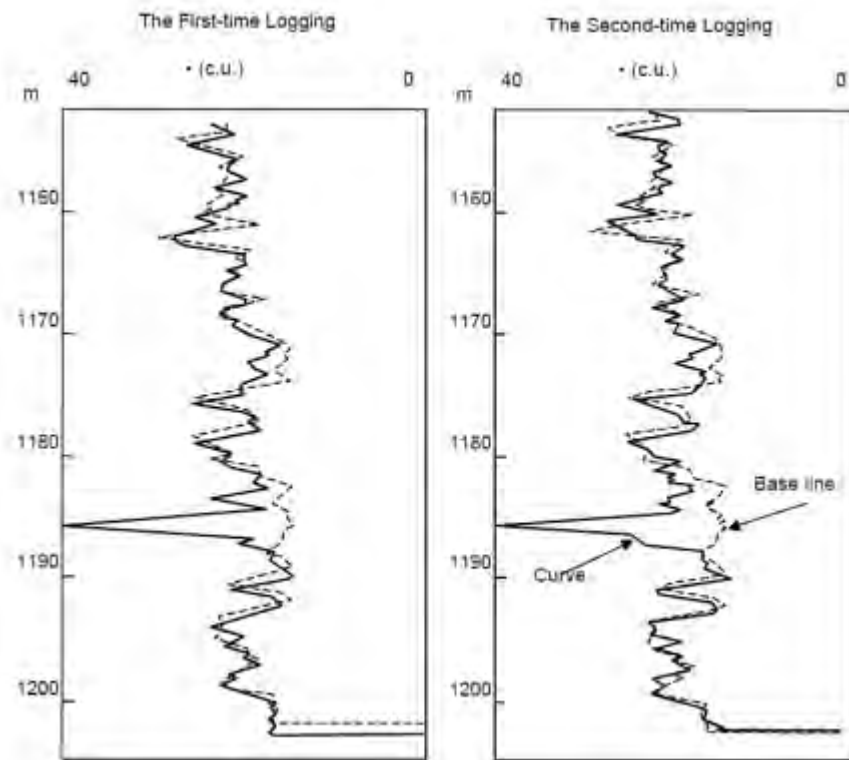
Sigma (Σ) có thể được tính cho hỗn hợp vật liệu hoặc dung dịch bằng cách sử dụng mật độ nguyên tử của mỗi thành phần. (Σ) của dung dịch $GdCl_3$ được tính như sau [5]:

$$C_i = \frac{\rho N_A}{M_i} \quad (2)$$

$$\Sigma = \sum_{i=1}^n C_i \sigma_i \quad (3)$$

Ở đây:

Σ là Sigma của dung dịch $GdCl_3$.



Hình 5. Ví dụ về kết quả đánh dấu chất lỏng nút vỉa bằng gadolinium [7]

n là số nguyên tử trong dung dịch $GdCl_3$,

C_i là số nguyên tử i trong $1cm^3$ dung dịch $GdCl_3$,

σ_i là tiết diện bắt neutron của 1 nguyên tử,

ρ là mật độ vật liệu,

M_i là khối lượng phân tử của hợp chất $GdCl_3$.

Như vậy, phương pháp này cũng chỉ xác định được vị trí phân bố của chất lỏng nứt vỉa gần giếng. Hình 5 cho ta thấy về kết quả đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng gadolinium.

2.5. Phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng hóa chất

Nguyên lý của phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng hóa chất là sử dụng chất đánh dấu không phân bố và chất đánh dấu phân bố để đánh dấu chất lỏng nứt vỉa.

Chất đánh dấu không phân bố được sử dụng để đánh dấu vào pha nước, thường được sử dụng là chất đánh dấu phóng xạ như HTO, ^{60}CO ... hoặc chất đánh dấu hóa học như: axit boronic halogen và axit benzoic flo (FBA). Các chất đánh dấu này có đặc tính bảo thủ, chỉ hòa tan trong nước không tương tác với đá chứa hoặc phân bố trong pha dầu, không độc hại và thân thiện với môi trường.

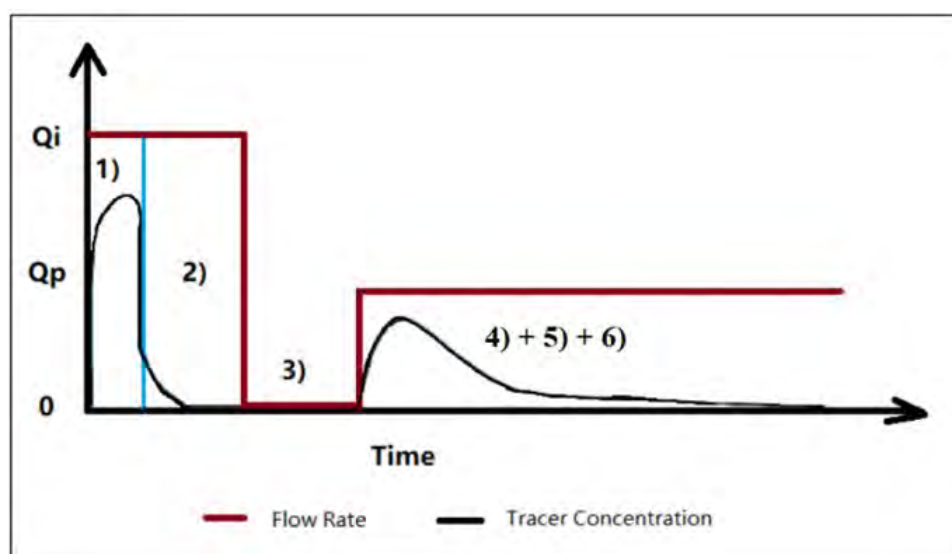
Chất đánh dấu phân bố thường được sử dụng là hydrocarbon halogen và bromo-fluorobenzene.

Do bản chất hóa học kỵ nước và áp lực mạnh với pha dầu, chất đánh dấu phân bố sẽ bị ép ra khỏi nhũ tương trong chất lỏng đứt gãy và phân bố lại khi tiếp xúc với pha dầu.

Tùy theo mục đích nghiên cứu có thể thiết kế bơm một chất đánh dấu phân bố cho nhiều khoảng trong giếng, khi đó kết quả đánh dấu sẽ thu được một đường cong chất đánh dấu mới duy nhất, sau đó khi xử lý kết quả phải dùng thuật toán để tách đỉnh với số lượng đỉnh dấu đánh dấu bằng với số khoảng nứt vỉa trong giếng. Trường hợp tốt nhất là bơm chất đánh dấu duy nhất vào mỗi khoảng sẽ cho độ phân giải tốt hơn.

Quy trình đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng hóa chất kiểm tra NVTL như trong hình 6. Nó gồm 6 bước như sau [8]:

- 1) Chất đánh dấu không phân bố (với nồng độ có thể phát hiện được bằng thiết bị phân tích) được bơm liên tục và đồng thời với chất lỏng nứt vỉa;
- 2) Bơm một xung chất đánh dấu phân bố vào dòng chất lỏng nứt vỉa, rồi tiếp tục bơm chất lỏng nứt vỉa có chứa chất đánh dấu không phân bố ở trên để đẩy chất đánh dấu phân bố vào các vết nứt và ra xa giếng;
- 3) Đóng giếng một thời gian từ 1 đến 2 ngày;
- 4) Mở giếng khai thác, chất đánh dấu phân bố sau



Hình 6. Quy trình đánh dấu theo dõi NVTL [8]

khi đóng giếng sẽ tạo ra chất đánh dấu mới và được quay trở lại bề mặt cùng với chất đánh dấu không phân bố và chất lỏng nứt via.

5) Lấy mẫu phân tích nồng độ chất đánh dấu không phân bố và chất đánh dấu mới tạo ra.

6) Xử lý số liệu thực nghiệm.

Mẫu sau khi thu thập sẽ được phân tích trên thiết bị GC/MS ngay tại hiện trường. Kết quả phân tích sẽ thu được một đường cong nồng độ chất đánh dấu không phân bố theo thời gian và một đường cong nồng độ chất đánh dấu mới theo thời gian.

Khi xử lý số liệu thực nghiệm, đường cong chất đánh dấu không phân bố được dùng để tính toán lượng chất lỏng nứt via được thu hồi. Lượng chất đánh dấu thu hồi có thể được xác định khi biết, nồng độ chất đánh dấu, tỷ trọng của chất lỏng nứt via và thể tích tích lũy trong thời gian lấy mẫu.

Từ đường cong phân bố chất đánh dấu mới có thể được sử dụng để phân tích mô hình dòng chảy, tính chiều dài đứt gãy kể từ giếng, thể tích quét vùng đứt gãy và xác định độ phức tạp của đứt gãy. Ngoài ra, dùng thuật toán tách đỉnh để xác định số tầng đứt gãy trong giếng và định lượng đóng góp của từng tầng chứa. Tổng hợp kết quả đánh dấu của từng khoảng theo thời gian cho thấy mức độ đóng góp của từng khoảng trong tổng thể và xu hướng đóng góp của các khoảng đơn lẻ.

3. PHÂN TÍCH SO SÁNH VÀ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG VÀO THỰC TIỄN

Các Phương pháp đánh dấu khác nhau đã được áp dụng để kiểm tra, theo dõi quá trình NVTL. Tuy nhiên, mỗi phương pháp đều có những ưu nhược điểm nhất định. Cụ thể như sau:

- Phương pháp đánh dấu cát Proppant phóng xạ có ưu điểm là chi phí tương đối thấp, khả năng phản ứng thấp với chất lỏng chứa và đá, hành vi vận chuyển tương tự với chất lỏng được bơm vào và dễ đo với mức phát hiện chính xác cao [9]. Tuy nhiên, nó có hạn chế là thường để chẩn

đoán vùng đứt gãy cận đáy giếng, bởi vì chúng bị giới hạn ở độ xuyên sâu của bức xạ gamma. Tia gamma sẽ bị hấp thụ bởi các vật liệu dày đặc như thép, xi măng, đá vôi và chất lỏng. Do đó, việc giải thích số liệu bị giới hạn nằm trong khoảng từ 18 đến 24 inch (tùy thuộc vào thiết bị đo). Ngoài ra, nó còn bị hạn chế bởi chu kỳ bán rã của các đồng vị phóng xạ và nhất là các mối quan tâm liên quan đến bảo vệ môi trường, quản lý sức khỏe và an toàn trong quá trình sử dụng cũng như việc xử lý chất thải.

- Phương pháp đánh dấu proppant gadolinium có lợi thế lớn hơn so với phương pháp RA vì nó không có nguy hiểm cho sức khỏe và an toàn trong quá trình sử dụng. Tuy nhiên, nó cũng có nhược điểm bởi độ sâu nghiên cứu giống như phương pháp RA. Ngoài ra, còn có hạn chế là yêu cầu có sự can thiệp của thiết bị đưa xuống lòng giếng và phải đo trước và sau khi NVTL mất nhiều thời gian và công sức, dẫn đến chi phí cao hơn phương pháp RA.

- So với hai phương pháp RA và phương pháp Gd, thì phương pháp EM có ưu điểm hơn vì cho phép xác định vị trí của proppant trong trường xa của giếng. Tuy nhiên, nó cũng có nhược điểm là độ tin cậy của phương pháp EM bị hạn chế bởi số lượng các ứng dụng thực địa thành công. Cho đến nay, chỉ có một số trường hợp ứng dụng ngoài thực địa được báo cáo và công bố. Bởi vì đây là công nghệ mới, vẫn đang được phát triển để nâng cao kỹ thuật trong việc xử lý số liệu, lọc nhiễu và áp dụng các thuật toán mới giúp tinh chỉnh kết quả mới có thể áp dụng được nhiều hơn. Ngoài ra, nhược điểm lớn nhất của phương pháp EM là chi phí tương đối cao.

- Phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt via gadolinium có thể cho những hiểu biết về vùng đứt gãy được tạo ra bởi NVTL. Tuy nhiên, giống như bất kỳ công nghệ đánh dấu nào khác, nó cũng tồn tại những hạn chế đó là: Chất đánh dấu gadolinium không thể sử dụng để chẩn đoán nhiều giai đoạn vì nó chỉ là một chất đánh dấu duy nhất. Phương

pháp này yêu cầu có sự can thiệp của thiết bị đưa xuống lòng giếng. Chi phí vật liệu đánh dấu cao cũng cần được tính đến.

- Phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng hóa chất có ưu điểm là hiện nay có khoảng hơn 50 chất đánh dấu không phân bố và phân bố có sẵn trên thị trường cho cả hai pha nước và dầu. Với số lượng chất đánh dấu lớn như vậy, rất thuận lợi cho việc đánh dấu vào các giai đoạn nhau của quá trình NVTL cũng như các giếng có nhiều tầng được NVTL. Việc sử dụng chất đánh dấu hòa tan trong dầu hoặc nước để theo dõi hành vi của chất lỏng nứt vỉa giúp đánh giá thể tích lỗ rỗng trong một vùng rộng cách xa giếng mà khó có một phương pháp nào khác đáp ứng được yêu cầu này. Từ đường cong phân bố chất đánh dấu mới có thể được sử dụng để phân tích mô hình dòng chảy, tính chiều dài đứt gãy kể từ giếng, thể tích quét vùng đứt gãy và xác định độ phức tạp của đứt gãy. Dùng thuật toán tách đỉnh để xác định số tầng đứt gãy trong giếng và định lượng đóng góp của từng tầng chứa. Ngoài ra, khi xử lý số liệu thực nghiệm, đường cong chất đánh dấu không phân bố được dùng để tính toán lượng chất lỏng nứt vỉa được thu hồi giúp các kỹ sư dầu khí điều chỉnh quá trình thu hồi chất lỏng nứt vỉa. Tuy nhiên, phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng hóa chất cũng có nhược điểm đòi hỏi phải có phòng Thí nghiệm với các thiết bị phân tích hiện đại và có đội ngũ cán bộ có trình độ và kinh nghiệm mới có thể thực hiện được.

Nghiên cứu này đã so sánh một cách chi tiết các đặc điểm và hạn chế của các phương pháp đánh dấu kiểm tra NVTL. Trên cơ sở điều kiện cơ sở vật chất trong nước, các quy định của pháp luật hiện hành, có thể đưa ra đánh giá khả năng ứng dụng vào thực tiễn của các phương pháp đánh dấu để kiểm tra, theo dõi NVTL, cụ thể như sau:

Với điều kiện của nước ta hiện nay về việc sẵn sàng công nghệ chế tạo ZeroWash và các quy định nghiêm ngặt về thải phóng xạ trong công nghiệp thì việc sử dụng phương pháp đánh dấu proppant

phóng xạ (RA) là hoàn toàn không khả thi.

- Việc sử dụng phương pháp đánh dấu proppant gadolinium (Gd) và phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng gadolinium cũng khó có thể thực hiện được trong điều kiện hiện nay bởi không có máy phát xung 14,1 Mev để đưa xuống giếng. Các công ty dầu khí muốn sử dụng hai phương pháp này thì phải thuê dịch vụ của các công ty nước ngoài. Tuy nhiên, khi sử dụng các phương pháp này cần cân nhắc về chi phí cũng như mục đích nghiên cứu bởi các phương pháp này cho thông tin không nhiều về quá trình NVTL.

- Sử dụng phương pháp đánh dấu proppant điện từ (EM), hiện nay ở trong nước rất khó thực hiện vì không có đơn vị nào trong nước sẵn sàng về công nghệ và thiết bị và cũng không thể sản xuất được proppant kim loại. Các công ty dầu khí trong nước muốn sử dụng phương pháp này thì cũng phải thuê dịch vụ của các công ty nước ngoài.

- Phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng hóa chất đã được Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp, thuộc Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam, tiến hành nghiên cứu từ nhiều năm qua. Trung tâm có phòng Thí nghiệm với các thiết bị phân tích hiện đại, với đội ngũ cán bộ có năng lực và kinh nghiệm về đánh dấu, hoàn toàn có thể triển khai thực hiện thành công phương pháp này. Ngoài ra phương pháp này cho nhiều thông tin hơn các phương pháp khác. Chính vì vậy, trong điều kiện nước ta hiện nay, phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng hóa chất là khả thi hơn cả để kiểm tra theo dõi NVTL phục vụ cho sản xuất của ngành dầu khí.

Tuy nhiên, không thể có phương pháp nào đáp ứng được tất cả các yêu cầu của ngành dầu khí, mỗi phương pháp đều có những ưu nhược điểm nhất định. Cho nên, tùy mục đích mà đơn vị sử dụng dịch vụ có thể chọn phương pháp “phù hợp” nhất cho mục đích của mình. Đôi khi phải sử dụng kết hợp nhiều phương pháp khác nhau mới

đạt được yêu cầu đề ra.

4. KẾT LUẬN

Từ nghiên cứu này, có thể rút ra các kết luận sau:

1. Đánh dấu là công cụ chẩn đoán và kiểm tra rất hiệu quả để phục vụ sản xuất cho ngành dầu khí. Nhiều thử nghiệm đánh dấu đã được thực hiện thành công trên thế giới trong việc xác định đặc tính vỉa, kiểm tra quá trình NVTL để tăng cường thu hồi dầu. Biết các ưu nhược điểm của từng phương pháp đánh dấu kiểm tra NVTL, có thể giúp ta xác định các phương pháp “phù hợp” nhất cho các mục đích nghiên cứu khác nhau. Việc cân nhắc về môi trường và an toàn bức xạ cũng như bất kỳ quy định hoặc hạn chế nào cũng cần được tính đến trong việc sử dụng phương pháp đánh dấu.
2. Các phương pháp đánh dấu proppant bằng phóng xạ và không phóng xạ cũng đã được nghiên cứu phát triển nhiều năm qua, cho phép phát hiện vị trí của proppant ở cả vùng gần giếng và vùng xa từ giếng.
3. Phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng gadolinium để đánh dấu và xác định vị trí của chất lỏng gãy. Nó có khả năng làm tăng đáng kể tiết diện bắt neutron trong một đơn vị thể tích vật chất (Σ) ở nồng độ thậm chí rất thấp. Chất đánh dấu gadolinium được phát hiện bằng cách chạy máy phát xung neutron. So sánh giữa các bản ghi trước và sau NVTL sẽ có thể phản ánh sự phân bố của chất lỏng nứt vỉa dọc theo khoảng nứt vỉa của giếng.
4. Phương pháp đánh dấu chất lỏng nứt vỉa bằng chất đánh dấu hóa học đã phát triển để đo những thứ trước đây được cho là không thể. Với một số lượng lớn các chất đánh dấu có sẵn, với độ nhạy phân tích cao, có thể được cung cấp để tiến hành các thực nghiệm khảo sát NVTL trong nhiều giai đoạn và cả đối với giếng có nhiều tầng nứt vỉa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Hồi và các cộng sự “Các giải pháp công nghệ xử lý giếng nhằm nâng cao hệ số thu hồi dầu ở giai đoạn khai thác cuối của mỏ Bạch Hổ, 2009.
2. Dongjin Xu et al, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2013, 5(12):789-792
3. R. J. Duenckel, H. D. Smith, W. A. Warren, and A. D. Grae, “Field application of a new proppant detection technology,” in Proceedings-SPE annual technical conference and exhibition, pp. 2471–2485., Denver, Colorado, USA, 2011.
4. Zhang, J., Smith Jr., H.D., 2017. A Determination of the Capability of Using Gadolinium Tagged Proppant to Evaluate Propped Fracture Width. Presented at the SPWLA 58th Annual Logging Symposium, 17-21 June, Oklahoma City, Oklahoma, USA
5. Van der Hoeven et al., Gadolinium tracers for enhancement of Sigma-log contrast measurements, 2017.
6. Palisch, et al, Far-Field Proppant Detection Using Electromagnetic Methods - Latest Field Results. 62 Presented at the SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference and Exhibition, 24–26 January, The Woodlands, Texas, USA, 2017.
7. Wang W., Wan, X., Chen, H., Zhang, Y., Wang, J., 2000. Application of Boron (Gadolinium) Neutron Lifetime Logging in Oil Field Development. Presented at the SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, 16-18 October, Brisbane, Australia.
8. Ali Mahmoud et al., Advancement of Hydraulic Fracture Diagnostics in Unconventional Formations, Geofluids Volume 2021, Article ID 4223858, pages17.
9. Y. Du and L. Guan, “Interwell tracer tests: lessons learned from past field studies,” in SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition-Proceedings, pp. 211–219, Jakarta, Indonesia, 2005.

GIỚI THIỆU PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ SỰ THOÁI HÓA DO BỨC XẠ Ở BÊ TÔNG KẾT CẤU TRONG CÁC CƠ SỞ HẠT NHÂN

Lưu Vũ Nhật

Trung tâm Đánh giá không phá hủy

Bê tông được sử dụng để che chắn phóng xạ và nâng đỡ thùng lò phản ứng trong các nhà máy điện hạt nhân. Tuy nhiên, các nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng khi bê tông bị chiếu xạ bởi neutron hoặc gamma đến một liều tích lũy tới hạn, một số tinh thể silicate chứa trong bê tông có thể chuyển pha từ tinh thể sang vô định hình. Quá trình này gây giãn nở thể tích, do đó gây ra nứt và làm giảm độ bền bê tông.

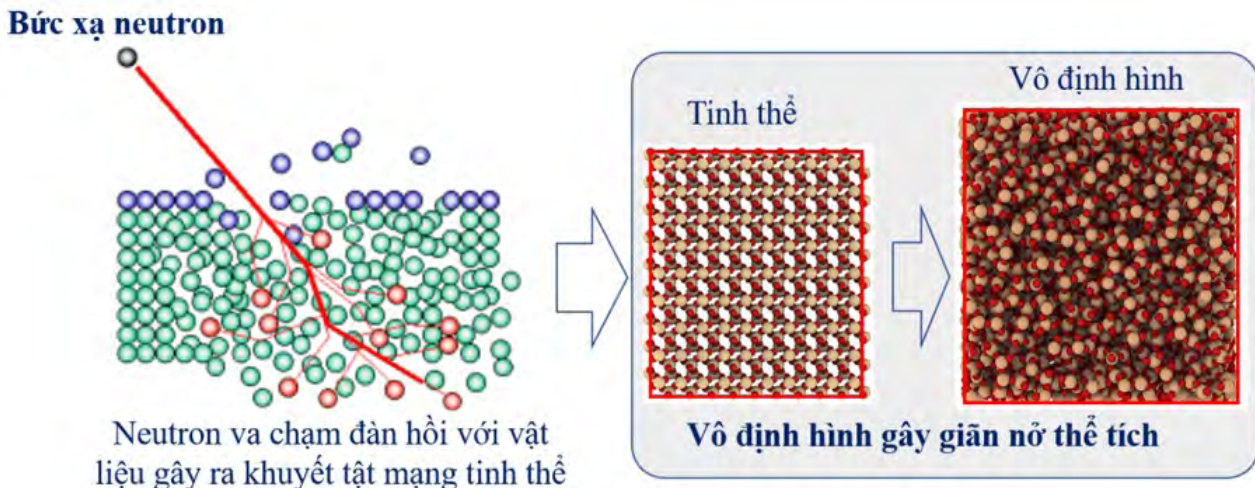
Báo cáo này giới thiệu phương pháp sử dụng bức xạ ion năng lượng cao (vài mega electron vôn-MeV) để nghiên cứu quá trình chuyển pha và giãn nở thể tích ở một số vật liệu silicat thường gặp trong bê tông như thạch anh, albite và microcline. Từ đó đề xuất liều tích lũy tới hạn cho kết cấu bê tông sử dụng trong các cơ sở hạt nhân.

1. GIỚI THIỆU

Do nhu cầu tiêu thụ điện ngày càng tăng, các quốc gia sở hữu điện hạt nhân như Hoa Kỳ và Nhật Bản đang xem xét gia hạn thời gian vận hành các nhà máy điện hạt nhân từ 40 năm lên đến 60-80 năm khi các lò này chứng minh được sự ảnh hưởng của quá trình già hóa đối với các chi tiết và kết cấu sẽ được quản lý đầy đủ và hợp lý. Để được gia hạn, một nhà máy phải cung cấp cho cơ quan pháp quy bản đánh giá tổng quát các khía cạnh kỹ thuật của quá trình lão hóa và cho thấy các vấn đề già hóa sẽ được quản lý một cách an toàn trong tương lai. Các đối tượng cần đánh giá và quản lý bao gồm: kết cấu kim loại, các mối hàn và đường ống, bê tông, cáp điện và các bình chịu áp lực của lò phản ứng.

Kết cấu bê tông có nhiệm vụ nâng đỡ và che chắn phóng xạ từ lò phản ứng. Bê tông được tạo ra bằng cách trộn cốt liệu đá (rock-forming aggregates)

và vữa xi măng với một tỷ lệ thích hợp. Vì cốt liệu đá chiếm khoảng 70-80% tổng thể tích nên các đặc tính cơ học của chúng ảnh hưởng trực tiếp tính chất cơ học của bê tông. Silicat là một nhóm các tinh thể rất phổ biến trong tự nhiên, ví dụ thạch anh (SiO_2), albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), microcline (KAlSi_3O_8), và tồn tại trong hầu hết các cốt liệu đá dùng trong bê tông. Khi các tinh thể này bị chiếu xạ, cấu trúc mạng của chúng bị xô lệch và gây ra các khuyết tật mạng. Mật độ xô lệch càng cao khi bị chiếu xạ với liều cao, kết quả là sự chuyển pha từ tinh thể sang vô định hình (các nguyên tử không còn sắp xếp theo trật tự). Quá trình này kèm theo sự giãn nở thể tích do đó được gọi là sự giãn nở thể tích do bức xạ (Radiation-Induced Volume Expansion - RIVE), như hình 1. Sự giãn nở tạo ra ứng suất cao và có thể gây nứt bê tông. Do đó RIVE được coi là nguyên nhân chính gây ra sự xuống cấp do bức xạ ở kết cấu bê tông [1].



Hình 1. Sự giãn nở thể tích do bức xạ (RIVE)

Vậy khi nào RIVE xảy ra? hay ở liều tích lũy tới hạn bao nhiêu thì bê tông bắt đầu suy giảm các đặc tính cơ học, chẳng hạn như cường độ nén và mô đun đàn hồi?

Đây là thông tin rất quan trọng để quản lý tuổi thọ của kết cấu bê tông. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng sự thoái hóa do bức xạ có thể xảy ra trong quá trình gia hạn thời gian vận hành. Ước lượng liều neutron nhanh ($E > 0.1 \text{ MeV}$) tích lũy trong 80 năm vận hành ở mặt trong kết cấu bê tông gần thùng lò là $6,1 \times 10^{19}$ (n / cm^2) ở các lò phản ứng của Hoa Kỳ [2]. Trong khi đó, nó sẽ đạt tới giá trị $4,7 \times 10^{19}$ (n / cm^2) sau 60 năm vận hành, đối với các lò áp lực của Nhật Bản [3]. Các liệu tính toán này cao hơn nhiều so với giá trị tham chiếu $1,0 \times 10^{19}$ (n / cm^2) khuyến cáo sự bắt đầu của quá trình xuống cấp [4]. Tuy vậy, giá trị liều tham chiếu này cần được đánh giá lại bởi vì các dữ liệu thử nghiệm được thu thập từ nhiều lò phản ứng thử nghiệm (Research reactor) khác nhau do đó sự không đồng nhất về các mẫu bê tông thử nghiệm và sự khác nhau của phổ neutron trong mỗi lò phản ứng là những yếu tố chính gây ra sự không đảm bảo của giá trị tham chiếu.

So với chiếu xạ neutron, chiếu xạ sử dụng các ion năng lượng cao có nhiều ưu điểm vượt trội như chi phí thấp, đạt được liều cao trong thời gian ngắn, không bị kích thích hạt nhân, và quan trọng

nhất là dễ dàng kiểm soát các điều kiện chiếu xạ như nhiệt độ, thông lượng, năng lượng và chạm,.. do đó phương pháp này được sử dụng rộng rãi để nghiên cứu sự thoái hóa của vật liệu do bức xạ. Vì lý do này, chiếu xạ bằng ion năng lượng cao được sử dụng trong nghiên cứu này để nghiên cứu cơ chế chuyển pha do bức xạ ở các tinh thể silicat tự nhiên phổ biến trong bê tông như: thạch anh (SiO_2), albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), microcline (KAlSi_3O_8).

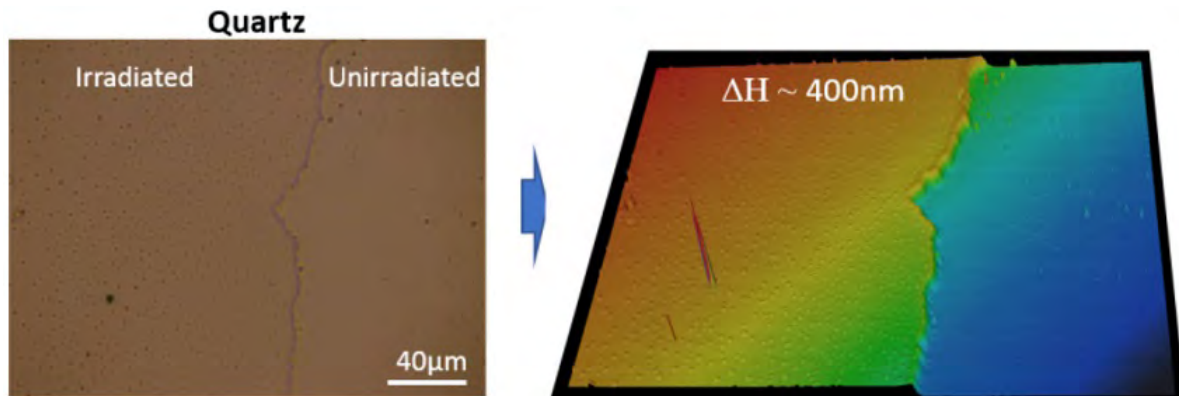
2. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

Ba loại tinh thể tự nhiên bao gồm thạch anh, albite và microcline, được cắt nhỏ với kích thước khoảng $5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 0,5 \text{ mm}$. Bề mặt mẫu được mài và đánh bóng cơ học, sau đó được chiếu xạ bằng ion Si^{2+} với năng lượng gia tốc đến 3 MeV tại cơ sở chiếu xạ thuộc trường Đại học Tokyo. Sử dụng mô phỏng Monte Carlo SRIM-2013 [5] có thể tính được độ sâu xuyên thấu của ion Si^{2+} vào các tinh thể và ước lượng “số lần dịch chuyển trung bình của các nguyên tử”, gọi tắt là dpa (displacement per atom), gây ra do va chạm đàn hồi với ion Si^{2+} . Độ sâu xuyên thấu của 3 MeV ion Si^{2+} trong thạch anh, albite và microcline lần lượt là 2,24, 2,25 và 2,38 micromet. Trong nghiên cứu ảnh hưởng của bức xạ đến vật liệu, thông số dpa có ý nghĩa cực kỳ quan trọng trong việc định lượng sai hỏng do bức xạ, và được sử dụng để so

sánh giữa các phương pháp chiếu xạ khác nhau, ví dụ, định lượng hư hỏng gây ra bởi neutron và ion năng lượng cao.

Để đánh giá sự giãn nở do bức xạ (RIVE), một nửa bề mặt mẫu được bao phủ bằng tấm nhôm mỏng trong quá trình chiếu xạ để tạo ra vùng chiếu xạ và không chiếu xạ. Sau khi chiếu xạ, sự thay đổi biên dạng (thể tích) ở ranh giới được đo

bằng kính hiển vi laze (Hình 2). Ngoài ra, mặt cắt ngang của vùng chiếu xạ được gia công bằng phương pháp “chùm ion hội tụ” (Focused ion beam) cho phép cắt và đánh bóng mẫu có kích thước vài chục nano đến vài micromet, từ đó có thể phân tích cấu trúc nano sử dụng kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM, JEOL JEM-2000FX) với năng lượng gia tốc hạt electron đến 200kV.



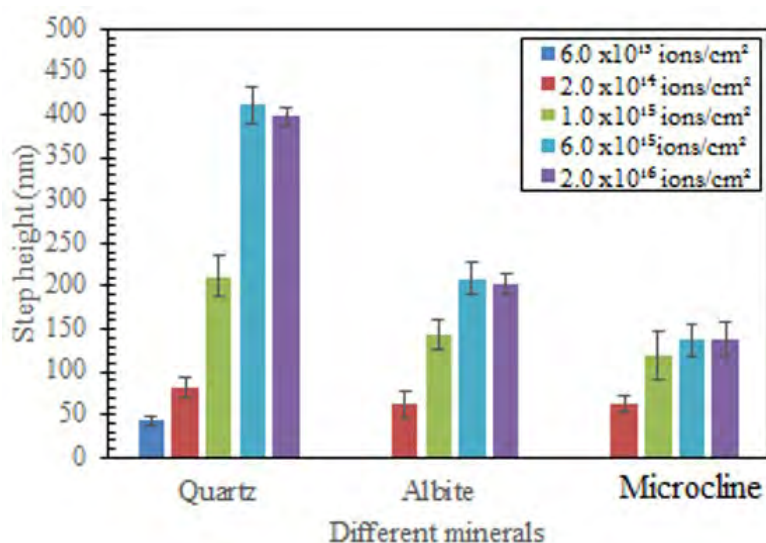
Hình 2. Ví dụ phương pháp đánh giá sự thay đổi thể tích sau khi chiếu xạ sử dụng kính hiển vi laze

3. MỘT SỐ KẾT QUẢ

3.1. Sự thay đổi biên dạng sau khi chiếu xạ

Hình 3 cho thấy sự thay đổi biên dạng (step height) ở ranh giới chiếu xạ và không chiếu xạ ở ba loại mẫu khác nhau. Biên dạng các vùng chiếu xạ và chưa được chiếu xạ tương đối phẳng và xuất hiện các bước (step) rõ ràng, điều này có

nghĩa rằng sự giãn nở hầu như xảy ra theo một phương. Sự thay đổi kích thước theo một phương có xu hướng tương tự ở các mẫu và tăng dần khi liều chiếu tích lũy tăng. Sự thay đổi này đạt bão hòa ở liều chiếu tích lũy khoảng 6×10^{15} ions/cm². Do chiều sâu xuyên thấu của ion Si vào vật liệu xấp xỉ 2 micromet, sự thay đổi kích thước chỉ khoảng vài trăm nano mét. Mẫu thạch anh thay



Hình 3. Sự thay đổi kích thước theo một phương ở các mẫu sau khi bị chiếu xạ

đổi kích thước lớn nhất (~ 405nm), tiếp theo là albite (~ 206nm) và thấp nhất đối với microcline (~ 138nm). Các giá trị này tương đương với thay đổi thể tích khoảng 18,1%, 9,1% và 5,8% lần lượt đối với thạch anh, albite và microcline.

3.2. Liều chiếu tích lũy gây vô định hình

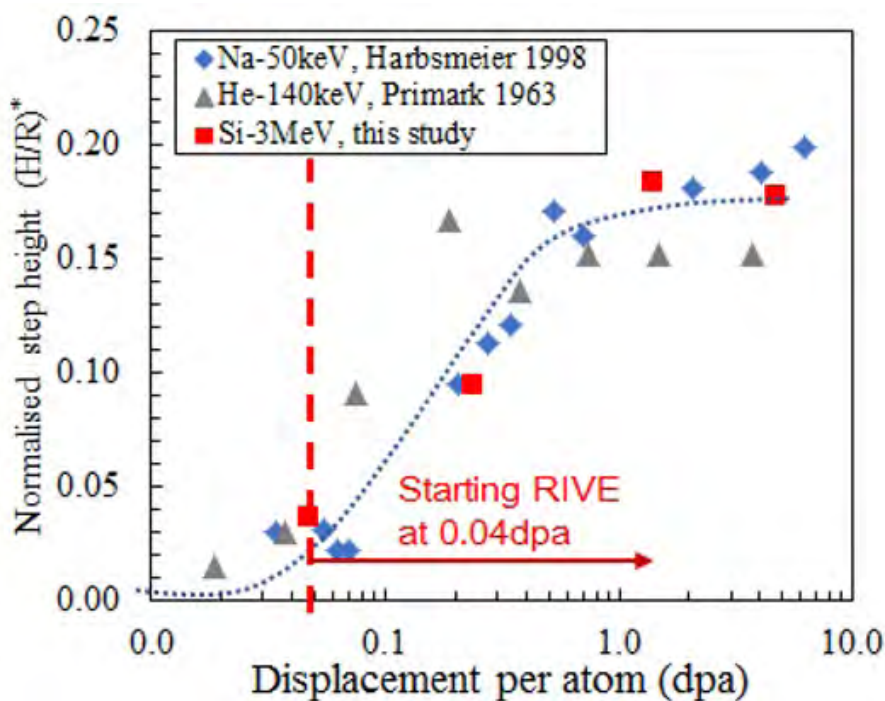
Quan sát mặt cắt của một số mẫu được chiếu xạ bằng TEM cho thấy trong thạch anh, vùng bị chiếu xạ hầu như chuyển sang trạng thái vô định hình ở liều chiếu 2×10^{14} ions/cm², tuy nhiên sự giãn nở vẫn tiếp diễn ở liều chiếu cao hơn. Trong khi đối với albite và microcline, quá trình vô định hình xảy ra hoàn thành ở 1×10^{15} ions/cm² và sự giãn nở hầu như không đáng kể khi chiếu xạ ở liều cao hơn. Sự khác biệt này có thể liên quan đến vai trò của các ion kiềm (K⁺ và Na⁺) trong cấu trúc của albite và microcline. Vì các ion kiềm có tính di động cao khi bị chiếu xạ, chúng có thể di chuyển đến các điểm sai hỏng mạng tinh thể gây ra bởi bức xạ và bù đắp lượng điện tích mất mát, do đó làm cản trở quá trình giãn cấu trúc. Tuy nhiên, trong trường hợp thạch anh, sự sai hỏng mạng tinh thể có thể gây ra sự tái cấu trúc để cân

bằng điện tích mất mát. Sự tái cấu trúc gây ra quá trình giãn nở ngay cả ở cấu trúc vô định hình.

3.3. Liều chiếu tích lũy tới hạn gây ra RIVE

Nghiên cứu này cho thấy thạch anh chịu ảnh hưởng lớn nhất với sự giãn nở thể tích gần 20%. Vì tinh thể này rất phổ biến trong tự nhiên và tồn tại trong hầu hết cốt liệu đá với độ tinh khiết cao, chúng ta có thể theo dõi ảnh hưởng của bức xạ đến bê tông thông qua sự thay đổi tính chất của thạch anh, như là một “sensor nội tại”. Thông qua liều chiếu tích lũy trên các mẫu thạch anh, ta có thể dự báo trước khi nào RIVE có thể ảnh hưởng đến cơ tính bê tông.

Dựa vào tính toán thông số dpa trong thạch anh khi bị chiếu xạ bằng các ion khác nhau [6-7] sử dụng phần mềm SRIM-2013, sự giãn nở thể tích bắt đầu xảy ra ở khoảng 0,04 dpa, tương ứng với khoảng 3% giãn nở theo một phương. Ước lượng thông số dpa cho 60 năm vận hành của nhà máy điện hạt nhân cho thấy dpa < 0.04. Do đó, RIVE có thể sẽ không xảy ra trong 20 năm vận hành tiếp theo.



Hình 4. Liều chiếu xạ tích lũy tới hạn gây RIVE (= 0.04 dpa) ở mẫu thạch anh

4. KẾT LUẬN

Ảnh hưởng của bức xạ đến tính chất của các mẫu thạch anh, albite và microcline đã được nghiên cứu bằng cách sử dụng chùm ion năng lượng cao 3MeV Si²⁺. Kết quả cho thấy sự giãn nở thể tích-RIVE tăng khi liều chiếu tích lũy tăng. Thạch anh bị ảnh hưởng bởi bức xạ lớn nhất với RIVE khoảng 20%. RIVE ở thạch anh vẫn tiếp diễn ngay cả khi quá trình vô định hình đã hoàn thành. Trong khi đó, RIVE ở albite và microcline hầu như không thay đổi sau khi bị vô định hình. Nghiên cứu chỉ ra rằng, RIVE ở thạch anh tỷ lệ thuận với thông số dpa, và RIVE xuất hiện khi dpa > 0,04. Điều này có nghĩa là RIVE ở bê tông có thể được theo dõi thông qua RIVE ở thạch anh vì tinh thể này rất nhạy cảm với bức xạ và rất phổ biến trong hầu hết cốt liệu đá sử dụng trong bê tông kết cấu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] K.G. Field, I. Remec, Y. Le Pape, Radiation effects in concrete for nuclear power plants -Part I: Quantification of radiation exposure and radiation effects, Nucl. Eng. Des. 282 (2015) 126–143.
- [2] U.S. DOE: Office of Nuclear Energy, Light Water Reactor Sustainability Program: expected condition of concrete exposed to radiation at age 80 years of reactor operation, 2015. http://www.energy.gov/sites/prod/files/FY-15_LWRS_IPP_Final_0.pdf.
- [3] T.M. Rosseel, I. Maruyama, Y. Le Pape, O. Kontani, A.B. Giorla, I. Remec, J.J. Wall, M. Sircar, C. Andrade, M. Ordonez, Review of the Current State of Knowledge on the Effects of Radiation on Concrete, J. Adv. Concr. Technol. 14 (2016) 368–383.
- [4] I. Maruyama, O. Kontani, M. Takizawa, S. Sawada, S. Ishikawao, J. Yasukouchi, O. Sato, J. Etoh, T. Igari, Development of Soundness Assessment Procedure for Concrete Members Affected by Neutron and Gamma-Ray Irradiation, J. Adv. Concr. Technol. 15 (2017) 440–523.
- [5] J.F. Ziegler, M.D. Ziegler, J.P. Biersack, SRIM - The stopping and range of ions in matter (2010), Nucl. Instruments Methods Phys. Res. B. 268 (2010) 1818–

1823.

- [6] F. Harbsmeier, W. Bolse, Ion beam induced amorphization in α quartz, J. Appl. Phys. 83 (1998) 4049–4054.
- [7] W. Primark, Radiation-Induced Stress Relaxation in Quartz and Vitreous Silica, J. Appl. Phys. 35 (1963) 1342–1347.

XÂY DỰNG GIẢN ĐỒ CHIẾU CHO MÁY PHÁT TIA X RIGAKU – 200EGM ỨNG DỤNG PHÁT HIỆN KHUYẾT TẬT BÊN TRONG CỔ VẬT BẰNG ĐỒNG

Phạm Xuân Hải, Lê Văn Ngọc, Phạm Quỳnh Giang
Viện Nghiên cứu hạt nhân

Ứng dụng kỹ thuật kiểm tra không phá hủy (Non-Destructive Testing-NDT) kiểm tra phát hiện các khuyết tật như vết nứt, rỗ xé, ngậm xỉ, không ngấu, không thấu trong các mối hàn, tách lớp của vật liệu vật kiểm, ... mà không làm tổn hại đến chúng đã và đang được ứng dụng trong nghiên cứu cổ vật. Nếu sử dụng máy phát tia X trong các kiểm tra này thì chất lượng kiểm tra phụ thuộc nhiều vào khả năng xuyên sâu của tia X qua các vật liệu chụp, vì vậy để xác định đúng liều chiếu, chế độ chiếu chụp cho từng loại vật liệu trên từng máy chụp là rất quan trọng để có kết quả tốt nhất.

Nghiên cứu này xây dựng giản đồ chiếu tối ưu đối với vật liệu đồng trên máy phát tia X Rigaku-200EGM. Kết quả đã được ứng dụng nghiên cứu khuyết tật bên trong các cổ vật bằng đồng và ứng dụng trong nghiên cứu, giảng dạy tại Trung tâm Đào tạo của Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt.

1. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, việc sử dụng tia X đã đóng góp quan trọng cho khảo cổ học thông qua chụp tia X giúp chúng ta nhìn thấy các phần bên trong của một vật và xác định bất kỳ vết nứt hoặc lỗ hổng nào có thể không nhìn thấy được. Nhờ tính khả dụng của chúng mà việc khôi phục và bảo tồn một phần lịch sử có thể giúp các nhà nghiên cứu khảo cổ học và các nhà phục chế và góp phần phổ biến thông tin văn hóa thu được. Khả năng của một máy chụp ảnh phóng xạ công nghiệp phụ thuộc vào công suất chụp của nó, công suất này phụ thuộc vào điện áp tối đa có thể đạt được của thiết bị. Trong chụp ảnh phóng xạ, giá trị liều chiếu xạ của một máy chụp ảnh trong công nghiệp phụ thuộc vào giá trị điện áp, cường độ dòng điện và thời gian chiếu tia. Giá trị điện

áp quyết định độ mạnh yếu của chùm tia X phát ra đặc trưng cho khả năng xuyên sâu của tia X qua đối tượng. Tích của cường độ dòng điện và thời gian chiếu quyết định mật độ của chùm tia X phát ra, đặc trưng cho cường độ của chùm tia X. Vì vậy người ta thường xây dựng và sử dụng giản đồ chiếu.

Máy phát tia X “RIGAKU – 200EGM” là một thiết bị được Nhật Bản viện trợ cho TTĐT dùng cho công tác giảng dạy và nghiên cứu khoa học. Để khai thác máy có hiệu quả, việc phải xây dựng các giản đồ chiếu cho các loại vật liệu theo các giá trị điện áp khác nhau là rất quan trọng. Vì từ giản đồ chiếu, người sử dụng dễ dàng chọn lựa được các điều kiện cần thiết và tối ưu cho các đối tượng chụp khác nhau. Đồng và hợp kim đồng là những vật liệu tương đối phổ biến trong trong mối hàn

và vật đúc. Đây là đối tượng thường gặp của chụp ảnh phóng xạ [1].

Vì vậy, xây dựng giản đồ chiếu cho các mẫu chuẩn đồng có chiều dày trong khoảng 1mm đến 20mm với các giá trị cao áp 70kV, 80kV và 90kV đã được chọn.

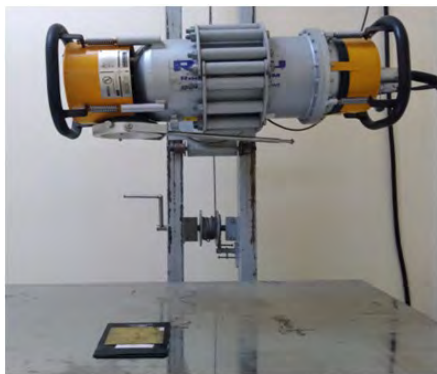
2. NỘI DUNG

2.1. Thực nghiệm trên thiết bị chụp ảnh X-Ray RIGAKU

Thực nghiệm xây dựng giản đồ chiếu cho người chụp xác định được thời gian, điện áp phù hợp với chiều dày khác nhau của vật liệu, được tiến hành trên máy phát tia X RIGAKU – 200EGM dùng phim Fuji#100 tại Trung tâm Đào tạo của Viện Nghiên cứu hạt nhân. Thực nghiệm phục vụ cho nội dung của bài báo này chỉ được tiến hành trong phòng thí nghiệm và được bố trí theo kỹ thuật chụp đơn tường, đơn ảnh.

Thiết bị chụp ảnh X RIGAKU do Nhật Bản sản xuất, các thông số kỹ thuật của máy như sau:

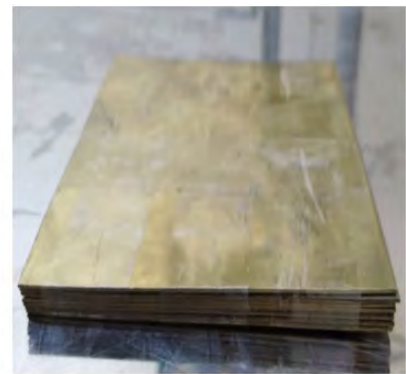
- Ống tia X ceramic cửa sổ Beryllium (chiều dày Beryllium: 1mm).
- Phin lọc tia X: Bề dày của nhôm: 2 mm (có thể thay được).
- Điện áp đầu ra ống phát tia X: (70kV- 200kV); thay đổi từng 2kV.
- Dòng của ống phát là: 5mA.



Hình 1. Hình chụp đơn tường, đơn ảnh



Hình 2. Mẫu đồng dùng để khảo sát



- Kích thước bia hiệu dụng là: 2mm x 2mm.

Khoảng cách giữa ống phát tia X tới mẫu thay đổi từ 50cm - 80cm cũng như góc chụp thay đổi được 450. Do đó người sử dụng dễ dàng thay đổi điện áp, khoảng cách, góc chụp và thời gian chiếu cho phù hợp với yêu cầu của từng mẫu. Ống phát tia X được đặt trong phòng có kích thước 2,5m x 3,2m và được ngăn cách bởi một tường bê tông dày 20 cm đảm bảo liều phóng xạ dưới mức cho phép đối với các nhân viên ngồi vận hành tại phòng điều khiển khi ống phát làm việc, các tường bao quanh còn lại cũng đủ dày để đảm bảo an toàn bức xạ theo qui định nhỏ hơn 0,5 μ Sv/h. Giá trị liều tại vị trí vận hành máy chưa phát tia là 0,14 μ Sv/h.

2.2 .Bố trí thí nghiệm xây dựng giản đồ chiếu

Để xây dựng giản đồ chiếu, các mẫu chuẩn đồng có chiều dày khác nhau đã được sử dụng. Mỗi mẫu sẽ được chụp với 3 giá trị điện áp khác nhau. Khoảng cách giữa mẫu và máy phát có thể thay đổi để khảo sát nhằm chọn ra khoảng cách phù hợp để phim đạt được độ đen từ 1,5-3,3, độ nhạy 2% trở xuống và có độ tương phản của phim đạt 0,09-0,16. Sau khi chọn được khoảng cách phù hợp, các mẫu sẽ được chụp với các thời gian chiếu khác nhau. Phim sau khi chụp sẽ được xử lý ở nhiệt độ 20 – 22oC để xác định độ đen. Trong thí nghiệm này các phim có độ đen D = 2 sẽ được chọn để xây dựng giản đồ chiếu. Hình 1 là sơ đồ bố trí mẫu, phim và máy phát để chụp theo phương pháp đơn tường, đơn ảnh. Hình 2 mẫu

đồng có kích thước 10cmx10cm, chiều dày từ 1mm đến 20mm [4].

Để xây dựng giản đồ chiếu, các mẫu chuẩn đồng có chiều dày khác nhau đã được sử dụng. Mỗi mẫu sẽ được chụp với 3 giá trị điện áp khác nhau. Khoảng cách giữa mẫu và máy phát có thể thay đổi để khảo sát nhằm chọn ra khoảng cách phù hợp để phim đạt được độ đen từ 1,5-3,3, độ nhạy 2% trở xuống và có độ tương phản của phim đạt 0,09-0,16. Sau khi chọn được khoảng cách phù hợp, các mẫu sẽ được chụp với các thời gian chiếu khác nhau. Phim sau khi chụp sẽ được xử lý ở nhiệt độ 20 – 22°C để xác định độ đen. Trong thí nghiệm này các phim có độ đen $D = 2$ sẽ được chọn để xây dựng giản đồ chiếu. Hình 1 là sơ đồ bố trí mẫu, phim và máy phát để chụp theo phương pháp đơn tường, đơn ảnh. Hình 2 mẫu đồng có kích thước 10cmx10cm, chiều dày từ 1mm đến 20mm [4].

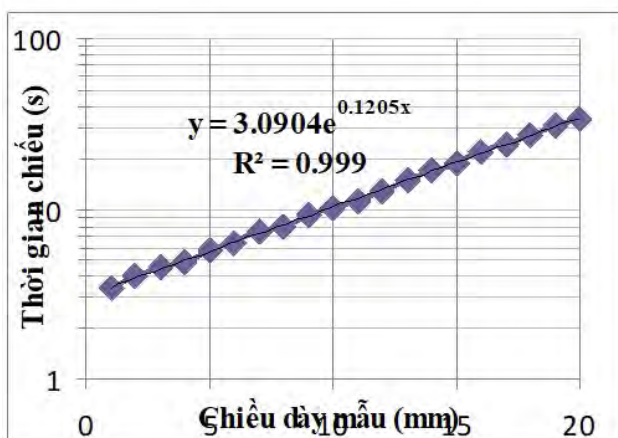
2.3. Kết quả với điện áp 70kV, 80kV và 90kV

Đầu tiên tiến hành chụp một số phim nhằm xác định khoảng cách từ nguồn đến phim (SFD) phù hợp với mục đích chụp được mẫu đồng có chiều dày 1mm với thời gian chiếu chụp 6 giây để phim đạt được độ đen $D = 2$. Thực nghiệm này được tiến hành với loại khoảng cách SFD là 50cm, 60cm, 70cm và 80cm. Thời gian chiếu cho

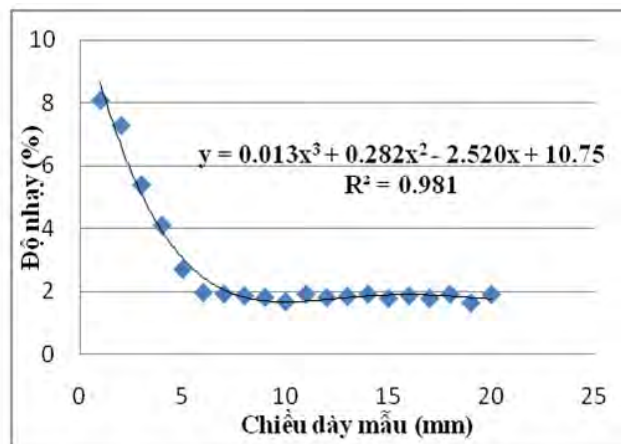
mỗi khoảng cách SFD lần lượt là 6s, 12s, 18s và 24s. Xử lý phim ở nhiệt độ 20 – 22°C và xác định độ đen. Kết quả sau khi xử lý phim được đưa ra trong bảng 1.

Bảng 1: Thời gian chiếu, T(s) cho các mẫu đồng có độ dày khác nhau ở khoảng cách 70 cm theo giá trị điện áp để đạt độ đen trên phim $D = 2$.

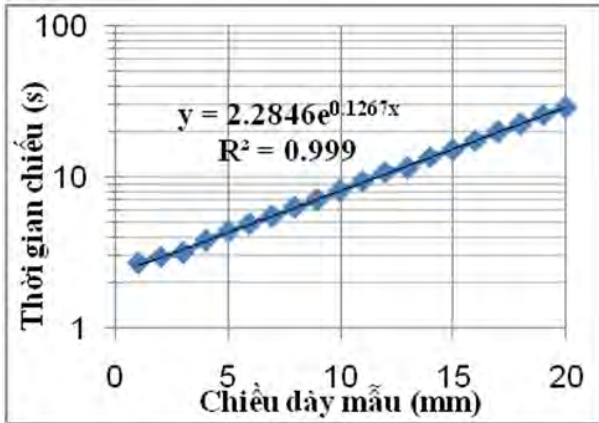
d (mm)	Điện áp		
	70kV	80kV	90kV
1	3.42	2.67	1.66
2	4.03	2.97	1.92
3	4.59	3.17	2.48
4	4.95	3.81	2.81
5	5.68	4.34	2.88
6	6.29	4.91	3.39
7	7.30	5.50	4.07
8	7.95	6.28	4.39
9	9.20	7.07	5.22
10	10.19	8.11	6.04
11	11.26	9.39	6.63
12	12.84	10.78	7.44
13	14.88	11.47	8.43
14	16.65	13.59	9.86
15	18.61	15.06	10.79
16	21.45	17.45	12.89
17	24.31	19.83	14.34
18	27.26	22.30	16.53
19	30.67	25.69	18.56
20	34.48	28.41	21.24



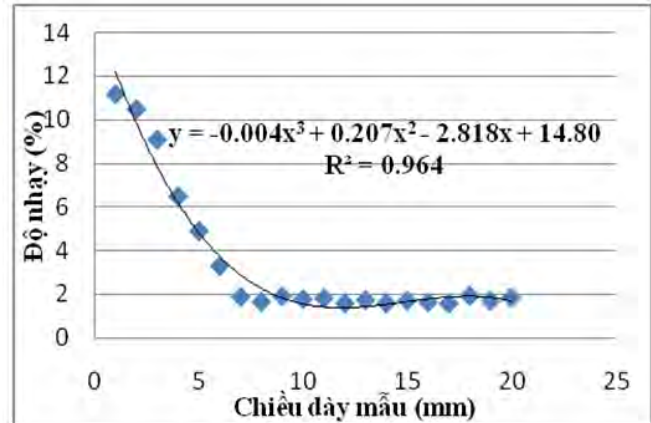
Hình 3. Giản đồ chiếu vật liệu đồng ở điện áp 70kV



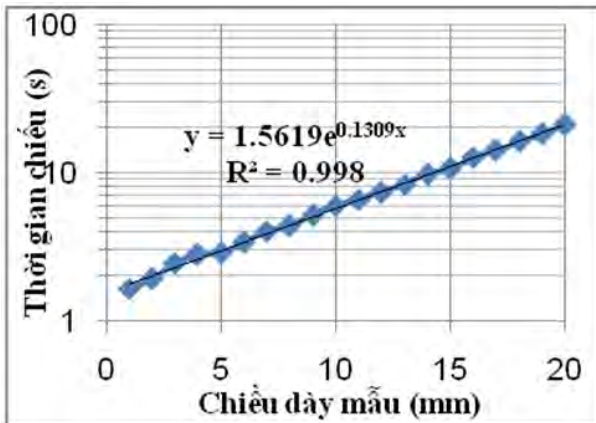
Hình 4. Độ nhạy ở điện áp 70kV



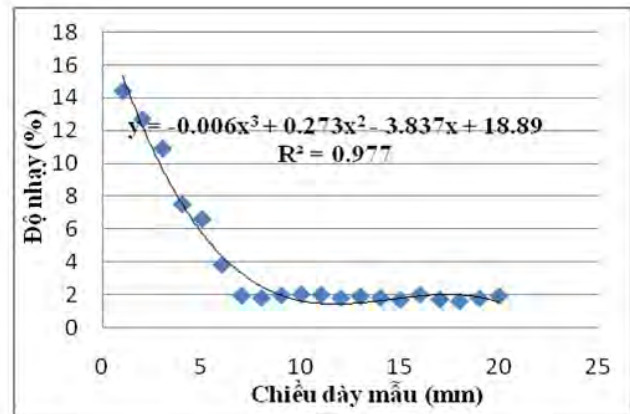
Hình 5. Giản đồ chiếu vật liệu đồng ở điện áp 80kV



Hình 6. Độ nhảy ở điện áp 80kV



Hình 7. Giản đồ chiếu vật liệu đồng ở điện áp 90kV



Hình 8. Độ nhảy ở điện áp 90kV

Từ số liệu thu được ta xây dựng giản đồ chiếu hình 3, hình 5 và hình 7 ở các điện áp tương ứng 70kV, 80kV và 90kV với thời gian và khoảng cách 50cm, 60cm, 70cm và 80cm, ta thu được độ đen mong muốn $D=2$. Khoảng cách 70cm phù hợp với tiêu chuẩn về độ đen, độ nhảy và độ tương phản đã được lựa chọn để tiến hành các bước khảo sát tiếp theo.

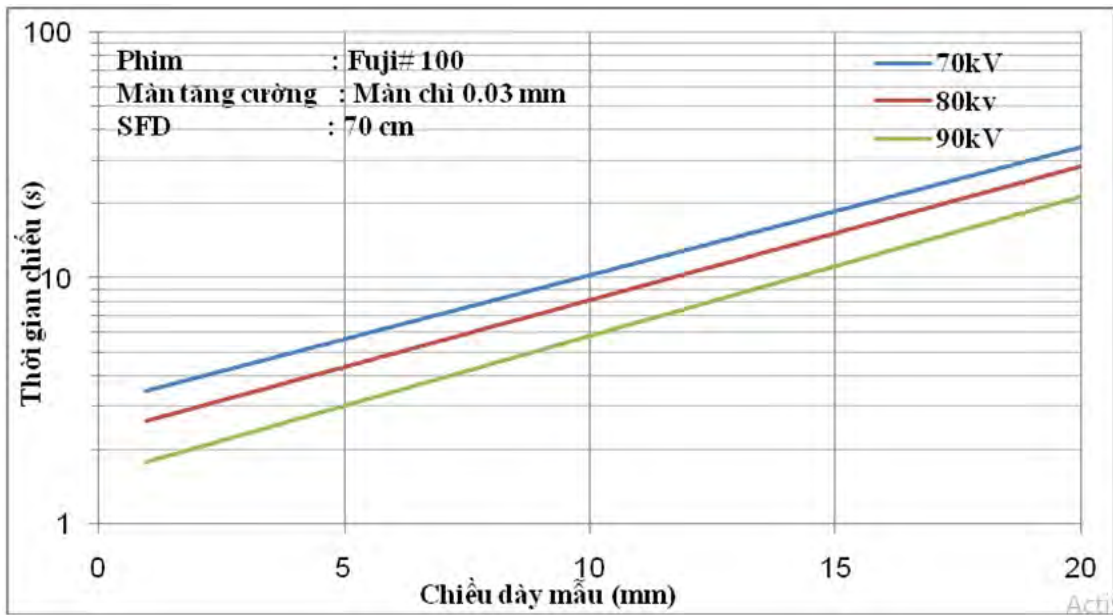
Thực nghiệm xác định độ nhảy được tiến hành bằng cách chụp các mẫu có chiều dày khác nhau có sử dụng bộ chỉ thị chất lượng ảnh của Hiệp hội kiểm tra vật liệu Mỹ (ASTM). Các số liệu đo được trên phim sau khi xử lý đưa ra trong hình 4, hình 6 và hình 8.

Chọn bộ IQI phải phù hợp với chiều dày của mẫu để đạt được độ nhảy tốt nhất nhỏ hơn 2% so với

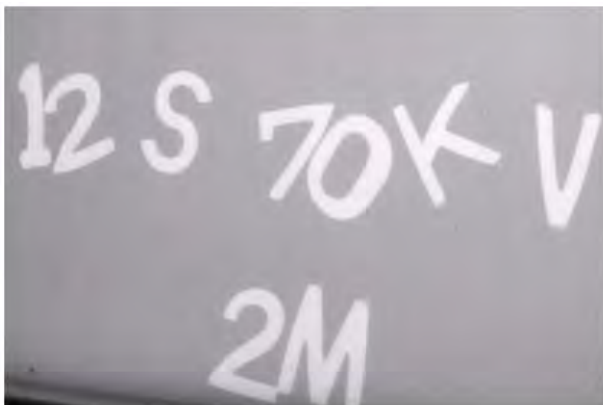
chiều dày mẫu theo tiêu chuẩn trong chụp ảnh phóng xạ.

Kết quả thu được về thời gian chiếu, chiều dày mẫu và giá trị điện áp ở khoảng cách cố định giữa phim và máy phát phù hợp với tài liệu kỹ thuật của máy nói riêng và phương pháp chụp ảnh phóng xạ nói chung. Từ giản đồ thu được, người sử dụng dễ dàng xác định được thời gian, khoảng cách và giá trị điện áp cần đặt đối với các mẫu đồng cần chụp có chiều dày khác nhau khi sử dụng phim Fuji#100.

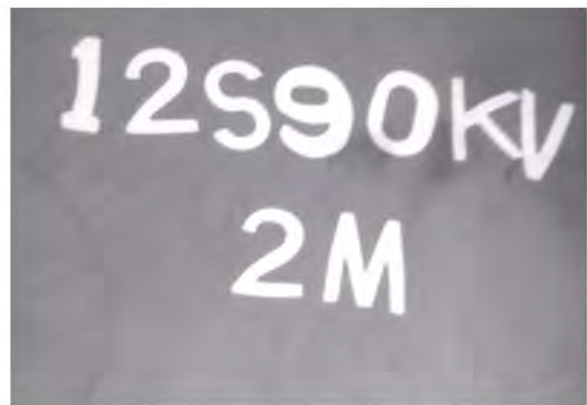
Từ giản đồ chiếu đã xây dựng, tiến hành thử nghiệm xác định các khuyết tật bên trong hai loại bức tượng đồng (Hình 12A và hình 13A) cũng như độ đồng đều của mẫu vật (Hình 12B và hình 13B). Từ hình 12B trên phim ta thấy độ đen bức



Hình 9. Giảm đồ chiếu của vật liệu nhôm ở cao thế 70 kV, 80 kV, và 90 kV, SFD = 70 cm.



Hình 10. Phim chụp mẫu đồng chiều dày 2mm; điện áp 70kV; SFD = 70cm



Hình 11: Phim chụp mẫu đồng chiều dày 2mm; điện áp 90kV; SFD = 70cm



Hình 12A. Bức tượng đồng thực tế



Hình 12B. Phim chụp bức tượng đồng thực tế



Hình 13A. Bức tượng đồng thực tế



Hình 13B. Phim chụp bức tượng đồng thực tế

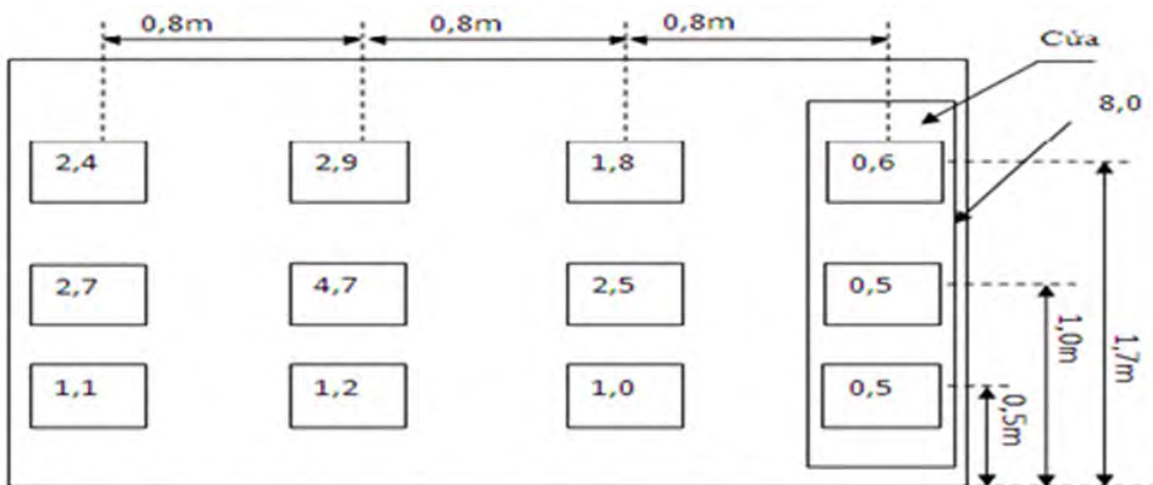
tượng đồng nhất và không có bất kì khuyết tật nào bên trong bức tượng. Từ hình 13B trên phim thấy rằng độ đen của bức tượng khác nhau có nghĩa chiều dày không đồng đều, phần đầu bức tượng dày hơn so với phần thân; phần thân bức tượng có những vết nứt và bị rỗ ở rất nhiều điểm bên trong.

2.4. Đánh giá liều chiếu và an toàn bức xạ

Để đảm bảo an toàn bức xạ trong quá trình thí nghiệm, phân bố suất liều do máy phát hoạt động trong quá trình thí nghiệm đã được kiểm tra

đánh giá. Trong quá trình khảo sát, máy đo liều Aloka TCS 172 được sử dụng để đo phân bố suất liều trong toàn bộ khu vực đặt máy. Các giá trị về suất liều trên tường ở phía phòng số 1 khi máy phát làm việc ở điện áp cực đại 200kV đã được kiểm tra tại các vị trí theo sơ đồ Hình 14.

Số liệu thu được về suất liều phóng xạ bên trong và ngoài phòng đặt máy phát là khá thấp so với tiêu chuẩn Việt Nam về an toàn bức xạ hiện nay là nhỏ hơn 0,5 $\mu\text{Sv/h}$. Tại vị trí người ngồi điều khiển giá trị này là 0,24 $\mu\text{Sv/h}$.



Hình 14. Giản đồ suất liều ($\mu\text{Sv/h}$) ở các vị trí trên tường phòng số 1 khi máy phát làm việc ở cao áp cực đại 200kV.

2.5. Thảo luận

Kết quả thu được về thời gian chiếu, chiều dày mẫu và giá trị điện áp ở khoảng cách cố định giữa phim và máy phát tuyến tính. Kết quả thu được phù hợp với tài liệu kỹ thuật của máy nói riêng và phương pháp chụp ảnh phóng xạ tia X nói chung. Dựa trên kết quả người sử dụng có thể dễ dàng xác định được thời gian, khoảng cách và giá trị điện áp cần đặt đối với các mẫu đồng cần chụp có chiều dày khác nhau khi sử dụng phim fuji #100.

Từ giản đồ chiếu xây dựng đã được ứng dụng thực tế để kiểm tra các bức tượng đồng đúc để xác định các khuyết tật bên trong bức tượng cũng như độ đồng đều của mẫu vật như hình 12A. Từ kết quả giải đoán trên phim ta thấy độ đen của

bức tượng có chiều dày không đồng đều, phần đầu bức tượng dày hơn so với phần thân. Phần thân bức tượng bị nứt và bị rỗ ở rất nhiều điểm. Kết quả cho ta đánh giá chính xác chất lượng của bức tượng. Từ hình 13A trên phim ta thấy độ đen bức tượng đồng nhất và không có bất kì khuyết tật nào bên trong bức tượng.

3. KẾT LUẬN

Báo cáo đã thu được giản đồ chiếu phù hợp (thời gian, điện áp và khoảng cách) cho các mẫu đồng có chiều dày từ 1mm đến 20mm sử dụng máy phát RIGAKU-200EGM và phim fuji #100. Giản đồ cũng giúp cho các sinh viên, học viên dễ dàng

chọn được các điều kiện chiếu tối ưu khi thực tập chụp ảnh phóng xạ. Trong tương lai, sẽ xây dựng giản đồ chiếu tại các điện áp cao hơn đối với mẫu đồng có chiều dày lớn hơn để có thể khai thác thiết bị ngày càng hiệu quả hơn trong nghiên cứu, đào tạo và triển khai ứng dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Baldev Raj, T. Jayakumar, M. Thavasimuthu. (1997). Practical nondestructive testing. Narosa Publishing house – NewDelhi Madras Bombay Calcutta Lodon.
- [2] Đào Quang Long, Nguyễn Quang Hải. (1998). Kiểm tra vật liệu bằng kỹ thuật chụp ảnh bậc II. Vienna, Tài liệu kỹ thuật của Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế (IAEA).
- [3] Norikazu OOKA, Toshihiro OHBA. (2007). Radiography testing. 1th VAEC-JAEA Joint Training Course on Application of Nuclear Technique in Industry and Environment.
- [4] Trung tâm Đào tạo, Viện Nghiên Cứu hạt nhân Đà Lạt. (2019). Thực hành chụp ảnh phóng xạ trong công nghiệp, bài giảng và hướng dẫn thực tập chuyên đề.

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP TÁI TẠO HÌNH ẢNH CHỤP CẮT LỚP PHÁT XẠ ĐỘNG VẬT NHỎ SỬ DỤNG CHUẨN TRỰC DẠNG PINHOLE

Nguyễn Thanh Châu, Đặng Nguyễn Thế Duy, Nguyễn Ngọc Nhật Anh
Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp

Để phát triển phương pháp và xây dựng phần mềm tái tạo hình ảnh cho thiết bị chụp cắt lớp phát xạ (SPECT) động vật nhỏ sử dụng chuẩn trực pinhole cần có những nghiên cứu khác nhau về hình học và thuật toán tái tạo hình ảnh. Hình học tái tạo là yếu tố đầu tiên quyết định đến chất lượng hình ảnh, sự sai lệch về hình học dù nhỏ cũng sẽ gây nhiễu và làm suy giảm chất lượng hình ảnh tái tạo.

Báo cáo này trình bày phương pháp tính toán ma trận ảnh từ tia chiếu và tia chiếu từ ma trận ảnh. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng việc bỏ qua sự tính toán đóng góp của tia chiếu và mỗi phần tử ma trận ảnh sẽ gây ra nhiễu cũng như bóng ma hình ảnh làm giảm đáng kể chất lượng hình ảnh tái tạo. Các phương pháp khắc phục như tính trọng số đóng góp hoặc độ dài tia chiếu trong từng điểm ảnh làm tăng khối lượng tính toán rất lớn trong khi đó phương pháp nội suy là giải pháp hợp lý để đảm bảo hiệu quả cũng như chất lượng hình ảnh. Hình ảnh tái tạo dựa trên phương pháp tính hình học và các thuật toán cơ bản như chiếu ngược có lọc (FBP), tối đa hóa kỳ vọng (EM) cũng được trình bày trong báo cáo này.

1. MỞ ĐẦU

Chụp cắt lớp điện toán photon đơn năng phát xạ (tiếng Anh: Single Photon Emission Computed Tomography, viết tắt: SPECT) là kỹ thuật chụp cắt lớp (Tomography) ứng dụng trong y tế và nhiều ngành khoa học khác. Trong những năm gần đây việc phát triển các cấu hình SPECT ứng dụng để nghiên cứu về hình ảnh động vật nhỏ đang rất được chú trọng. Đặc biệt là cấu hình miniSPECT chuẩn trực lỗ kim, cấu hình này giúp cung cấp rõ hơn hình ảnh 3D có độ phân giải cao hữu dụng cho việc đánh giá vị trí và phân bố mật độ chất đánh dấu phóng xạ bên trong các mẫu động vật nhỏ, thông qua sự đo đạc đủ dữ liệu phóng xạ xung quanh mẫu đo và quá trình tái tạo hình ảnh.

Mục đích của nghiên cứu này là phát triển phương pháp, và xây dựng phần mềm tái tạo hình ảnh cho

hệ SPECT sử dụng chuẩn trực pinhole, xây dựng phương pháp tái tạo hình ảnh, xử lý nhiễu hình học và thử nghiệm trên các cấu hình mô phỏng MCNP.

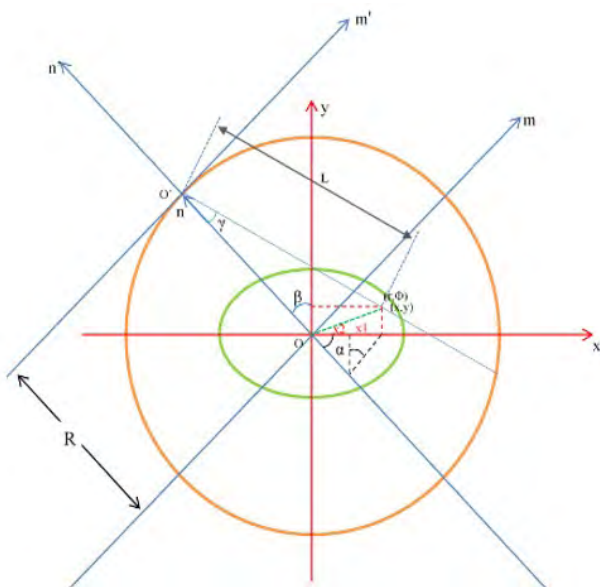
2. NỘI DUNG

2.1. Đối tượng và phương pháp

2.1.1. Cấu hình hình học pinhole 2D

Cấu hình hình học pinhole 3D sẽ được xây dựng cơ bản từ cấu hình hình học 2D. Nhìn chung bản chất cấu hình hình học pinhole 2D trong xây dựng phần mềm là mối liên hệ của 1 pixel ảnh trong tọa độ xOy với tọa độ $LO\gamma$. Bản chất của hình học pinhole 2D chính là hình học quạt tuy nhiên cần biến đổi nhiều yếu tố trong công thức để phù hợp.

Xét cấu hình chùm phân kỳ như hình 1 với pixel $(r,\theta)(x,y)$ (đơn vị pixel, thuộc hệ tọa độ pixel xOy), R là khoảng cách từ điểm pinhole đến tâm hệ đo, (x, y) là tọa độ điểm ảnh, γ là góc mở của chùm phân kỳ tại điểm đang xét, β là góc chiếu, L (đơn vị pixel) là khoảng cách từ điểm pinhole đến pixel đang xét.



Hình 1. Hình học quạt

Xét hệ trục tọa độ xOy và mOn ta có mối liên hệ:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + x_2 \\ \Leftrightarrow x &= m \cdot \sin\alpha - n \cdot \cos\alpha \\ \Leftrightarrow x &= m \cdot \sin(90 - \beta) - n \cdot \cos(90 - \beta) \\ \Leftrightarrow x &= m \cdot \cos\beta - n \cdot \sin\beta \end{aligned} \tag{1.1}$$

$$\begin{aligned} \text{và } y &= y_1 + y_2 \\ \Leftrightarrow y &= m \cdot \sin\beta + n \cdot \cos\beta \end{aligned} \tag{1.2}$$

Xét hệ trục tọa độ $m'On'$ ta có:

$$m = m' \tag{1.3}$$

$$n = R + n' \tag{1.4}$$

Xét hệ trục tọa độ $LO'\gamma$ ta có:

$$m' = L \cdot \sin\gamma \tag{1.5}$$

$$n' = -L \cdot \cos\gamma \tag{1.6}$$

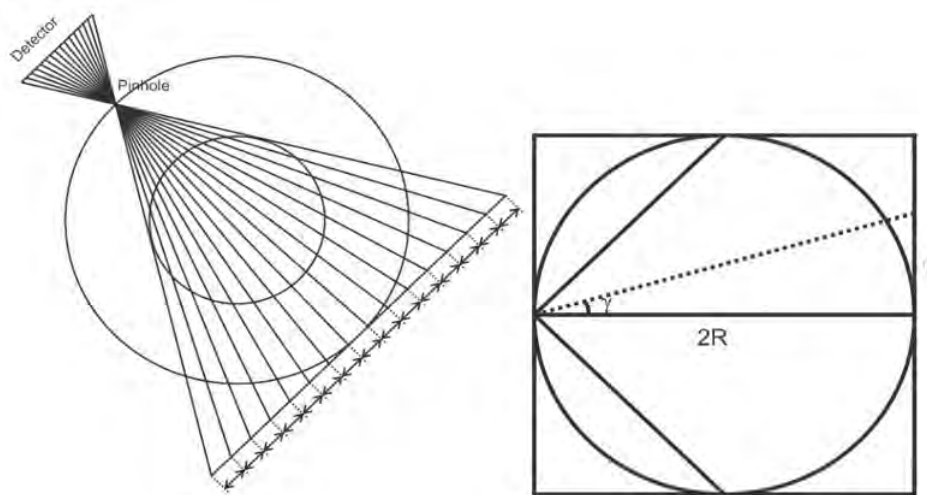
Lần lượt thay 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 vào 1.1 và 1.2 ta được:

$$x = L \cdot \sin(\gamma + \beta) - R \cdot \sin\beta \tag{1.7}$$

$$y = -L \cdot \cos(\gamma + \beta) + R \cdot \cos\beta \tag{1.8}$$

Dễ dàng nhận thấy mối liên hệ giữa 1 điểm ảnh trong hệ tọa độ xOy và hệ tọa độ cực $LO'\gamma$ thông qua 2 công thức (1.7) và (1.8). Và đây là 2 công thức tính toán pixel từ tia chiếu cơ bản sử dụng chung cho cấu hình hình quạt.

Khác với dạng hình học quạt có bước dịch chuyển các góc chiếu bằng nhau, hình học pinhole 2D có bản chất là bước dịch chuyển các tia chiếu bằng nhau như hình 2.



Hình 2. Hình học pinhole 2 chiều

Do đó công thức 1.7 và 1.8 cần biến đổi để phù hợp.

Nhìn vào hình 2 ta thấy

$$\gamma = \text{Atan}(r/2R) \tag{1.9}$$

Bằng cách biến đổi công thức 1.9 tùy thuộc vào cấu hình hình học tương ứng của hệ pinhole. Tia chiếu sẽ tính toán được từ ma trận ảnh tương ứng. Và đây chính là phương pháp tìm tia chiếu

từ ma trận ảnh.

Thay vào công thức (1.7) và (1.8) ta được.

$$x = L. \left(\sin \operatorname{Atan} \left(\frac{r}{2R} \right) + \beta \right) - R. \sin \beta \quad (1.10)$$

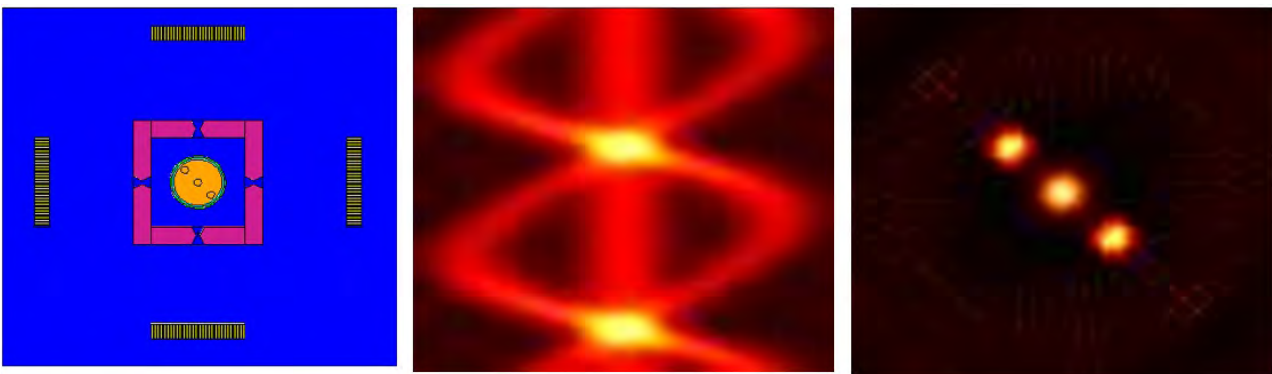
$$y = L. \left(\cos \operatorname{Atan} \left(\frac{r}{2R} \right) + \beta \right) + R. \cos \beta \quad (1.11)$$

Hai công thức (1.10) và (1.11) chính là mối liên hệ của một pixel trong hệ tọa độ xOy với tia chiếu và vị trí trên tia chiếu trong hệ tọa độ cực LO'γ.

Để kiểm tra sự chính xác của phương pháp tính và

khả năng tái tạo của phần mềm tái tạo hình ảnh cấu hình mini-SPECT 2 chiều ứng dụng trên mẫu chuột được thiết kế mô phỏng hoàn chỉnh như hình 3. Trong đó, 4 mảng đầu dò nhấp nháy NaI kích thước (5x5x0.8cm) được bố trí ở 4 hướng xung quanh, giữa các mảng đầu dò đặt một phantom hình cầu có đường kính 3cm nằm bên trong bộ chuẩn trực pinhole chỉ với đường kính chuẩn trực pinhole là 2mm.

Chất lượng của hình ảnh tái tạo sẽ đánh giá sự chính xác của phương pháp.



Hình 3. Thử nghiệm MCNP trên cấu hình SPECT pinhole 2D, sinogram và hình ảnh tái tạo thử nghiệm

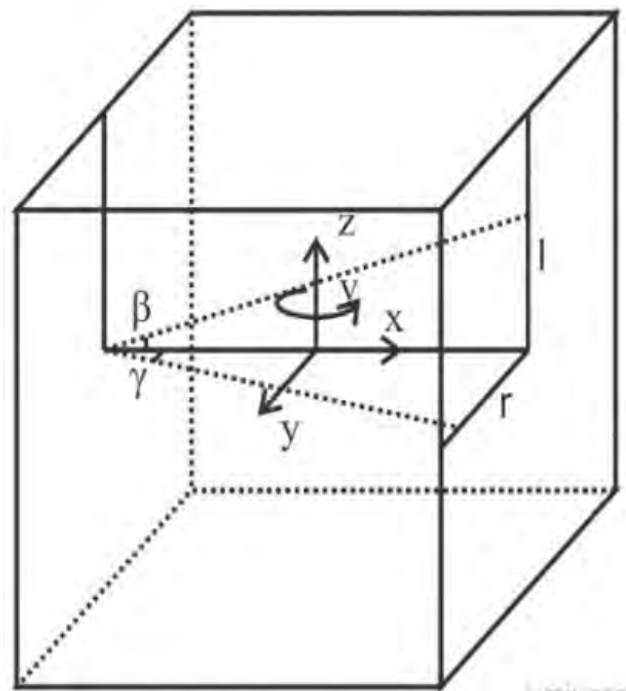
Nhìn chung hình ảnh tái tạo thể hiện rõ hình dạng của phantom bên trong với chất lượng rất tốt. Tuy nhiên chúng tôi vẫn chưa thể đánh giá được hình ảnh tái tạo, vì chất lượng hình ảnh tái tạo không những phụ thuộc vào phần mềm tái tạo hình ảnh mà còn phần lớn là phụ thuộc vào sự tối ưu của cấu hình. Tuy nhiên dựa trên sự tương đồng giữa hình ảnh tái tạo và phantom sử dụng để mô phỏng. Có thể khẳng định, có thể tái tạo được hình ảnh của bằng phương pháp tính hình học như đã trình bày. Việc lựa chọn cấu hình vẫn đang được nghiên cứu và sẽ được chúng tôi trình bày ở một bài báo khác.

2.1.2 Cấu hình hình học pinhole 3D

Để dễ dàng xây dựng phương pháp tính cấu hình hình học pinhole 3D, chúng tôi chỉ đề cập đến cấu hình pinhole có trục xoay là trục z.

Về cơ bản, trong cấu hình hình học pinhole 3D cũng sẽ sử dụng các công thức để tính toán hình

học tương tự như cấu hình hình học pinhole 2D và phát triển thêm phương pháp để tính theo trục z của hệ tọa độ Oxyz.



Hình 4. Cấu hình pinhole 3D

Trên cơ sở đó phương pháp tìm tia chiếu (r,l) từ ma trận ảnh Oxyz được dễ dàng tìm được và thể hiện qua công thức sau:

$$\begin{cases} \gamma = \text{Atan}\left(\frac{r}{2R}\right) \\ \beta = \text{Atan}\left(\frac{l}{2R}\right) \end{cases} \quad (1.12)$$

Với R là 1/2 khoảng cách từ pinhole đến màng đầu dò.

Phương pháp hình học trên có thể dễ dàng áp dụng vào tính toán để tái tạo hình ảnh, tuy nhiên phương pháp kể trên không thể áp dụng được vào thuật toán tối đa hóa kỳ vọng bởi vì nó bỏ qua phần đóng góp của tia chiếu lên pixel do đó cần xây dựng một phương pháp tính khác hiệu quả hơn.

Sẽ rất phức tạp nếu xây dựng phương pháp tìm ma trận ảnh (x,y,z) từ tia chiếu (v,r,l) theo phương pháp như cấu hình pinhole 2D. Để đơn giản hơn

$$\begin{cases} x = S + K \\ y = \frac{S}{K} * r \\ z = \frac{S}{K} * l \end{cases} \quad (1.13)$$

Công thức xoay ma trận ảnh (x,y,z) trong không gian 3 chiều được mô tả như sau:

$$Rz(\gamma)Ry(\beta)Rx(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos(\beta) \cos(\gamma) & \cos(\gamma) \sin(\alpha) \sin(\beta) - \cos(\alpha) \sin(\gamma) & \cos(\alpha) \cos(\gamma) \sin(\beta) + \sin(\alpha) \sin(\gamma) \\ \cos(\beta) \sin(\gamma) & \cos(\alpha) \cos(\gamma) + \sin(\alpha) \sin(\beta) \sin(\gamma) & -\cos(\gamma) \sin(\alpha) + \cos(\alpha) \sin(\beta) \sin(\gamma) \\ -\sin(\beta) & \cos(\beta) \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \cos(\beta) \end{bmatrix} \quad (1.14)$$

Các phương pháp tính toán hình học là rất cơ bản và rất dễ thực hiện, tuy nhiên nhược điểm lớn nhất của phương pháp là vẫn chưa xử lý được nhiều hình học do đó cần có các nghiên cứu khác nhau để khắc phục hiện tượng này.

Thử nghiệm coi tia chiếu không có bề rộng.

Bằng cách tìm giao điểm giữa các tia và các pixel và tính khoảng cách, ta dễ dàng tìm được hệ số đóng góp của tia chiếu đi đến pixel đi qua tuy nhiên phương pháp không hiệu quả. Yêu cầu của phương pháp là tổng trọng số đóng góp của tất cả tia đến các pixel phải bằng nhau. Tuy nhiên thực nghiệm cho thấy ở các tia chiếu không song song hoặc vuông góc với hệ trục tọa độ. Tổng trọng số đóng góp của các tia là không đều trên mỗi pixel

chúng tôi chia phương pháp tính toán hình ảnh thành 2 quá bước như sau:

Bước 1: Tìm ma trận ảnh (x,y,z) từ tia chiếu (0,r,l).

Bước 2: Xoay ma trận ảnh (x,y,z) trong không gian Oxyz theo cấu hình tương ứng.

Nếu các đầu dò được cân chỉnh sao cho l song song với z và r song song với y ta có các tham số bao gồm:

S là khoảng cách từ pinhole đến mặt phẳng song song với màng đầu dò và chứa pixel (x,y,z);

K là khoảng cách từ pinhole đến màng đầu dò;

α : là góc tạo bởi vật và trục Ox;

β : là góc tạo bởi vật và trục Oy;

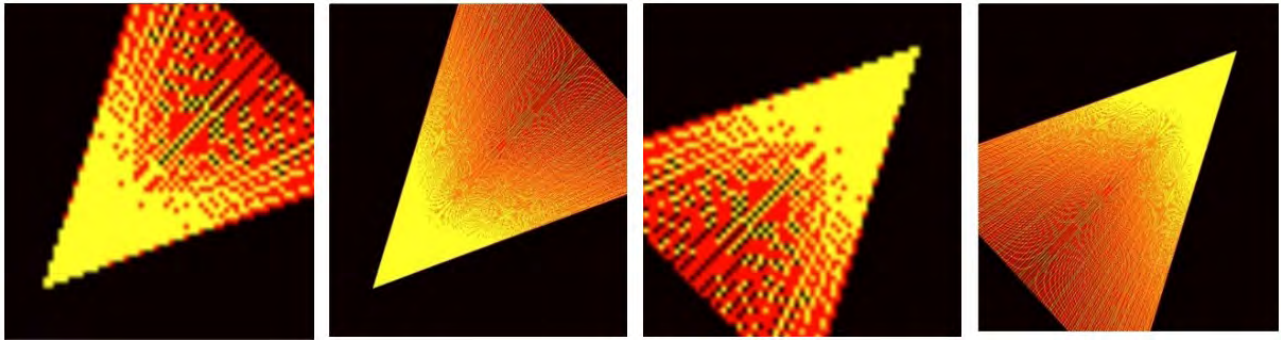
γ : là góc tạo bởi vật và trục Oz.

Trên cơ sở đó ta có:

do đó phương pháp này không tối ưu và chúng tôi không sử dụng để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

Thử nghiệm coi tia chiếu có bề rộng

Một phương pháp cơ bản để giảm nhiễu hình học là chia pixel thành các voxel nhỏ hơn để tính toán hoặc sử dụng nội suy để tăng số lượng tia chiếu nhiều lần. Phương pháp tính này có một ưu điểm là nhanh và dễ thực hiện tuy nhiên việc chia quá nhỏ các pixel sẽ tăng đáng kể thời gian tái tạo hình ảnh và hình ảnh sau tái tạo vẫn còn các hiện tượng stepstair và aliasing (hiệu ứng bậc thang và hiệu ứng răng cưa). Do đó chúng tôi vẫn đang tiến hành các nghiên cứu tiếp theo.

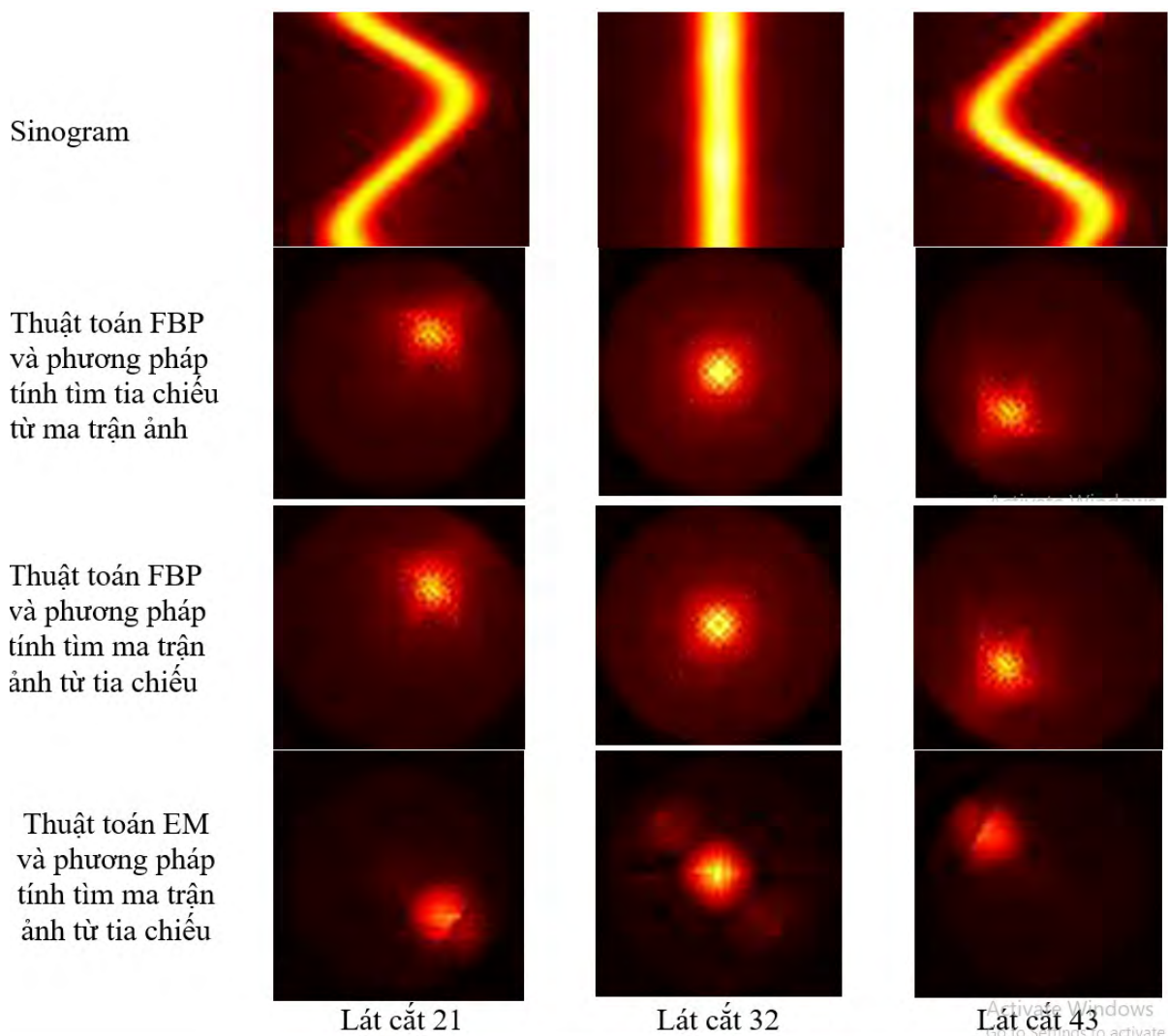


Hình 5. Minh họa nhiễu hình học và giảm nhiễu hình học bằng cách chia pixel thành các voxel nhỏ hơn

Để xây dựng thuật toán và tiến hành xây dựng cấu hình phần cứng tối ưu chúng tôi đã thử nghiệm mô phỏng MCNP trên nhiều cấu hình hình học khác nhau. Bên dưới là một vài hình ảnh tái tạo của cấu hình mô phỏng mà chúng tôi đã thử nghiệm để xây dựng phần mềm tái tạo.

Bằng cách tính toán hình học kể trên và áp dụng các thuật toán hình ảnh được tái tạo rất dễ dàng tuy nhiên tất cả các hình ảnh đều bị nhiễu hình học và răng cưa, thuật toán EM thể hiện rõ nhất ở hiện tượng này.

Dựa trên hình ảnh tái tạo dễ dàng nhận ra cấu

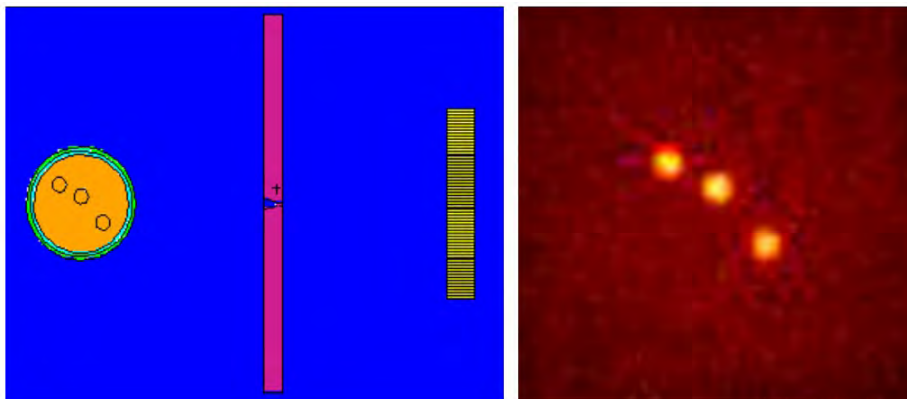


Hình 6. Sinogram và hình ảnh tái tạo từ một số thuật toán của cấu hình 1

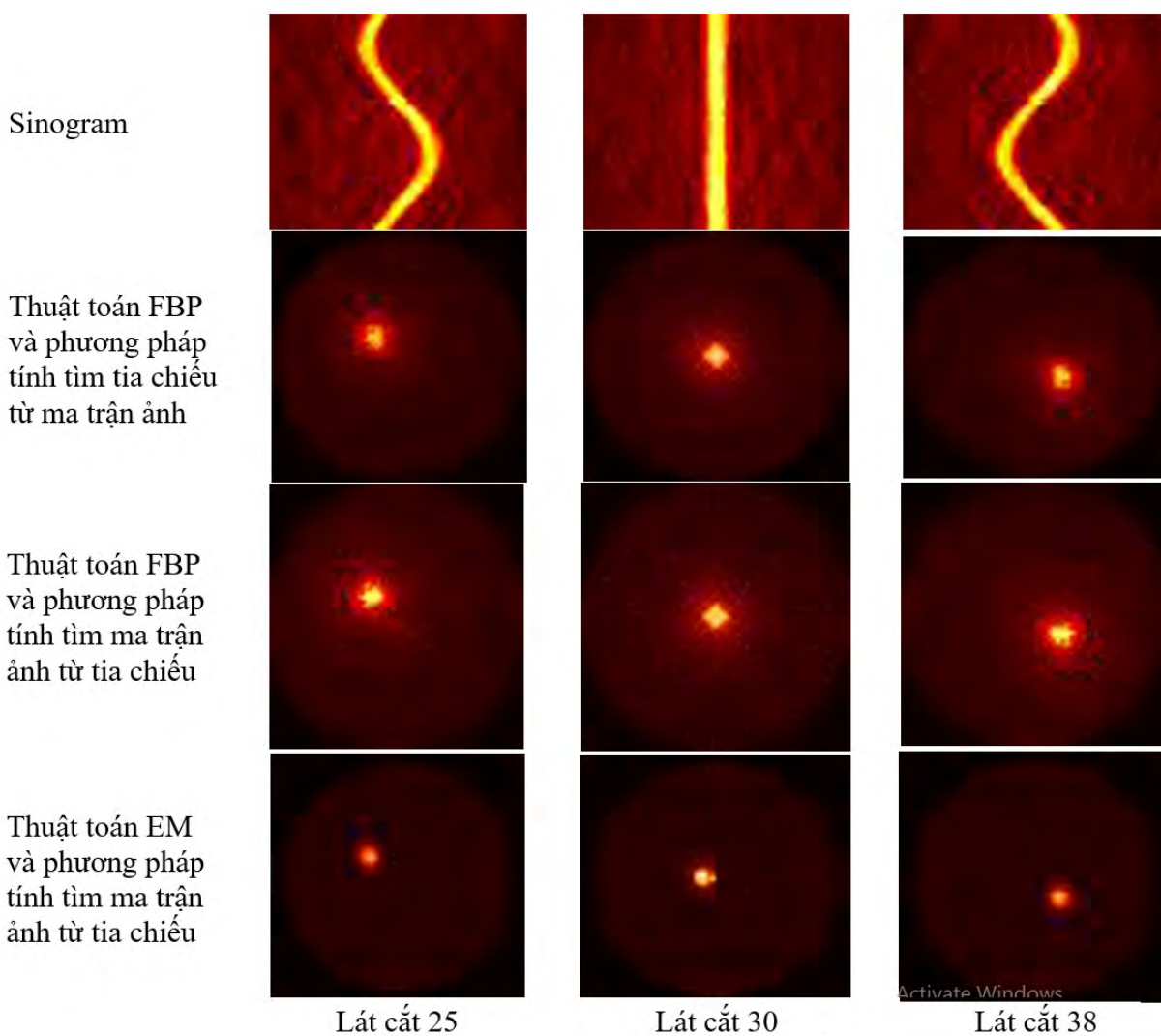
hình này không phải là tối ưu để có thể áp dụng làm thiết bị miniSPECT chuẩn trực pinhole.

Trên cơ sở hình ảnh tái tạo từ cấu hình trên, các nghiên cứu mô phỏng để lựa chọn cấu hình tối

ưu và khả năng thực hiện của thiết bị trong thực tế, cấu hình tại hình 7 được chúng tôi trình bày bên dưới là cấu hình được lựa chọn để làm thiết bị mini SPECT chuẩn trực pinhole trong thực tế.



Hình 7. Cấu hình mô phỏng MCNP với kích thước chuẩn trực và hình chiếu



Hình 8. Sinogram và hình ảnh tái tạo từ một số thuật toán

Hình ảnh tái tạo đã cho thấy rõ kích thước và hình dạng nguồn bên trong mẫu. Cả 2 thuật toán với các phương pháp tính hình học khác nhau đều cho chất lượng hình ảnh rất tốt. Tuy nhiên dễ dàng nhận ra thuật toán tối đa hóa kỳ vọng cho hình ảnh đồng đều nhất về nguồn ở các vị trí khác nhau.

2.2. Bàn luận

Nhìn chung khả năng hội tụ của hình ảnh được tái tạo dựa trên các thuật toán và phương pháp tính hình học là rất tốt thể hiện rõ hình dạng và có kích thước tương đồng với hình dạng nguồn phóng xạ phantom được mô phỏng. Chất lượng hình ảnh không những phụ thuộc lớn nhất vào việc xây dựng hình học do đó chúng tôi vẫn đang thực hiện các nghiên cứu để tối ưu hóa và tăng chất lượng hình ảnh tái tạo.

Việc bỏ qua sự tính toán đóng góp của tia chiếu và mỗi phần tử ma trận ảnh và sai số do hiệu ứng răng cưa và hiệu ứng bậc thang trong quá trình tính toán sẽ gây ra nhiễu cũng như bóng ma hình ảnh làm giảm đáng kể chất lượng hình ảnh tái tạo.

3. KẾT LUẬN

Trên cơ sở về phương pháp tính toán hình học, các thuật toán và phương pháp xử lý nhiễu hình học, nhìn chung, đã có thể sử dụng số liệu thu thập được từ quá trình mô phỏng MCNP thiết bị mẫu miniSPECT chuẩn trực pinhole để tái tạo hình ảnh hoàn chỉnh của các lát cắt.

Các kỹ thuật tính toán hình học và xử lý nhiễu khi dựng hình đã được đưa ra và đặt nền móng cho các nghiên cứu tiếp theo nhằm thu được hình ảnh có chất lượng tốt nhất.

Kết quả đã xây dựng được phần mềm tái tạo hình ảnh cho cấu hình miniSPECT sử dụng chuẩn trực pinhole và cơ sở để chế tạo thiết bị mẫu mini – SPECT thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ZHANG XueZhu, QI YuJin. “Development of fully 3D image reconstruction techniques for pinhole SPECT imaging”, Chinese Science Bulletin, Vol.56 No.3: 340–348, 2011.
- [2] Kai Yang, “A geometric calibration method for cone beam CT systems”, Med Phys. 33(6): 1695–1706, 2006.
- [3] IAEA, “Industrial Process Tomography”, IAEA Tec-Doc 1589, 2008.
- [4] F. Sanchez et al, “A small animal PET/SPECT/CT imaging system”, Med. Phys. 40 (5), 2013.
- [5] PAUL E. KINAHAN, “Analytic Image Reconstruction Methods, 2004.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THIẾT BỊ CHỤP HÌNH CẮT LỚP CT CHÙM TIA HÌNH NÓN ỨNG DỤNG TRONG ĐO LƯỜNG CHÍNH XÁC VÀ KIỂM TRA KHÔNG PHÁ HỦY

Trần Kim Tuấn, Bùi Ngọc Hà, Trần Ngọc Toàn, Trần Thùy Dương, Nguyễn Văn Thái, Nguyễn Tất Thắng, Bùi Tiên Hưng, Mai Đình Thủy

Chụp ảnh cắt lớp CT là một kỹ thuật chụp hình truyền qua, cho phép tái tạo lại được hình ảnh cấu trúc bên trong hay còn được gọi là lát cắt của đối tượng chụp. Kỹ thuật CT được phát triển lần đầu tiên vào những năm 1960, sử dụng trong chẩn đoán y tế. Ngày nay, trải qua các bước phát triển, 7 thế hệ thiết bị chụp hình cắt lớp CT đã ra đời, thế hệ thứ 7 sử dụng nguồn phát chùm tia bức xạ hình nón (CBCT) kết hợp với đầu dò bức xạ dạng bản phẳng (Flat Pannel Detector – FPD) cho phép thu thập dữ liệu trong thời gian ngắn hơn, độ phân giải không gian của hình ảnh tái tạo cũng tốt hơn so với các thế hệ trước. Với những bước tiến này, hệ thiết bị CBCT có thể được sử dụng cho các ứng dụng trong công nghiệp như kiểm tra không phá hủy, đo lường chính xác trong lĩnh vực gia công, chế tạo cơ khí.

Trong nghiên cứu này, hệ thiết bị CBCT đầu tiên tại Việt Nam đã được nhóm nghiên cứu thiết kế, chế tạo từ đó có thể làm chủ được kỹ thuật chụp hình tiên tiến CBCT. Hệ thiết bị CBCT trong nghiên cứu có khả năng thu thập hình chiếu, từ đó tái tạo hình ảnh cắt lớp của vật thể với độ phân giải không gian lên tới 49 μm , kích thước lớn nhất của vật mẫu có thể chụp được là $200 \times 300 \text{ mm}$, thời gian thu thập dữ liệu khoảng 10 phút.

1. MỞ ĐẦU

Kể từ khi được phát minh, hệ thiết bị chụp hình cắt lớp CT không ngừng được nghiên cứu phát triển nhằm rút ngắn thời gian chụp, cải thiện độ phân giải, độ tương phản của hình ảnh. Ngày nay, hệ thiết bị CT mới nhất trong y tế có thể cho ra hơn 200 hình ảnh trong 1s, độ phân giải không gian nhỏ hơn 1mm, giá trị điểm ảnh 16bit [1].

Từ năm 1980, CT đã được sử dụng cho các ứng dụng trong công nghiệp như: phân tích vật liệu, kiểm tra không phá hủy, đo lường. Sự phát triển của khoa học kỹ thuật đã làm cho chất lượng của hệ thiết bị CT ngày càng tăng rõ rệt. Các hệ thống

micro CT dùng chùm tia hình nón (CBCT) hiện đại sử dụng ống phóng tia X với tiêu cự cỡ micro met và dùng tấm FPD làm đầu ghi nhận bức xạ nên có khả năng thu nhận được hình ảnh cắt lớp có độ phân giải lên tới micromet. Do đó, trong thời gian gần đây công nghệ micro CT được ứng dụng rất nhiều trong lĩnh vực đo lường chính xác. Ưu điểm của CT là không chỉ đo đạc được biên dạng bên ngoài của vật mẫu mà còn có thể cho thấy rõ cấu trúc bên trong của nó trong khi không cần phải cắt hay phá hủy vật thể [2-5]. Ngoài ra, hình ảnh cắt lớp CT mô tả phân bố của hệ số suy giảm bức xạ trong vật mẫu, do đó hình ảnh cắt

lớp CT còn mang lại thông tin hữu ích về phân bố của mật độ trong vật mẫu, hỗ trợ quá trình kiểm tra, đánh giá chất lượng của các vật gia công chính xác hay vật đúc. Do chất lượng hình ảnh tái tạo của hệ thống CT ngày càng cao, do đó hiện nay CT được sử dụng rất nhiều trong việc kiểm tra và phát hiện các khuyết tật có kích thước rất nhỏ như rỗ khí và vết nứt, nằm ở bên trong của vật thể [6].

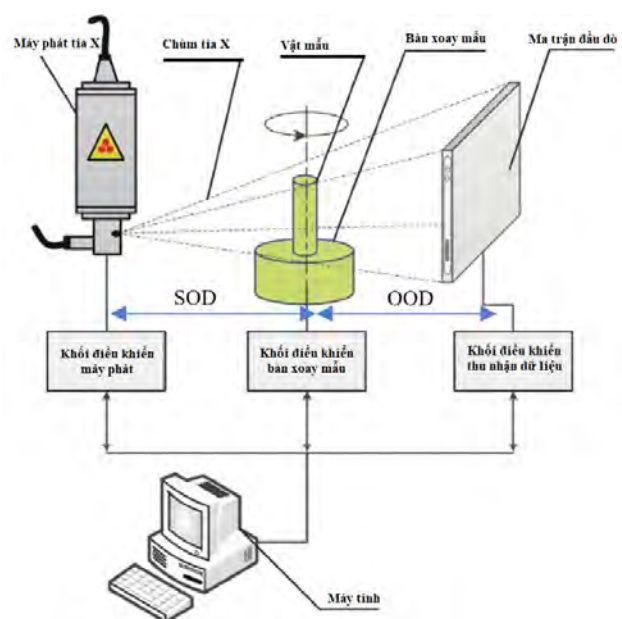
Hiện nay, số lượng ứng dụng của CBCT trong công nghiệp là rất lớn và ngày càng tăng trưởng nhanh chóng. Thị trường cho thiết bị CBCR trong công nghiệp tăng từ 309.5 triệu USD năm 2011 lên tới 591.9 triệu USD năm 2017, nhu cầu sử dụng hệ thiết bị CBCT trong công nghiệp tăng rất mạnh ở các nước có nhiều nhà máy sản xuất, chế tạo [7]. Việt Nam đang trở thành nơi đặt nhà máy sản xuất của nhiều tập đoàn lớn trên thế giới như: Samsung, Denso, LG, Mitsibishi, Seoul Semiconductor... Ngoài ra ngành công nghiệp đúc của nước ta cũng đang phát triển mạnh mẽ, ngành công nghiệp đúc cũng đòi hỏi các kỹ thuật hiện đại để đo đạc, kiểm tra và đánh giá chất lượng sản phẩm. Đi kèm với sự phát triển của ngành công nghiệp gia công chính xác và công nghiệp đúc là bài toán kiểm tra các khuyết tật, phân tích, đánh giá chất lượng sản phẩm, đưa các hệ thống kiểm tra đánh giá hiện đại vào trong dây truyền sản xuất. Do đó, nhu cầu sử dụng các thiết bị đo lường, kiểm tra đặc biệt là CBCT ngày càng tăng mạnh. Tuy nhiên, hiện nay chưa có nghiên cứu nào về hệ thiết bị cắt lớp CT sử dụng chùm tia hình nón tại Việt Nam. Các hệ thống CBCT sử dụng trong nước hầu hết được nhập từ nước ngoài với chi phí rất cao, ngoài ra quá trình duy tu, bảo dưỡng cũng sẽ cực kỳ tốn kém và phức tạp. Bài báo này là kết quả tổng hợp từ đề tài nghiên cứu cấp nhà nước “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thiết bị chụp ảnh cắt lớp CT sử dụng chùm tia hình nón ứng dụng trong công nghiệp”, mã số KC.05.18/16-20. Thông qua đề tài này chúng tôi đã chế tạo thành công hệ thống CBCT đầu tiên tại Việt Nam mang tên

BKCT-01. Hệ thống BKCT-01 sử dụng máy phát tia X của hãng Xray Xorx, Đức, ma trận đầu thu bức xạ FPD của Rayence, Hàn Quốc, phần cơ khí truyền động, phần mềm điều khiển và xử lý tín hiệu được xây dựng hoàn toàn ở trong nước. Đây là bước đi đầu tiên dẫn đến khả năng nội địa hóa công nghệ CBCT ở Việt Nam.

2. NỘI DUNG

2.1. Phương pháp

Hệ thiết bị CBCT sử dụng đầu dò đa dãy và cấu hình chiếu dùng chùm tia hình nón làm tăng hiệu suất sử dụng chùm tia X rút ngắn thời gian chụp nhưng sẽ làm giảm độ phân giải không gian của ảnh thu được. Bề dày lát cắt của hình ảnh sẽ phụ thuộc vào kích thước của từng phần tử đầu dò. Cấu hình nguồn phát tia X, đầu dò động có ưu điểm cố định vị trí vật chụp, khả năng tái tạo tốt theo góc và có thể chụp liên tục các vật khác nhau tuy nhiên hệ thống cơ khí và cáp nối rất phức tạp. Vật cần chụp của thiết bị để tài là các vật phẩm công nghiệp làm bằng chất rắn, các vật này có thể di động hay quay tròn vì thế để tài đã lựa chọn cấu hình trong đó đầu dò và đầu phát tia X đứng yên, vật được quay tròn quanh trục như mô tả trong hình 1.



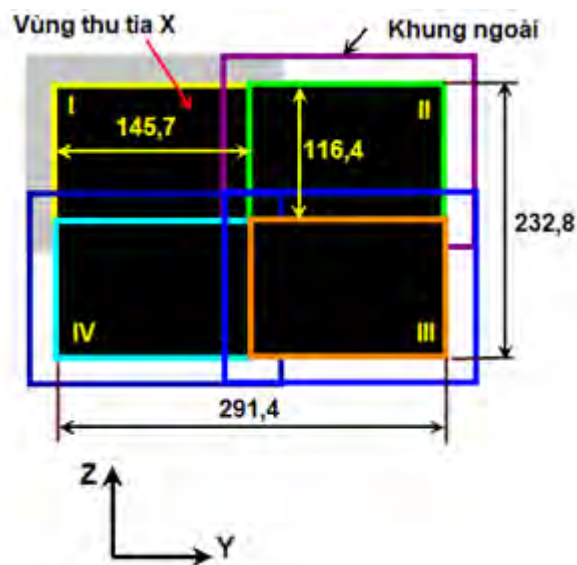
Hình 1. Cấu hình hệ CBCT

Chất lượng của hình ảnh tái tạo CT phụ thuộc vào tiêu cự phát của máy phát tia X, độ phân giải của ma trận đầu thu bức xạ, chuyển động chính xác của hệ cơ khí và thuật toán tái tạo hình ảnh. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng máy phát tia X XWT-240-CT độ hội tụ micromet của hãng X-Ray Worx và ma trận đầu thu bức xạ 1215A của hãng Rayence, Hàn Quốc để chế tạo hệ thiết bị cắt lớp CT. Bảng 1 mô tả các thông số kỹ thuật đặc trưng của máy phát tia X và tấm FPD.

Bảng 1. Thông số chi tiết hệ CBCT trong nghiên cứu

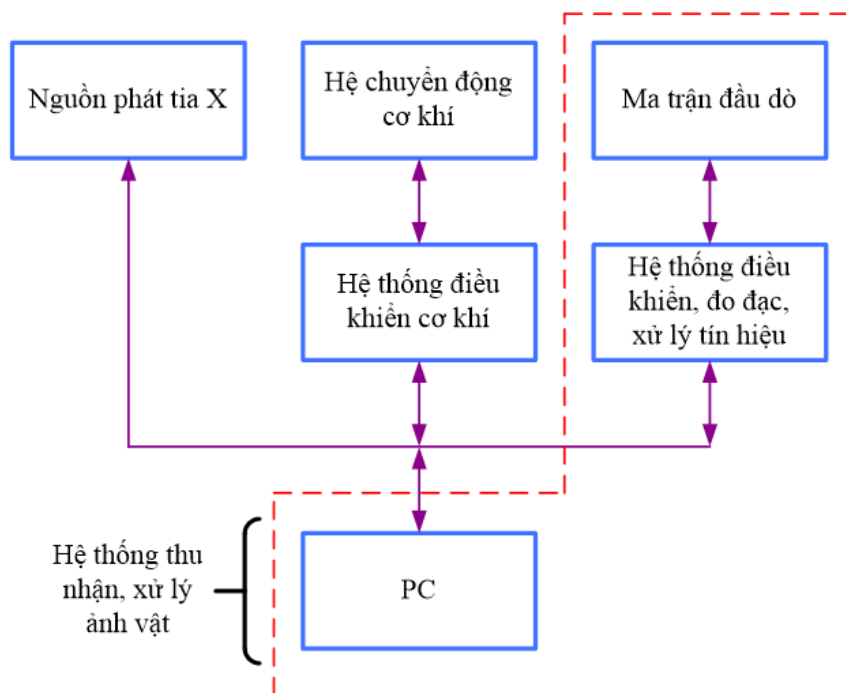
Nguồn tia X	Cao áp: 0 – 240kV		
	Cường độ chùm tia: 0 – 3 mA		
	Kích thước điểm phát: 4 μ m		
Ma trận đầu dò FPD		Chế độ thường	Chế độ gộp
	Kích thước ảnh (pixel)	2944x2352	1472x1176
	Kích thước Pixel	49 μ m	99 μ m
	Độ phân giải	10.1 LP/mm	5.0 LP/mm
	Tốc độ ghi	8 fps	32 fps
	ADC	14 bits	14 bits

Hệ thiết bị BKCT-01 sử dụng thuật toán tái tạo hình ảnh chiếu ngược có lọc do nhóm nghiên cứu tự xây dựng [8]. Trong khuôn khổ bài nghiên cứu này, chúng tôi sẽ tập trung trình bày về quá trình xây dựng khối cơ khí, chuyển động, ghép nối phần cứng cho hệ thiết bị. Điểm mới trong nghiên cứu này là chúng tôi đã xây dựng được hệ CBCT có khả năng chụp được hình ảnh với kích thước lớn hơn so với kích thước của đầu thu bức xạ. Thông thường, hệ CBCT có máy phát tia X và ma trận đầu thu bức xạ đứng yên trong suốt quá trình thu nhận dữ liệu, kích thước vật mẫu có thể chụp được luôn nhỏ hơn kích thước của tấm phim. Cấu hình của hệ CBCT trên hệ thiết bị BKCT-01 đã được cải tiến trong đó tấm phim sẽ chuyển động tịnh tiến trên mặt phẳng thu nhận ảnh để mở rộng trường chiếu như được thể hiện trong hình 2.



Hình 2. Sơ đồ dịch chuyển của tấm đầu dò trong hệ thiết bị BKCT-01

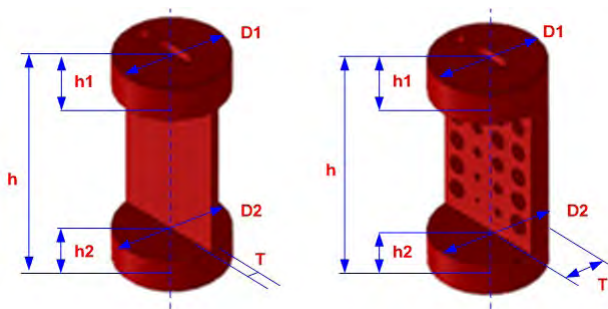
Hệ thiết bị BKCT-01 có hai chế độ hoạt động là chế độ chụp mẫu nhỏ (các mẫu có kích thước nhỏ hơn kích thước của tấm phim) và chế độ chụp mẫu lớn. Ở chế độ chụp mẫu nhỏ, khi ấn nút bắt đầu chụp, máy phát sẽ phát tia trong suốt quá trình chụp, sau đó bộ điều khiển sẽ điều khiển tấm phim ghi nhận hình chiếu thứ nhất của vật mẫu. Sau khi ghi nhận hình chiếu tấm phim sẽ truyền tín hiệu báo kết thúc cho bộ điều khiển để bộ điều khiển truyền lệnh quay vật mẫu với bước quay 0.5 hoặc 1 độ. Kết thúc quá trình xoay vật mẫu, bộ điều khiển sẽ điều khiển cho tấm phim ghi nhận hình chiếu ở góc thứ 2. Quá trình trên sẽ được lặp lại đến khi thu đủ hình chiếu trên góc quay 360 độ của vật mẫu. Đối với chế độ chụp mẫu có kích thước lớn, cơ cấu điều khiển có thay đổi một chút. Ban đầu tấm phim ở vị trí số I của trường chiếu lớn và tiến hành chu trình thu dữ liệu như đối với vật mẫu nhỏ. Sau khi đủ 260 độ tấm phim sẽ tịnh tiến sang vị trí trường chiếu II, III, IV và lặp lại quá trình ghi nhận. Kết quả ta thu được 4 trường chiếu nhỏ tạo mỗi góc chiếu, bằng cách ghép đồng bộ các trường chiếu ta sẽ thu được hình chiếu hoàn chỉnh của vật mẫu cần chụp.



Hình 3. Sơ đồ khối của phần mềm điều khiển trung tâm

Phần mềm điều khiển trung tâm có vai trò điều khiển đồng bộ hoạt động của máy phát, quá trình thu nhận dữ liệu của tấm phim và bộ điều khiển cơ khí. Sơ đồ khối của phần mềm điều khiển trung tâm được trình bày trong hình 3.

Trong bài báo cáo này, các bộ mẫu chuẩn được sử dụng để đánh giá chất lượng của hình ảnh tái tạo từ hệ thiết bị BKCT-01. Kích thước của các mẫu chuẩn đo đạc bằng hệ BKCT-01 sẽ được so sánh với các phương pháp khác như đo bằng thước kẹp, đo quang, đo chạm để đánh giá độ phân giải của hình ảnh tái tạo. Mẫu chuẩn dùng để đánh giá được thể hiện trong hình 4.



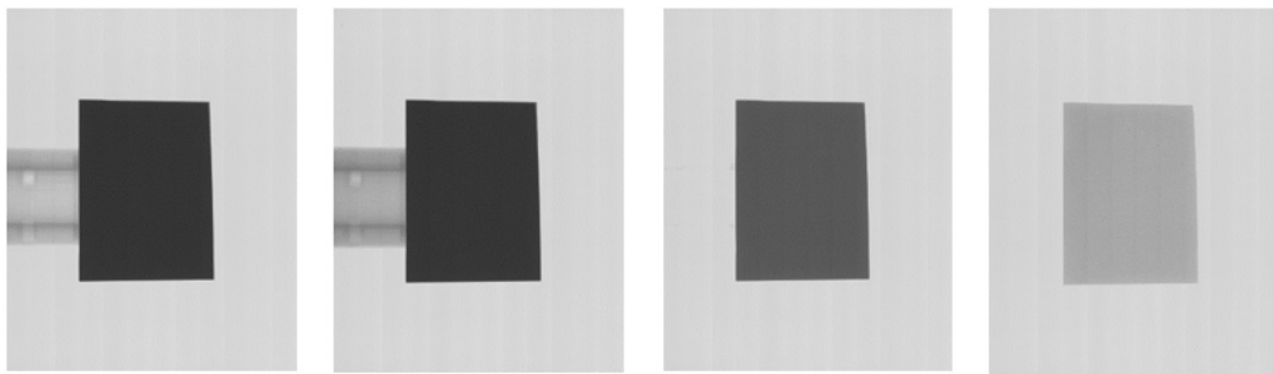
Hình 4. Mẫu chuẩn dùng trong kiểm tra hệ BKCT-01

2.2. Kết quả

Sau thời gian nghiên cứu, thiết kế hệ thiết bị BKCT-01 đã được hoàn thành như được mô tả trong hình 5. Hệ BKCT-01 có SOD = 841mm, ODD = 152mm, với tiêu cự phát có giá trị $4\mu\text{m}$, áp dụng công thức (1) ta tính được giá trị độ nhòe hình học là $b = 0.72\mu\text{m}$. Kích thước vỏ bao của hệ BKCT-01 là $1.2 \times 1.8 \times 2 \text{ m}^3$, vật liệu che chắn bức xạ là chì tấm với bề dày lớp chì ở hướng chùm tia sơ cấp là 12mm, ở các mặt còn lại là 6mm, khối lượng của toàn bộ hệ thống lên tới 3 tấn.



Hình 5. Hệ thống CBCT hoàn chỉnh được chế tạo tại Việt Nam

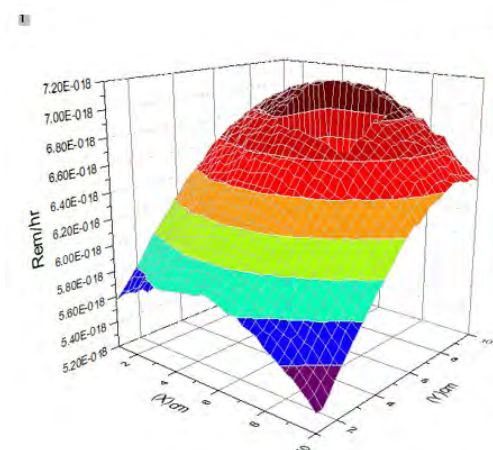


a) 100kV-1000 μ A b) 120kV- 600 μ A c) 120kV-1000 μ A d) 160kV-1000 μ A

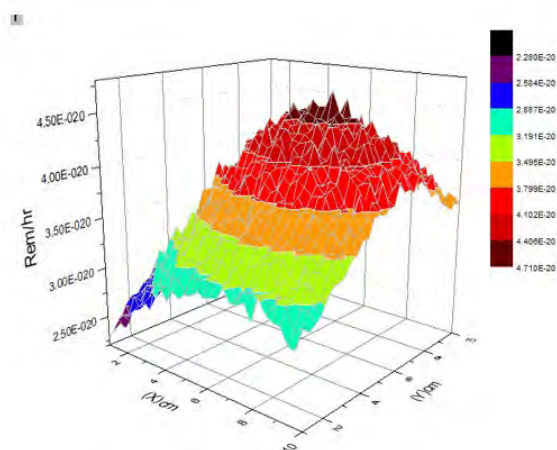
Hình 6. Thử nghiệm hoạt động của máy phát tia X và tấm FPD

Hình 6 thể hiện kết quả quá trình kiểm tra hoạt động của máy phát tia X và tấm FPD được điều khiển trên phần mềm tự xây dựng. Phần mềm điều khiển thiết lập các điều kiện chụp khác nhau đối với cùng một mẫu chuẩn có thành phần bằng nhôm và nhựa.

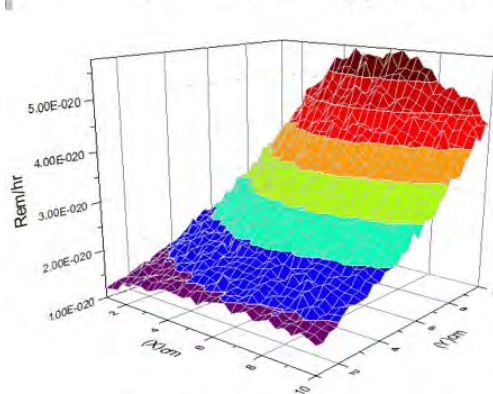
Hình 7 mô tả kết quả kiểm tra bức xạ của hệ thiết bị, suất liều chiếu tia X được đo tại các mặt của máy khi máy phát tia X hoạt động ở công suất cực đại (cao áp 240kV, dòng phát tia 1.3mA). Thời gian phát tia của mỗi phép kiểm tra là 10 phút.



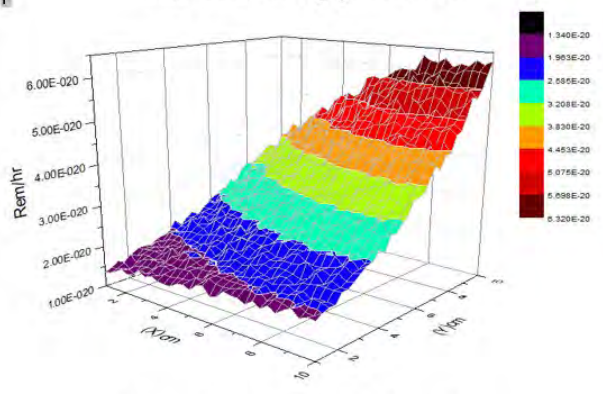
Mặt A: đối diện máy phát tia X



Mặt C: sau máy phát tia X



Mặt B: cạnh sườn buồng chụp



Mặt trên: phía trên buồng chụp

Hình 7. Phân bố liều tia X trên các mặt của hệ BKCT-01

Bảng 2. Kết quả đo đặc kích thước mẫu chuẩn bằng phương pháp CBCT so sánh với các phép đo kiểm khác

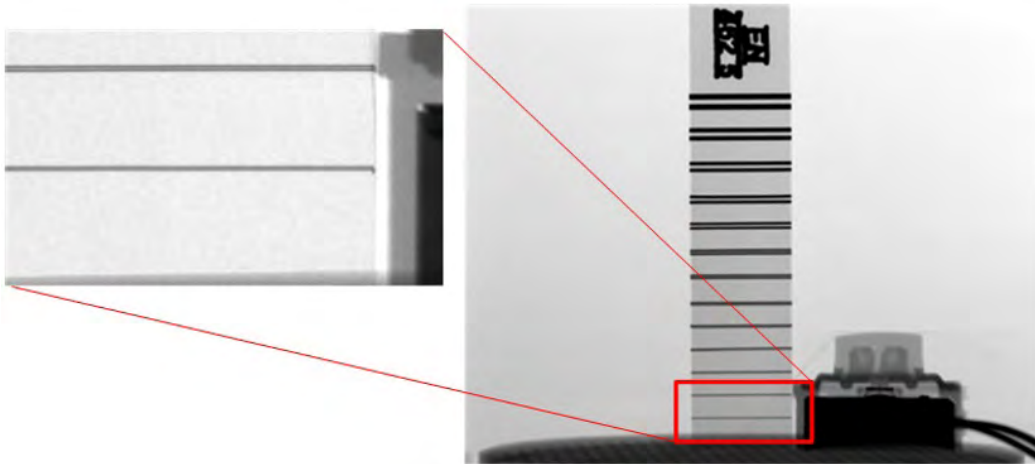
Phương pháp	h (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	h1 (mm)	h2 (mm)	T (mm)
CBCT	25.40	12.70	12.70	4.00	4.00	6.35
Thước kẹp	25.382 ±0.024	12.673 ±0.023	12.655 ±0.027	3.971 ±0.024	3.971 ±0.024	6.344 ±0.022
Đo quang	25.3863 ±0.0013	12.6637 ±0.0012	12.6383 ±0.0013	3.9574 ±0.0013	3.9845 ±0.0012	6.3456 ±0.0011
Đo tọa độ	25.392 ±0.023	12.673 ±0.023	12.643 ±0.025	3.962 ±0.024	3.991 ±0.021	6.35 ±0.022

Bảng số 2 thể hiện kết quả đo đặc các kích thước của mẫu chuẩn mô tả trên hình 4 từ hình ảnh tái tạo của hệ thiết bị BKCT-01 và so sánh với các phương pháp đo lường khác.

Hình số 9 hiển thị hình ảnh cắt lớp 2 chiều và hình ảnh tái tạo 3 chiều của vật mẫu có dạng hình

trụ, làm bằng nhựa PVC có kích thước 200 mm × 300 mm (đường kính × chiều cao).

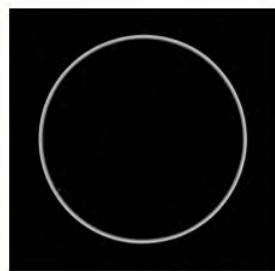
Hình 10 thể hiện hình ảnh cắt lớp của một mẫu vật thực tế là viên pin Lithium 32700. Hình ảnh tái tạo được cắt lát, biểu diễn dưới dạng ảnh màu 3 chiều thuận tiện cho việc quan sát.



Hình 8. Ảnh chụp mẫu kèm theo bộ chỉ thị hình ảnh IQI kép



a) Ảnh vật mẫu



b) Lát cắt ngang

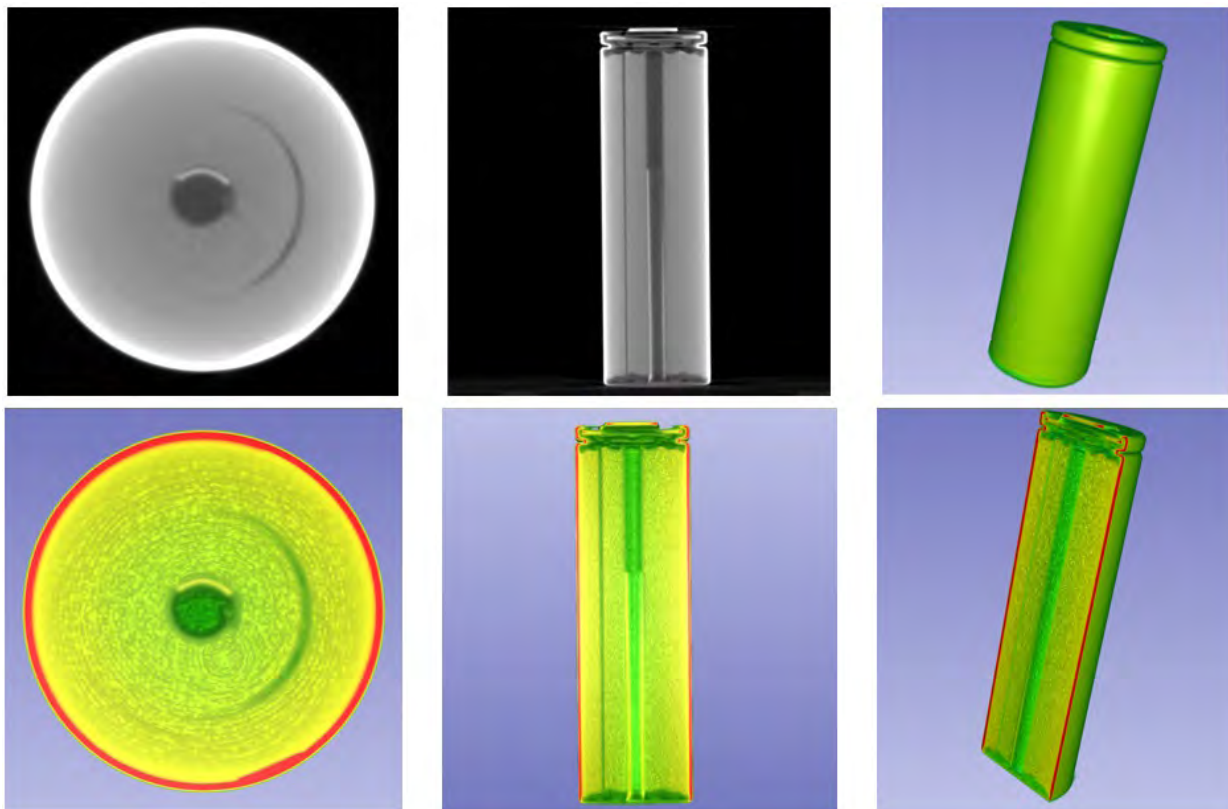


c) Lát cắt đứng



d) Ảnh tái tạo 3D

Hình 9. Mẫu ống nhựa (a) và các ảnh tái tạo 2D (b và c), 3D (d)



Hình 10. Hình ảnh tái tạo 2 chiều và 3 chiều của viên pin Lithium 32700

2.3. Thảo luận

Kết quả thể hiện trong hình 6 cho thấy rằng, phần mềm điều khiển hoạt động theo đúng chức năng được thiết kế, phần mềm có khả năng bật tắt máy phát, thay đổi liều chiếu xạ và điều khiển tấm FPD thu nhận dữ liệu theo đúng yêu cầu. Vấn đề rất quan trọng khi thiết kế, chế tạo các hệ thiết bị sử dụng nguồn bức xạ đó chính là bảo vệ an toàn cho người vận hành thiết bị. Hình 7 thể hiện kết quả đo đặc suất liều chiếu tại các mặt của hệ thiết bị. Kết quả cho thấy rằng, giá trị tương đương liều tại các vị trí cách mặt máy khoảng cách 2m đều nhỏ hơn 0.12 mSv/tuần (giới hạn thiết kế an toàn đối với nhân viên bức xạ). Như vậy khu vực giám sát cho hệ thiết bị BKVT-01 là khu vực có khoảng cách 2m tính từ mặt của hệ thiết bị.

Để đánh giá độ phân giải của hình ảnh tái tạo chúng tôi tiến hành đo đặc kích thước của mẫu chuẩn thông qua hình ảnh cắt lớp, đồng thời so sánh với các phương pháp đo kiểm khác. Kết quả từ bảng 2 chỉ ra rằng sai lệch giữa kích thước đo

bằng CBCT so với phép đo chính xác nhất là phép đo quang không vượt quá 62 μ m. Để đánh giá kỹ hơn độ phân giải không gian của hệ, chúng tôi chụp vật mẫu kèm với bộ chỉ thị ảnh dây kép EN 462-5. Kết quả từ hình 8 cho thấy rằng, người dùng có thể phân biệt rõ ràng hai cặp dây số 13 của IQI, tương ứng với độ phân giải không gian của hình ảnh thu được là 50 μ m. Để tăng độ phân giải không gian ta có thể tăng hệ số phóng đại hình ảnh Hệ BKCT-01 có thể phóng đại hình ảnh của vật mẫu lên 5 lần, như vậy ở chế độ khuếch đại lớn nhất, độ phân giải không gian của hình ảnh tái tạo có giá trị là 10 μ m, tương đương với các hệ thiết bị đo kiểm có trên thị trường.

Hình 9 thể hiện kết quả của quá trình quét và tái tạo hình ảnh cho vật mẫu có kích thước lớn, vật mẫu có dạng trụ rỗng, đường kính 200mm, chiều cao 300mm. Kích thước của vật mẫu cần chụp lớn hơn nhiều so với kích thước của tấm phim được trình bày trong bảng 1. Bằng cách quét từng phần vật mẫu, sau đó ghép cách hình chiếu con

lại thành hình chiếu hoàn chỉnh, hệ BKCT-01 có thể tái tạo được hình ảnh của vật mẫu có kích thước lớn, tuy nhiên thời gian quét các mẫu lớn này có thể lên tới 10 phút cho 1 mẫu.

Do có khả năng hiển thị được cấu trúc bên trong của vật thể nên hệ CBCT rất hữu ích trong việc kiểm tra các có cấu trúc đóng kín như pin hoặc các vật đúc. Hình 10 thể hiện hình ảnh tái tạo 2 chiều và 3 chiều của viên pin lithium 32700. Lát cắt ngang của hình ảnh tái tạo cho thấy viên pin có hiện tượng bị phồng rộp, các lớp điện cực xếp không đều, khe hở giữa các lớp điện cực không chỉ xuất hiện tại một vị trí mà còn chạy dọc theo cả thân pin như được thể hiện trong hình ảnh lát cắt dọc. Phần mềm tái tạo và hiển thị hình ảnh của hệ thiết bị BKCT-01 còn có khả năng hiển thị hình ảnh dưới dạng ảnh màu, điều này giúp cho người dùng có thể dễ dàng quan sát các bất thường xuất hiện trong đối tượng chụp.

Hiện nay, có một số phương pháp đo lường thường được sử dụng trong công nghiệp như CBCT, CMM, đo quang, đo bằng các dụng cụ thước cơ khí. CBCT sử dụng tia X có khả năng đâm xuyên qua vật thể nên nó là phương pháp duy nhất cho phép có thể đo đạc được kích thước bên trong của vật thể trong khi không phải phá hủy chúng. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các vật đúc có cấu trúc phức tạp. CBCT cũng cho phép đo đạc kích thước của các vật lắp ráp đa thành phần từ đó giám sát trực tiếp quá trình lắp ráp. Đây là một điều rất quan trọng khi mà sự sai khác về kích thước giữa các thành phần có thể phá hỏng toàn bộ quá trình lắp ráp. Hình ảnh cắt lớp CT cho thấy phân bố của mật độ của vật liệu có trong mẫu vật, do đó nó còn có khả năng đo đạc và phân tích thành phần, mật độ vật liệu và các phương pháp đo lường khác không thể thực hiện được. Chế tạo thành công hệ CBCT trong công nghiệp mở ra một thời kỳ mới trong lĩnh vực đo lường chính xác tại Việt Nam. Hiện nay tại nước ta nhu cầu đo lường chính xác ngày càng cao, các hệ CBCT thương mại cũng có mặt trên

thị trường trong nước và đang được sử dụng bởi nhiều công ty. Tuy nhiên, hiện nay, chưa có một đơn vị nào ở trong nước có khả năng hiệu chỉnh và kiểm chuẩn hệ thiết bị này. Quá trình hiệu chuẩn và kiểm định phụ thuộc vào nước ngoài do đó dẫn đến tốn kém chi phí và giới hạn khả năng ứng dụng của hệ thiết bị. Việc làm chủ kỹ thuật CBCT không những giúp chúng ta có thể nội địa hóa hệ thiết bị mà còn giúp ta có thể xây dựng các phòng hiệu chuẩn, đủ năng lực, xứng tầm với thế giới. Các phòng chuẩn này sẽ giúp cho hệ thống đo lường hiện đại CBCT ngày càng được sử dụng rộng rãi hơn, góp phần thúc đẩy công nghiệp gia công, chế tạo trong nước.

3. BÀN LUẬN

Thông qua nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã chế tạo thành công hệ thiết bị chụp ảnh cắt lớp CT sử dụng chùm tia hình nón mang tên BKCT-01. Hệ thiết bị có thể chụp các đối tượng làm bằng vật liệu nhẹ (có số nguyên tử thấp) như: nhôm, nhựa, vật liệu bán dẫn. Hệ BKCT-01 có thể được dùng để kiểm tra các sản phẩm cơ khí gia công chính xác, linh kiện, mạch điện tử hoặc các sản phẩm vật đúc từ nhôm, nhựa. Thông số kỹ thuật của hệ thiết bị được tổng kết trong bảng 3.

Thông số	Mô tả
Khoảng cách nguồn tới đầu dò	993 mm
Khoảng nguồn tới vật	841 mm
Góc quét	360°
Bước quét	0.5°
Cao áp	0 – 240 kV
Dòng phát	0 -3 mA
Độ phân giải hình ảnh tái tạo	10 – 50 μm
Kích thước vật mẫu	200mm×300mm (D×H)
Kích thước hệ (W×L×H)	100×230×200 cm ³ _{WS}

Hệ thiết bị CBCT là một hệ thống rất phức tạp, quá trình thiết kế, chế tạo hệ thống đòi hỏi sự

phối hợp chặt chẽ giữa các lĩnh vực: kỹ thuật hạt nhân, cơ khí, điều khiển và lập trình. Để thu được hình ảnh tái tạo của vật thể có chất lượng tốt, hệ cơ khí phải được thiết kế rất chính xác, cơ cấu điều khiển của hệ thiết bị có khả năng đồng bộ hóa các chuyển động, bù sai số gia công cơ khí. Đặc biệt đối với trường hợp chụp vật mẫu có kích thước lớn, tấm FPD sẽ dịch chuyển tịnh tiến để mở rộng trường chiếu. Bộ điều khiển được xây dựng với khả năng đồng bộ hóa các chuyển động này để có thể thu nhận các hình chiếu từng phần của vật thể sau đó ghép chúng lại với nhau một cách chính xác để thu được hình chiếu toàn phần của mẫu. Thời gian quét mẫu lúc này sẽ tăng lên nhiều, trên thực tế khi chụp ảnh của vật mẫu có kích thước 200mm×300mm (đường kính×chiều cao) thì thời gian quét mẫu mất khoảng 10 phút, đây là con số có thể chấp nhận được khi so sánh với các phương pháp đo kiểm khác.

Hệ thiết bị BKCT-01 có độ phân giải không gian cỡ 50 μ m ở chế độ chụp ảnh không phóng đại. Khi chụp ảnh ở chế độ phóng đại, độ phân giải không gian của hình ảnh tái tạo có thể đạt giá trị 10 μ m, tuy nhiên kích thước vật mẫu có thể chụp được sẽ nhỏ hơn năm lần so với chế độ thường. Với chất lượng hình ảnh như kể trên, hệ BKCT-01 có thể được sử dụng cho mục đích kiểm tra không phá hủy để kiểm tra chất lượng của linh kiện điện tử, mạch điện tử, chất lượng của pin. Hoặc hệ BKCT-01 cũng có thể được dùng trong lĩnh vực đo lường các linh kiện gia công cơ khí chính xác.

Trên cơ sở những thành công bước đầu, hệ thiết bị BKCT-01 có thể tiếp tục được nghiên cứu để nâng cao hơn nữa những tính năng kỹ thuật, nhằm đáp ứng tốt hơn những yêu cầu đa dạng của công nghiệp. Hướng phát triển tiếp theo có thể là sử dụng tấm FPD có tốc độ và hiệu suất lớn hơn, khảo sát kỹ hơn các hiệu ứng vật lý ảnh hưởng tới chất lượng của hình ảnh tái tạo, nghiên cứu áp dụng trí tuệ nhân tạo vào quá trình thu thập và xử lý tín hiệu nhằm có thể cải thiện chất lượng của hình ảnh, rút ngắn thời gian chụp và có

thể chụp được vật được chế tạo từ vật liệu nặng, có kích thước lớn hơn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi đề tài cấp quốc gia, mã số KC.05.18/16-20.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Jerrold T. Bushberg J. Anthony Seibert, Edwin M. Leidholdt Jr., John M. Boone. The Essential Physics of Medical Imaging, Third Edition. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer, 2012
- [2] Bartscher M, et al, Achieving Traceability of Industrial Computed Tomography. Proc. 9th Int. Symp. on Measurement and Intelligent Instruments - ISM-TII 2009, D.S. Rozhdestvensky Optical Society, vol. 1, pp. 256–261, 2009.
- [3] Bartscher, Markus, et al. Achieving Traceability of Industrial Computed Tomography. Key Engineering Materials, vol. 437, Trans Tech Publications, Ltd., May 2010, pp. 79–83. doi:10.4028/www.scientific.net/kem.437.79.
- [4] Bartscher M, et al, Dimensional Control of Technical Components with Computed Tomography. Metrology and Industry Int. Conf, 2010.
- [5] Reimers P, Goebels J, New Possibilities of Non-Destructive Evaluation by X-ray Computed Tomography. Materials Evaluation 41:732–737, 1983.
- [6] Kruth J-P, Bartscher M, Carmignato S, Schmitt R, De Chiffre L, Weckenmann A. Computed Tomography for Dimensional Metrology. CIRP Annals 60(2):821–842, 2011.
- [7] L. De Chiffre, S. Carmignato, J.-P. Kruth, R. Schmitt, A. Weckenmann. Industrial applications of computed tomography. CIRP Annals: Manufacturing Technology, p. 655-677, 0007-8506, 2014.
- [8] Duong. T. T, Ha. B. N. Evaluate image reconstruction algorithms in cone-beam computed tomography technique. Nuclear Science and Technology, Vol.9, No.4 (2019), p. 41-47.

NGHIÊN CỨU TIẾP CẬN PHƯƠNG PHÁP MÔ PHÒNG THEO NGĂN TRỘN

Trần Trọng Hiệu, Huỳnh Thị Thu Hương, Nguyễn Hữu Quang, Lê Văn Sơn
Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp (CANTI)

Phương pháp mô phỏng theo ngăn trộn (Compartment Model - CM) cho phép mô hình hóa dòng chảy của hệ thống thành các vùng một cách trực quan, trong đó mỗi vùng được đại diện bởi tổ hợp các ngăn trộn cơ bản. Việc định xứ các vùng dòng chảy thành phần, cũng như tính toán thể tích và tỷ lệ trao đổi giữa các vùng được thực hiện dựa trên trường vận tốc xác định từ mô hình mô phỏng số.

Nghiên cứu này trình bày kết quả áp dụng phương pháp CM để phân tích bể chứa cơ bản dạng gần đúng 2D, không phản ứng hóa học, có kích thước 100 cm x 100 cm x 10 cm với lưu lượng đầu vào khoảng 3 – 6 L/phút. Kết quả cho thấy mô hình CM được thiết lập có 3 vùng dòng chảy chính bao gồm vùng đối lưu, vùng tuần hoàn và vùng chảy chậm. Kết quả so sánh đường cong đáp ứng của chất đánh dấu từ mô hình CM và thực nghiệm với sai số căn quân phương trung bình dưới 0,1 cho phép xác nhận mô hình CM đã thiết lập.

1. MỞ ĐẦU

Các bể chứa được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp như xử lý nước thải, nuôi trồng thủy hải sản, hay bể hòa trộn nhiều pha. Mô hình hóa dòng chảy trong bể chứa đưa ra thông tin động học dòng chảy, vùng thể tích chết, vùng hòa trộn tối ưu sẽ cho phép dự đoán hiệu suất làm việc của hệ thống. Trong đó, phương pháp đánh dấu được đề xuất bởi Dankwert (1953) dựa trên nguyên lý kích thích – đáp ứng được biết đến như một cách tiếp cận nhằm định lượng khả năng hòa trộn của bể chứa thông qua xác định phân bố thời gian lưu (Residence Time Distribution - RTD) thực nghiệm [1]. Phân bố thời gian lưu (RTD) sau đó được tính dựa trên phân bố nồng độ chất đánh dấu đo được [2]. Levenspiel (1999) phát triển phương pháp mô hình hóa một hệ thống bằng cách kết hợp các khối dòng chảy cơ bản (dòng chảy nút, ngăn trộn lý tưởng, thể

tích chết...) đáp ứng phân bố thời gian lưu của mô hình tính được gắn với phân bố thời gian lưu thực nghiệm [3, 4]. Phương pháp mô hình tổ hợp các khối dòng chảy cơ bản có ưu điểm đơn giản, trực quan nhưng cũng bất định trong lời giải khi có thể có nhiều phương án tổ hợp có phân bố thời gian lưu tương đương nhau. Mặt khác, bản thân phương pháp cũng không xác định được các vùng chảy cụ thể trong mô hình thực.

Gần đây, phương pháp mô phỏng theo ngăn trộn (Compartmental model - CM) phân chia các vùng trong hệ thống theo các kiểu chảy cơ bản được phát triển như một bước cải tiến cho phương pháp tổ hợp của Levenspiel dựa trên việc kết hợp với phân bố trường vận tốc xác định bằng mô hình tính toán CFD. Y Le Moullec (2010) so sánh ba phương pháp mô phỏng một bể xử lý thải gồm mô phỏng CFD, mô hình CM và mô hình Continuous Stirred Tank Reactor - CRTR [5].

Delafosse và cộng sự (2010) đề xuất một mô hình CM dựa trên kết quả mô phỏng CFD về trường vận tốc trong bể sinh học. Cách tạo các ngăn từ mô phỏng CFD được thực hiện bằng chia vùng thủ công hoặc tự động [6]. Việc nghiên cứu mô hình CM để mô tả quá trình thủy động lực học trong một bể ổn định chất thải ở Cuaenda (Ecuador) cũng được thực hiện bởi Alvarado và cộng sự (2012) [7].

Như vậy, việc thiết lập các ngăn trộn là chìa khóa của phương pháp CM. Mô hình CM sau đó có thể được xác nhận thông qua so sánh phân bố thời gian lưu (RTD) của mô hình và thực nghiệm. Bài báo này trình bày kết quả xây dựng mô hình CM dựa trên CFD/RTD để phân tích bể chứa cơ bản

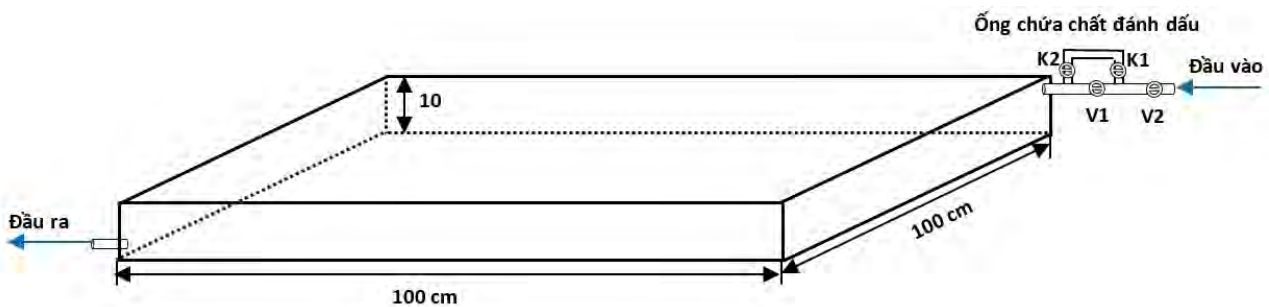
dạng gần đúng 2D, không phản ứng hóa học, có kích thước 100 cm x 100 cm x 10 cm và xác lập mối liên hệ giữa lưu lượng đầu vào với các thông số động học của các vùng chảy.

2. NỘI DUNG

2.1. Đối tượng và Phương pháp

Đối tượng

Bể chứa nghiên cứu được làm bằng mica dày 1 cm có kích thước 100 cm x 100 cm x 10 cm, tương ứng với thể tích 100 L. Đầu vào và đầu ra đặt ở hai góc chéo của bể và có đường kính trong là 4 cm. Bể chứa được minh họa như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ mô hình vật lý

trong đó V1, V2 là van điều chỉnh lưu lượng, và K1, K2 là van khóa chất đánh dấu

Tại thời điểm ban đầu, chất đánh dấu muối (NaCl) được đựng ở ống chứa chất đánh dấu có thể tích $V = 0,5L$, hai van khóa chất đánh dấu K1, K2 đóng. Dòng nước được bơm vào trong mô hình với lưu lượng được điều chỉnh bởi hai van điều chỉnh lưu lượng V1 và V2. Khi lưu lượng ổn định, đóng van V1, đồng thời mở van K1 và K2 để chất đánh dấu được bơm vào mô hình. Nồng độ chất đánh dấu muối theo thời gian được quan trắc ở đầu ra sử dụng thiết bị đo độ dẫn phòng thí nghiệm.

Thí nghiệm đánh dấu

Thí nghiệm đánh dấu được thực hiện trên mô hình vật lý với các lưu lượng nước bơm lần lượt là 3 L/phút, 4,5 L/phút và 6,0 L/phút nhằm xác định đường cong phân bố thời gian lưu (RTD) thực nghiệm.

Trong khoảng thời gian $0 \leq t \leq 5$ s, 0,5 L dung dịch muối đánh dấu NaCl có nồng độ 12,14 g/L ($D = 1000 \text{ kg/m}^3$) được bơm vào mô hình tại đầu vào. Nồng độ chất đánh dấu muối $C(t)$ được quan trắc tại đầu ra dựa trên chỉ tiêu độ dẫn bằng thiết bị HANNA HI98197 (Romania).

Theo định nghĩa, phân bố thời gian lưu (RTD) được tính [2]:

$$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt} \quad (1)$$

Tính toán động học dòng chảy (CFD)

Phân bố vận tốc theo không gian của bể thí nghiệm với các lưu lượng bơm khác nhau và đường cong phân bố thời gian lưu cũng được tính trên mô hình số tương ứng với điều kiện thí

nghiệm, sử dụng gói phần mềm hỗ trợ học thuật FLUENT (ANSYS ACADEMIC 2020 R2, Hoa Kỳ). Phần mềm có thể mô phỏng sự vận chuyển của chất đánh dấu trong bể chứa theo ba hướng tiếp cận: (1) Eulerian – Lagrangian liên quan đến việc áp dụng phương pháp Eulerian cho pha liên tục và Lagrangian cho pha phân tán; (2) Eulerian – Eulerian liên quan đến việc áp dụng phương pháp Eulerian cho các pha mà không quan tâm đến mặt tiếp xúc pha; và (3) Thể tích chất lưu (Volume of Fluid – VOF) liên quan đến việc áp dụng phương pháp Eulerian cho các pha trong đó tính toán mặt tiếp xúc pha trên cơ sở thể tích. Trong nghiên cứu này, tiếp cận dựa trên thể tích các pha (VOF) được quan tâm. Phương trình thể hiện sự vận chuyển của từng pha (nước – pha liên tục, chất đánh dấu – pha rời rạc) [8]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = \sum S_k \quad (2)$$

$$\frac{\partial (\rho v)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v v) = -\nabla \pi + \rho g + F \quad (3)$$

Với ρ và v lần lượt là khối lượng riêng và vận tốc của pha, S_k là tốc độ chuyển khối của các pha, g là gia tốc trọng trường, F là đại lượng trao đổi momen giữa các pha. Trong một đơn vị thể tích chứa nhiều hơn một chất lưu nên các phương trình trên được giải bằng cách sử dụng các tính chất của hỗn hợp chất lưu.

$$\rho = \sum \alpha_k \rho_k \quad (4)$$

Với α_k là tỷ phần thể tích của pha k trong đơn vị thể tích, được xác định bởi phương trình:

$$\frac{\partial \alpha_k}{\partial t} + (v_k \cdot \nabla) \alpha_k = S_k \quad (5)$$

Phương pháp Mô phỏng theo ngăn trộn (CM)

Phương pháp CM phân chia hệ thống thành các vùng dòng chảy với tiêu chí phân vùng dựa vào trường vận tốc của bể xác định từ CFD. Việc xây dựng mô hình CM gồm 5 bước cơ bản:

- Bước 1. Tính toán động học chất lưu xác định trường vận tốc dòng chảy

Nghiên cứu sử dụng phần mềm FLUENT để tính toán động học chất lưu, xác định trường vận tốc dòng chảy trong mô hình ứng với điều kiện thí nghiệm. Phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng để giải các phương trình liên tục và bảo toàn động lượng trong mô hình. Kích thước ô lưới là 2 cm x 2 cm x 2 cm chia mô hình thành 12500 ô lưới và mô hình rối $k - \epsilon$ tiêu chuẩn được sử dụng cho phép việc mô phỏng đạt được sự hội tụ cần thiết và cho kết quả ba thành phần vận tốc, tốc độ tiêu tán và động năng hỗn loạn trên các tọa độ ô lưới đã được thiết lập.

- Bước 2. Phân vùng dựa trên trường vận tốc dòng chảy.

Chương trình phân vùng được xây dựng trên MATLAB 2014b dựa vào trường vận tốc thu được từ kết quả mô phỏng số CFD. Thuật toán phân vùng như sau [9, 10]:

- Khởi tạo: Chọn giá trị dung sai Δv . Giá trị dung sai Δv càng nhỏ thì số vùng được tạo càng lớn. Tại thời điểm ban đầu, tất cả các ô lưới đều được định nghĩa là không thuộc bất cứ vùng nào.

- Bắt đầu tạo vùng: Chọn một ô lưới chưa thuộc bất cứ vùng nào được xem là ô hạt giống của vùng mới. Ô hạt giống này có giá trị vận tốc cao nhất được gọi là v_{seed} .

- Phát triển vùng: Xét tất cả các ô lưới chưa thuộc bất cứ vùng nào nếu ô đó có giá trị vận tốc thỏa mãn $|v - v_{seed}| < \Delta v$ thì ô đó thuộc vùng mới được tạo.

- Kết thúc: Khi vẫn còn ô chưa thuộc bất cứ vùng nào, quay lại bước Khởi tạo. Ngược lại, việc phân vùng kết thúc.

- Bước 3. Xác định thể tích và lưu lượng trao đổi của từng vùng [4].

Sau khi đã phân vùng thành công thì sự trao đổi lưu lượng giữa các vùng cần phải được tính toán. Lưu lượng trao đổi giữa 2 vùng kế nhau là tổng của lưu lượng đối lưu Q_v^{conv} và lưu lượng hỗn loạn Q_v^{turb} .

Lưu lượng đối lưu Q_v^{conv} được tính như sau:

$$Q_v^{conv} = \sum_{i=1}^N q_{iv}^{conv} = \sum_{i=1}^N S_i \cdot v_i^{conv} \quad (6)$$

Với Q_v^{conv} là lưu lượng đối lưu giữa 2 vùng liền kề, q_{iv}^{conv} là lưu lượng đối lưu giữa 2 ô lưới, S là diện tích tiếp xúc giữa 2 ô lưới, v_i^{conv} là vận tốc tại bề mặt tiếp xúc giữa 2 ô lưới của 2 vùng liền kề.

Lưu lượng hỗn loạn Q_v^{turb} được tính như sau:

$$Q_v^{turb} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\sqrt{A_i^2 + 8A_i}}{4A_i} - \frac{1}{4} \right) \cdot q_{iv}^{conv} \quad (7)$$

$$A_i = \frac{q_{iv}^{conv} \cdot \Delta x_i \cdot S_c_i \cdot \epsilon_i}{2 \cdot S_i \cdot C_\mu \cdot k_i^2} \quad (8)$$

Trong đó, Q_v^{turb} là lưu lượng hỗn loạn giữa 2 vùng liền kề, $\epsilon = 0,09$ là hằng số của mô hình rối $k - \epsilon$, k_i là hệ số động năng hỗn loạn của mỗi ô lưới, ϵ_i là tỉ lệ tiêu tán hỗn loạn của mỗi ô lưới, $S_c_i = 0,7$ là hệ số hỗn loạn Schmidt, S_i là diện tích tiếp xúc giữa 2 ô lưới của 2 vùng liền kề, i là khoảng cách giữa 2 ô lưới tính từ vị trí trung tâm mỗi ô.

- Bước 4. Thiết lập mô hình CM

Xây dựng mô hình CM gồm các ngăn tương ứng với các vùng dòng chảy dựa trên các thành phần

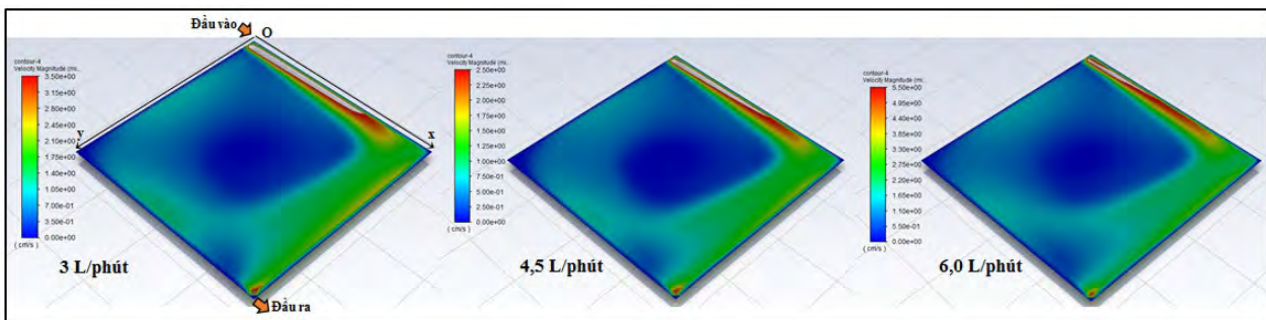
chảy cơ bản sao cho phù hợp với kết quả RTD thu được từ thí nghiệm đánh dấu bằng phần mềm Progepi RTD 4.2.1.0. Phần mềm Progepi RTD phát triển bởi Phòng thí nghiệm khoa học kỹ thuật hóa học (Pháp) được giới thiệu như công cụ hữu ích trong việc xác định các mô hình ngăn trộn trên cơ sở đặc tính dòng chảy thủy động lực học của hệ thống [2,11].

- Bước 5. Xác nhận mô hình CM dựa trên thí nghiệm đánh dấu và mô phỏng số CFD

Mô hình CM sau khi được thiết lập sẽ được xác nhận bằng cách so sánh đường cong phân bố thời gian lưu của chất đánh dấu thu được từ mô hình CM với kết quả đánh dấu thực nghiệm trên mô hình vật lý và mô phỏng số CFD.

2.2. Kết quả

Kết quả mô phỏng phân bố vận tốc theo không gian của mô hình với 3 lưu lượng bơm 3,0 L/phút, 4,5 L/phút và 6,0 L/phút được trình bày trong Hình 2. Một cách trực quan, mô hình thể hiện 3 vùng vận tốc: vùng vận tốc cao kéo dài từ đầu vào đến đầu ra, vùng vận tốc trung bình và vùng vận tốc thấp ở giữa mô hình.



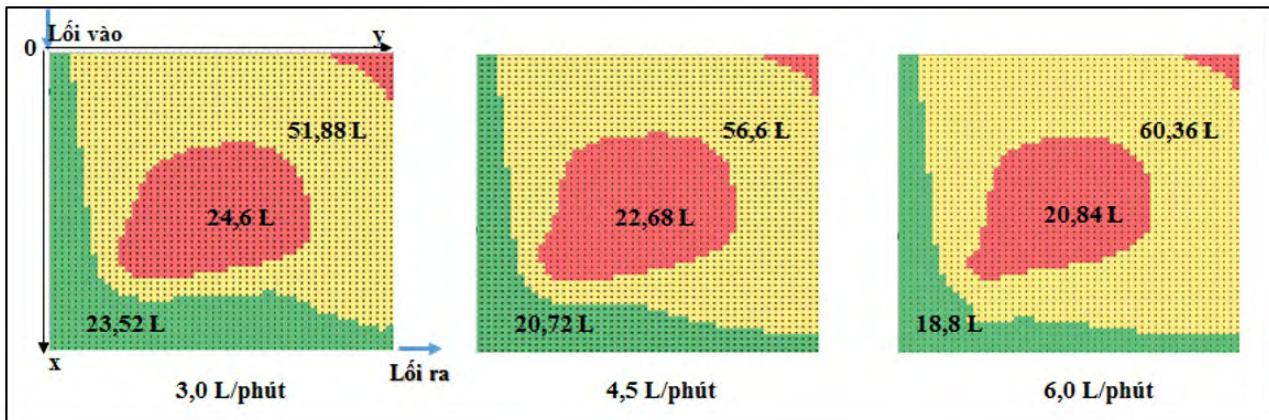
Hình 2. Phân bố vận tốc dòng chảy của mô hình với 3 lưu lượng vào ra.

Dựa vào kết quả phân bố vận tốc theo không gian, mô hình được phân vùng và tính toán các thông số thể tích cũng như lưu lượng trao đổi giữa các vùng sử dụng chương trình tính xây dựng trên MATLAB 2014b cho thấy tồn tại ba vùng chảy chính trong bể chứa gồm vùng chảy đối lưu – vùng 1 (màu xanh lá), vùng chảy tuần hoàn –

vùng 2 (màu vàng) và vùng vận tốc chậm – vùng 3 (màu đỏ) với thể tích và lưu lượng trao đổi giữa các vùng được trình bày như Hình 3 và Bảng 1.

Hình 3 cho thấy tồn tại kiểu chảy tuần hoàn bên trong mô hình. Sự kết nối giữa các vùng được minh họa như Hình 4. Vùng 1 có vận tốc cao, tương tác với vùng 2, kéo dài từ đầu vào đến đầu

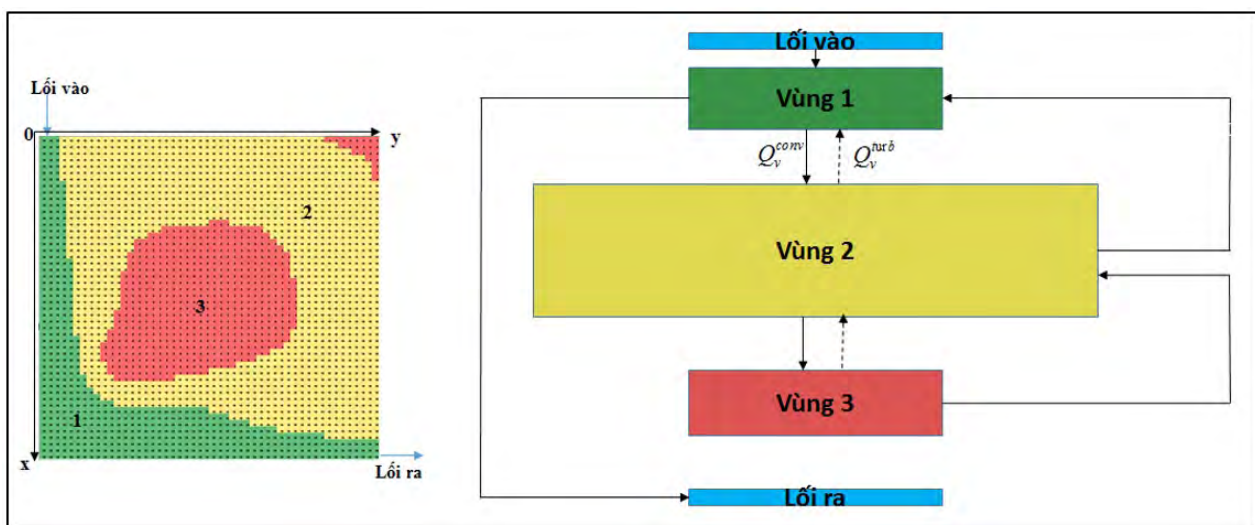
ra theo chiều dòng chảy. Vùng 2 có vận tốc trung bình, tương tác với vùng 1 và vùng 3, có xu hướng tuần hoàn trong hệ thống. Vùng 3 chỉ tương tác với vùng 2 mà không có sự tương tác với vùng 1, đây là vùng có vận tốc thấp.



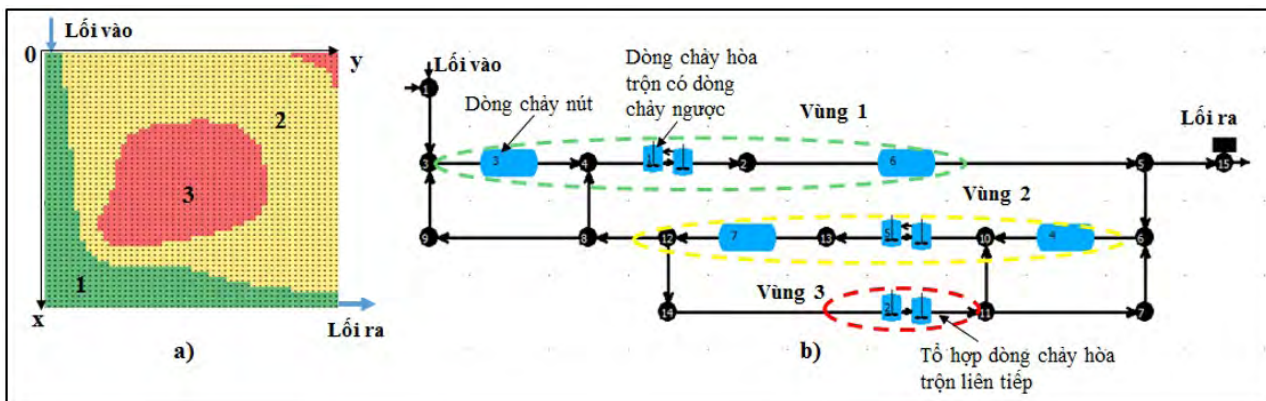
Hình 3. Phân vùng hệ thống dựa trên phân bố vận tốc của mô hình với các lưu lượng 3 L/phút, 4,5 L/phút và 6 L/phút.

Bảng 1. Thể tích và lưu lượng trao đổi giữa các vùng

Thông số	Lưu lượng bơm		
	3 L/phút	4,5 L/phút	6 L/phút
Thể tích vùng 1 (L)	23,52	20,72	18,80
Thể tích vùng 2 (L)	51,88	56,60	60,36
Thể tích vùng 3 (L)	24,60	22,68	20,84
Lưu lượng trao đổi vùng 1 – 2 (L/phút)	7,20	11,40	15,00
Lưu lượng trao đổi vùng 1 – 3 (L/phút)	0,00	0,00	0,00
Lưu lượng trao đổi vùng 2 – 3 (L/phút)	3,60	4,92	6,00



Hình 4. Minh họa sự kết nối giữa các vùng trong mô hình với lưu lượng 4.5 L/phút



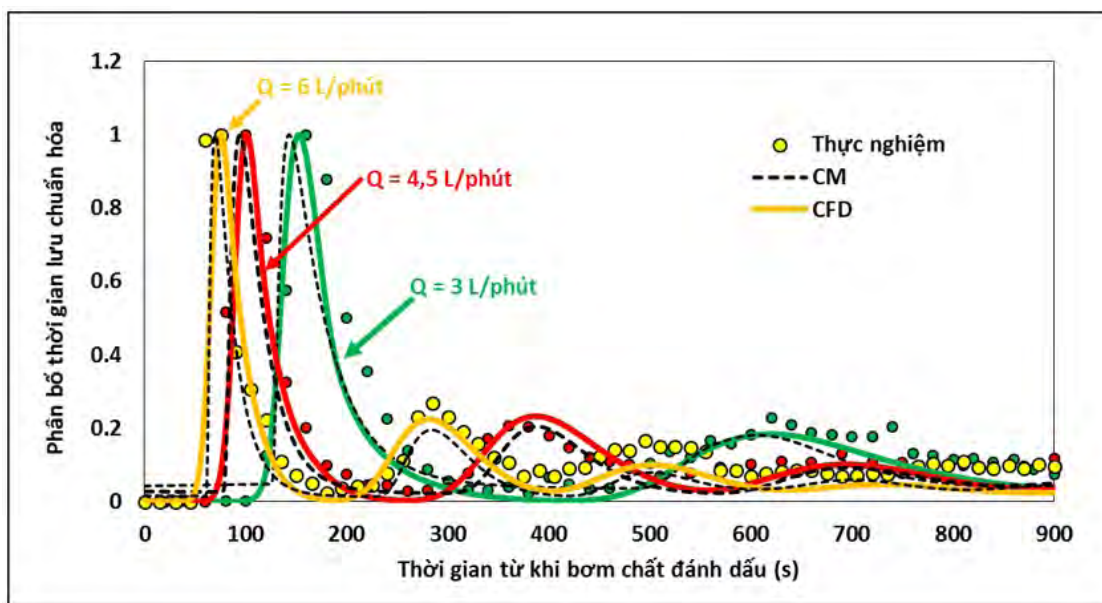
Hình 5. Phân vùng hệ thống (a) và mô hình CM (b) với lưu lượng 4.5 L/phút.

Sau khi đã có thông tin thể tích và sự kết nối giữa các vùng, mô hình mô phỏng theo ngăn trộn CM được xây dựng trên phần mềm Progepi RTD 4.2.1.0. Để áp dụng cho từng lưu lượng, thông số thể tích và lưu lượng trao đổi giữa các vùng được điều chỉnh trong mô hình.

Phân bố thời gian lưu chuẩn hóa của chất đánh dấu thu được từ mô hình CM được so sánh với kết quả từ mô phỏng số CFD và đánh dấu thực nghiệm cho thấy độ phù hợp khá tốt với sai số căn quân phương trung bình dưới 0,11 cho phép xác nhận mô hình CM. Kết quả được trình bày trong Bảng 2 và Hình 6.

Bảng 2. Sai số căn quân phương giữa số liệu phân bố thời gian lưu chuẩn hóa của chất đánh dấu trên mô hình CM với mô hình số CFD và thực nghiệm

RMSE	Lưu lượng bơm		
	3 L/phút	4,5 L/phút	6 L/phút
CM – CFD	0,04	0,04	0,05
CM – Thực nghiệm	0,1	0,08	0,11

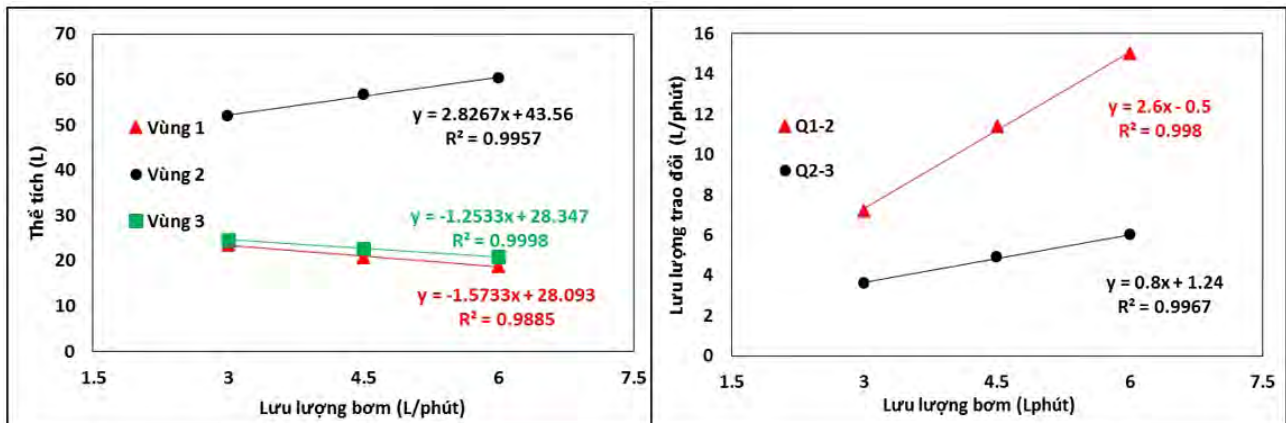


Hình 6. So sánh phân bố thời gian lưu chuẩn hóa của chất đánh dấu trên mô hình CM với mô hình số CFD và thực nghiệm với lưu lượng bơm 3 L/phút, 4,5 L/phút và 6 L/phút.

2.3. Bàn luận

Kết quả phân vùng CM và phân tích phân bố thời gian lưu (RTD) cho thấy khi bơm chất đánh dấu tại đầu vào, chất đánh dấu di chuyển đối lưu trong Vùng 1, một phần đến đầu ra, phần còn lại đi vào Vùng 2, đồng thời khuếch tán vào Vùng 3 và sau đó quay trở lại Vùng 1. Quá trình này lặp lại tạo

thành kiểu chảy tuần hoàn trong hệ thống. Kết quả là phân bố thời gian lưu của chất đánh dấu ở các lưu lượng khác nhau đều có dạng nhiều đỉnh. Rõ ràng, đỉnh phân bố đầu tiên chịu ảnh hưởng bởi quá trình đối lưu chất đánh dấu trong Vùng 1, các đỉnh còn lại là kết quả của dòng chảy tuần hoàn qua Vùng 2 và Vùng 3.



Hình 7. Tương quan giữa lưu lượng bơm và thể tích, lưu lượng trao đổi giữa các vùng chảy

Nghiên cứu đã khảo sát mối tương quan giữa lưu lượng bơm và thể tích, lưu lượng trao đổi giữa các vùng. Kết quả cho thấy có tương quan tuyến tính giữa lưu lượng bơm và thể tích, lưu lượng trao đổi giữa các vùng như minh họa trong Hình 7. Trong đó, thể tích của vùng chảy tuần hoàn (Vùng 2) cũng như lưu lượng trao đổi giữa Vùng 2-3 và Vùng 2-1 tăng theo chiều tăng của lưu lượng bơm. Do đó, khi thiết kế một bể chứa trong thực tế cần phải xác định được lưu lượng tối ưu tương ứng với kích thước bể để vùng hồi lưu có thể tích lớn nhất và giảm thiểu vùng chết đến mức thấp nhất có thể.

Nghiên cứu bước đầu cho thấy các thông số động học của mô hình CM phụ thuộc chặt chẽ vào lưu lượng chảy trong một bể chứa xác định. Do đó, ứng dụng phương pháp CM là rất khả thi trong tối ưu hóa và thiết kế hệ thống.

3. KẾT LUẬN

Báo cáo trình bày quá trình thiết lập mô hình mô

phỏng theo ngăn trộn (CM) cho bể chứa cơ bản gần với hình học 2D, có kích thước 100 cm x 100 cm x 10 cm với lưu lượng đầu vào khoảng 3 – 6 L/phút. Kết quả cho thấy mô hình CM được thiết lập có 3 vùng dòng chảy chính bao gồm vùng đối lưu, vùng tuần hoàn và vùng chảy chậm. Mô hình được xác nhận thông qua kết quả so sánh đường cong đáp ứng của chất đánh dấu từ mô hình CM với thực nghiệm với sai số căn quân phương trung bình dưới 0,11.

Kết quả khảo sát cho thấy thể tích và lưu lượng trao đổi của vùng tuần hoàn tỷ lệ thuận với lưu lượng bơm. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc tối ưu hiệu suất làm việc của hệ thống.

Các kết quả đạt được trong nghiên cứu này là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo về ứng dụng phương pháp CM trong những hệ thống có phản ứng hóa học và tính đến sự khuấy bên trong hệ thống. Trong đó, cải tiến thuật toán phân vùng và tính toán động học chất lưu là hai vấn đề cần được đầu tư nghiên cứu chuyên sâu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P.V. Danckwerts, “Continuous flow system. Distribution of Residence Times”, *Chemical Engineering Sciences*, 2, 1-13, 1953.
- [2]. International Atomic Energy Agency (2008), *Radiotracer Residence Time Distribution Method for Industrial and Environmental Applications*, IAEA, Vienna.
- [3]. Octave Levenspiel (1999), *Chemical Reaction Engineering*, 3rd Edition, John Wiley & Sons.
- [4]. Jérémie Haag, et al., “Modelling of Chemical Reactors: From Symtemic approach to Compartmental modelling”, *International Journal of Chemical Reactors Engineering*, Vol 16, Issue 8, 1-22, 2018.
- [5]. Le Moullec, et al., “Comparision of Symtemic, compartmental and CFD modelling approaches: Application to the simulation of the biological reactor of wastewater treatment”, *Chemical Engineering Sciences*, 65, 343-350, 2010.
- [6]. Delafosse, et al., “Development of a compartmental model based on CFD simulations for description of mixing in bioreactors”, *Biotechnology, Agronomi, Society and Environment*, 14, 517 - 522, 2010.
- [7]. Alvarado, et al., “A compartmental model to describe hydraulics in a full scale waste stabilization pond”, *Water Research*, 46, 521-530, 2012.
- [8]. Carl-Fredrik Mandenius, “Bioreactors: Design, Operation and Novel Applications”, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, 2016.
- [9]. Sharma, et al., “Review of CFD applications in biotechnology process”, *Biotechnology Progress*, 27(6), 1497-1510, 2011.
- [10]. Bezzo, et al., “A General Methodology for Hybrid multizonal/CFD Models: Part II” *Automatic Zoning Computation Chemical Engineering*, 28, 513-525, 2004.
- [11]. International Atomic Energy Agency, *Radiotracer technology as applied to industry*, IAEA-TEC-DOC-1262, IAEA, Vienna, 2001.

XÁC NHẬN GIÁ TRỊ SỬ DỤNG CỦA PHƯƠNG PHÁP ĐỊNH LƯỢNG VI SINH VẬT HIẾU KHÍ TRONG MẪU THỰC PHẨM CHỨC NĂNG PHỤC VỤ XÂY DỰNG PHÒNG THÍ NGHIỆM VI SINH ĐẠT TIÊU CHUẨN ISO/IEC 17025:2017 TẠI TRUNG TÂM CHIẾU XẠ HÀ NỘI

Hoàng Đăng Sáng, Trần Xuân An, Hoàng Phương Thảo, Nguyễn Văn Bính,
Nguyễn Thị Thom, Nguyễn Xuân Tùng, Trần Bằng Diệp

ISO/IEC 17025:2017 là yêu cầu chung đối với năng lực của các phòng thử nghiệm và hiệu chuẩn, là tiêu chuẩn được sử dụng nhiều nhất bởi các phòng thí nghiệm hiện nay. Với mục đích nâng cao chất lượng dịch vụ cũng như đáp ứng yêu cầu khách hàng chiếu xạ, phòng thí nghiệm vi sinh tại Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội hiện đang được xây dựng để được công nhận đạt tiêu chuẩn ISO/IEC 17025:2017 trong lĩnh vực Sinh học.

Xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp định lượng tổng số vi sinh vật hiếu khí là bước quan trọng để phòng thí nghiệm đáp ứng đầy đủ năng lực thử nghiệm theo tiêu chuẩn quốc tế này. “Phương pháp định lượng vi sinh vật. Phần 2: đếm khuẩn lạc ở 30°C bằng kỹ thuật cấy bề mặt (TCVN 4884-2: 2015)” đã được tiến hành xác nhận lại trên nền mẫu thực phẩm chức năng, các kết quả đánh giá độ lặp lại nhỏ hơn 14%, độ tái lặp nhỏ hơn 16%, độ không đảm bảo đo bằng 0,09 cho thấy phương pháp này hoàn toàn phù hợp với điều kiện phòng thí nghiệm theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia.

1. MỞ ĐẦU

Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội là một trong các đơn vị hàng đầu ở phía Bắc về dịch vụ chiếu xạ thanh khử trùng các mặt hàng nông sản, thực phẩm, thực phẩm chức năng, đông y dược,... Đối với loại hình dịch vụ này, định lượng vi sinh tạp nhiễm của sản phẩm trước và sau chiếu xạ là công việc cần thiết giúp cho việc tư vấn liều chiếu phù hợp, đảm bảo giới hạn vi sinh vật trong các mặt hàng sau xử lý ở mức cho phép. Công việc này hiện vẫn đang được tiến hành tại phòng Nghiên cứu Công nghệ Bức xạ thuộc Trung tâm. Tuy nhiên, cho tới thời điểm hiện tại phòng vẫn chưa có chứng nhận năng lực phân tích và định lượng vi sinh nên các kết quả còn thiếu tính pháp lý và chỉ có giá trị trong nội bộ trung tâm. Trong khi đó, các mặt hàng sau khi được xử lý chiếu xạ cần có chứng nhận mật độ vi sinh vật trong sản phẩm bởi đơn

vị đạt chứng nhận ISO/IEC 17025:2017, đây cũng là chứng nhận bắt buộc đối với sản phẩm đạt tiêu chuẩn vệ sinh an toàn thực phẩm cũng như đáp ứng quy định của các nhà sản xuất, các đơn vị nhập khẩu. Do vậy, xây dựng phòng thí nghiệm phân tích định lượng vi sinh đáp ứng tiêu chuẩn ISO/IEC 17025:2017 là việc làm cấp thiết đáp ứng nhu cầu khách hàng và nâng cao chất lượng dịch vụ chiếu xạ tại Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội.

Để hoàn thiện và xây dựng phòng thí nghiệm vi sinh đạt tiêu chuẩn ISO/IEC 17025:2017, ngoài các yếu tố về trình độ chuyên môn, cơ sở vật chất, thiết bị, hóa chất,... thì xác nhận lại giá trị sử dụng của phương pháp là nội dung bắt buộc phải thực hiện để phòng thí nghiệm có thể đưa một phương pháp nào đó vào sử dụng. Xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp là sự khẳng định bằng việc kiểm tra và cung cấp bằng chứng khách

quan chứng minh rằng phương pháp đó đáp ứng được yêu cầu đặt ra. Xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp có thể xuất phát từ các phương pháp tiêu chuẩn quốc gia, quốc tế, hiệp hội khoa học được chấp nhận phổ biến như TCVN, ISO, ASTM,... hoặc xuất phát từ các phương pháp không tiêu chuẩn hay phương pháp nội bộ như các phương pháp do phòng thí nghiệm xây dựng, phương pháp theo tạp chí hoặc tài liệu chuyên ngành... [1, 2, 3]. Trong bài trình bày này, nhóm tác giả sẽ xác nhận lại giá trị sử dụng của phương pháp tiêu chuẩn quốc gia TCVN 4884-2: 2015 “Phương pháp định lượng vi sinh vật. Phần 2: đếm khuẩn lạc ở 300C bằng kỹ thuật cấy bề mặt” nhằm chứng minh tính phù hợp để áp dụng cho hoạt động phân tích định lượng tổng số vi sinh vật hiếu khí trong mẫu thực phẩm chức năng tại phòng Nghiên cứu Công nghệ Bức xạ. Mặt khác, để chứng minh sự phù hợp của phương pháp tiêu chuẩn với điều kiện phòng thí nghiệm thì các thông số về độ lặp lại, độ tái lập, độ không đảm bảo đo cũng được xác định để đánh giá mức độ phù hợp của phương pháp tiêu chuẩn TCVN 4884-2: 2015 với điều kiện phòng thí nghiệm như: trang thiết bị, hóa chất, môi trường, nhân viên kiểm nghiệm,...)

Việc tiến hành nghiên cứu còn góp phần hoàn thiện quy trình thao tác chuẩn (SOP) trong phân tích định lượng tổng số vi sinh vật hiếu khí trên nền mẫu thực phẩm, thực phẩm chức năng,... giúp hoàn thiện hồ sơ kỹ thuật đăng ký công nhận VILAS từ Văn phòng công nhận chất lượng (BoA) [2, 4, 5].

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất và dụng cụ

• Dụng cụ

Tủ sấy, nồi hấp tiệt trùng, cân kỹ thuật, tủ ẩm, máy đồng nhất mẫu, máy đo pH và các dụng cụ, thiết bị cần thiết để tiến hành thử nghiệm đều phù hợp với yêu cầu của phương pháp thử.

• Hóa chất

Dịch pha loãng NaCl 0,9%.

Môi trường nuôi cấy vi sinh Plate count agar (PCA).

Môi trường nuôi cấy vi sinh Tryptone soya agar (TSA) và các hóa chất, môi trường cần thiết để tiến hành thử nghiệm đều phù hợp với yêu cầu của phương pháp thử.

• Chuẩn chuẩn

Chủng E.Coli (ATCC 25922) (được kiểm tra khả năng phát triển, tính chất sinh hóa, hình thái đều phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của chủng).

• Nền mẫu

Mẫu bột thực phẩm chức năng (bột hà thủ ô đỏ)

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Lấy mẫu và xử lý mẫu theo TCVN 11431:2016 [6]

Bảo quản vi sinh vật, pha chế, thử hiệu năng môi trường nuôi cấy theo TCVN 8128:2015- ISO 11133:2014 [7]

Định lượng vi sinh vật, đếm khuẩn lạc ở 30o C bằng kỹ thuật cấy bề mặt theo TCVN 4884-2: 2015 [8]

2.3. Các thông số nghiên cứu [3, 9, 10]

• Độ lặp lại (độ lệch chuẩn lặp lại)

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad x_i = \text{Log}_{10} (\text{CFU/g}) \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Trong đó:

n : số lần lặp lại của mỗi mẫu

CFU/g: số vi khuẩn trong 1 g sản phẩm

x_i : kết quả mỗi lần phân tích,

\bar{x} : giá trị trung bình của các x_i

• Độ tái lập ở mỗi nồng độ

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum |x_{2i} - x_{1i}|^2}{2m}}$$

$x_{1i} = \log_{10} (\text{CFU}_{\text{KNV}} \text{ thứ } 1)$; $x_{2i} = \log_{10} (\text{CFU}_{\text{KNV}} \text{ thứ } 2)$

• Độ lệch chuẩn tương đồng ở các nồng độ

$$S_R = \sqrt{S^2_{R1} + S^2_{R2} + \dots + S^2_{Rn}}$$

Với các S_R trong dấu căn bậc hai là độ lệch chuẩn tương đồng ở mỗi nồng độ

• Độ không đảm bảo mở rộng

$U = 2 \times S_R$ (hệ số phủ là 2 với mức độ tin cậy 95%)

2.4. Quy trình nghiên cứu

a. Nguyên tắc

Nền mẫu thực phẩm chức năng được bổ sung chủng chuẩn ở các nồng độ khác nhau, hai kiểm nghiệm viên (KNV) sẽ tiến hành kiểm tra định lượng đồng thời các mẫu này, kết quả định lượng của mỗi mẫu tương ứng dùng xác định độ lặp lại, độ tái lập, độ không đảm bảo đo nhằm đánh giá sự phù hợp của phương pháp với điều kiện phòng thí nghiệm.

b. Nền mẫu thêm chủng chuẩn

• Kiểm tra nền mẫu trước khi gây nhiễm

Nền mẫu trước khi gây nhiễm đều được phân tích, mỗi mẫu thực hiện lặp lại 3 lần và kết quả đều không phát hiện vi khuẩn cần phê duyệt.

• Xác định mật độ gây nhiễm

- Chủng được nuôi cấy qua đêm trong thạch TSA, sau đó chuyển 10 khuẩn lạc sang canh thang đệm pepton. Pha loãng canh thang đến nồng độ thích hợp.

- Chủng được xác định mật độ và pha loãng ở 3 nồng độ: $1,0 \times 10^1$, $1,0 \times 10^2$; $1,0 \times 10^3$ (CFU/ml).

• Chuẩn bị mẫu

Mỗi nền mẫu chia 50 phần, mỗi phần 10 g.

Trong đó:

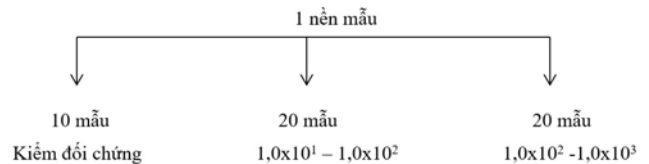
- 10 mẫu đối chứng: không thêm chủng, mỗi KNV làm 5 mẫu.

- 20 mẫu tiếp theo mỗi mẫu thêm $1,0 \times 10^1$ -

$1,0 \times 10^2$ (CFU/ml), mỗi KNV làm 10 mẫu.

- 20 mẫu cuối mỗi mẫu thêm $1,0 \times 10^2$ - $1,0 \times 10^3$ (CFU/ml), mỗi KNV làm 10 mẫu.

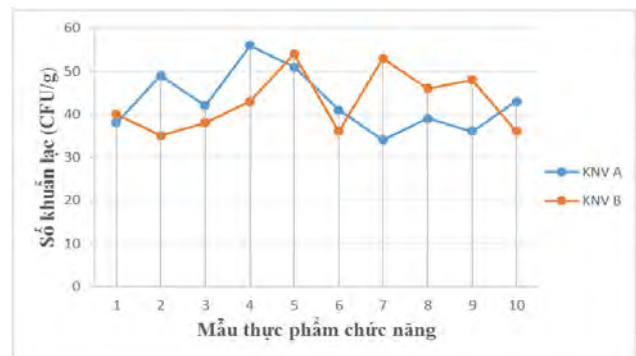
Quá trình chuẩn bị mẫu được tóm tắt theo sơ đồ sau:



3. KẾT QUẢ

Với mẫu đối chứng, hai KNV mỗi người kiểm tra 5 mẫu. Kết quả cho thấy tất cả 10 mẫu đối chứng đều không phát hiện sự có mặt của vi sinh vật hiếu khí. Như vậy nền mẫu thực phẩm chức năng sử dụng không phát hiện sự tồn tại của vi sinh vật hiếu khí (với giới hạn phát hiện ≥ 10) phù hợp cho các thử nghiệm đánh giá tiếp theo.

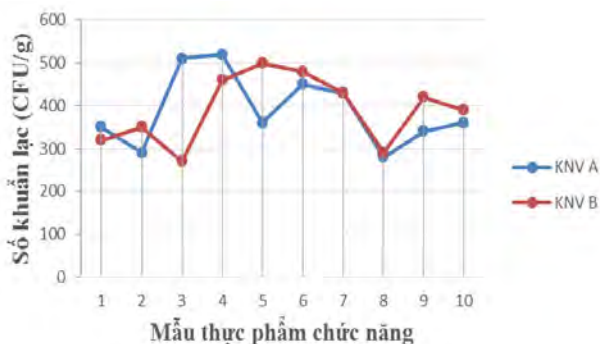
Hình 1 và hình 2 là kết quả thu được với các mẫu đã thêm chủng chuẩn được thực hiện bởi hai KNV.



Hình 1. Kết quả định lượng 10 mẫu thực phẩm chức năng của mỗi KNV (có bổ sung chủng chuẩn nồng độ 10^1 - 10^2 CFU/ml)

Hình 1 thể hiện kết quả định lượng của hai KNV trên 20 mẫu với nồng độ chủng chuẩn được thêm $1,0 \times 10^1$ - $1,0 \times 10^2$ (CFU/ml). Kết quả định lượng của KNV A cho thấy số lượng vi khuẩn tính trên nền mẫu dao động từ $3,4 \times 10^1$ đến $5,6 \times 10^1$ (CFU/g), ở KNV B kết quả trong khoảng từ $3,6 \times 10^1$ đến $5,4 \times 10^1$ (CFU/g). Các kết quả này là phù

hợp với số lượng chủng được thêm vào. Tương tự, ở 10 mẫu có nồng độ chủng được thêm $1,0 \times 10^2 - 1,0 \times 10^3$ (CFU/ml) các kết quả định lượng của hai KNV dao động từ $2,7 \times 10^2$ đến $5,2 \times 10^2$ (CFU/g) (hình 2).



Hình 2. Kết quả định lượng 10 mẫu thực phẩm chức năng của mỗi KNV (có bổ sung chủng chuẩn nồng độ 10^2-10^3 CFU/ml)

Kết quả từ hình 1 và hình 2 cho thấy cả hai KNV đã định lượng tương đối chính xác và phù hợp với nồng độ chủng chuẩn được thêm vào nền mẫu. Tuy nhiên, số liệu giữa các lần phân tích của mỗi KNV vẫn có sự sai khác dù không đáng kể. Điều

này có thể giải thích do ảnh hưởng bởi những yếu tố liên quan đến kỹ thuật, dụng cụ, điều kiện môi trường...

Để chứng minh phương pháp tiêu chuẩn đã thực hiện là phù hợp với điều kiện phòng thí nghiệm thì các thông số về độ lặp lại của mỗi KNV, độ tái lập, độ không đảm bảo đo được xác định và được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1 cho thấy, các kết quả định lượng của hai KNV khá tương đồng và các tiêu chí của phòng thí nghiệm thỏa mãn các yêu cầu của tiêu chuẩn quốc gia. Ngoài ra, các giá trị như độ lặp lại, độ tái lập, độ không đảm bảo đo được tính toán dựa trên kết quả định lượng thu được đều phù hợp với các tiêu chí đánh giá của quy chuẩn kỹ thuật quốc gia cũng như tiêu chí của phòng thí nghiệm công bố (bảng 2).

Căn cứ vào các điều kiện cơ bản để áp dụng phương pháp của phòng thí nghiệm, kết quả thử nghiệm về độ lặp lại và độ tái lập thu được ở trên phù hợp với tiêu chuẩn cho chỉ tiêu tổng số vi

Bảng 1. Các thông số xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp định lượng tổng số vi sinh vật hiếu khí trên nền mẫu thực phẩm chức năng

Nồng độ chủng chuẩn (CFU/ml)	10^1-10^2			10^2-10^3		
	S_{r1}	S_{r2}	S_R	S_{r1}	S_{r2}	S_R
Độ lặp lại (S_r) của hai KNV và độ tái lập (S_R)	0,0692	0,0704	0,0723	0,0938	0,0936	0,0769
Độ không đảm bảo đo (U)	0,0889			0,0596		

Bảng 2. Các tiêu chí công bố của phòng thí nghiệm trong xác nhận lại giá trị sử dụng của phương pháp định lượng tổng số vi sinh vật hiếu khí trên nền mẫu thực phẩm chức năng

TT	Thông số đánh giá	Tiêu chí	Kết quả	Công bố tiêu chí của PTN
1	Độ lặp lại	0,14	0,0938	$S_r \leq 0,14$
2	Độ tái lập	0,16	0,0936	$S_R \leq 0,16$
3	Độ không đảm bảo đo	/	0,0889	$U = 0,09$

khuẩn hiếu khí- kỹ thuật đếm khuẩn lạc ở 30° bằng kỹ thuật cấy bề mặt theo TCVN 4884-2:2015 trên nền mẫu thực phẩm chức năng [8, 11].

3. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã hoàn thành việc xác nhận lại giá trị sử dụng của phương pháp định lượng tổng số vi sinh vật hiếu khí theo phương pháp tiêu chuẩn TCVN 4884-2:2015 trên nền mẫu thực phẩm chức năng, kết quả cho thấy phương pháp sử dụng hoàn toàn phù hợp với điều kiện phòng thí nghiệm, trên hệ thống máy móc, vật tư, hóa chất, môi trường và con người hiện tại. Nghiên cứu này giúp cho việc hoàn thiện hồ sơ kỹ thuật để xin công nhận ISO 17025:2017 cho phòng Nghiên cứu công nghệ bức xạ - Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN ISO/IEC 17025:2007 (ISO/IEC 17025:2005). Yêu cầu chung về năng lực của phòng thử nghiệm và hiệu chuẩn.
2. Nghị định 107/2016/NĐ-CP. Qui định về điều kiện kinh doanh dịch vụ đánh giá sự phù hợp.
3. Trần Thị Kim Chung và cộng sự (2019). Nghiên cứu thẩm định các chỉ tiêu an toàn vi sinh đăng ký công nhận ISO 17025 tại labo trung tâm năm 2019. Tạp chí Nghiên cứu Y học, 129 (5), 112-120.
4. QCVN 8-3: 2012/BYT. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với ô nhiễm vi sinh vật trong thực phẩm.
5. Complying with ISO 17025. A practical guide-book for meeting the requirements of laboratory accreditation schemes based on ISO 17025:2005 or equivalent national standards, United nations industrial development organization, Vienna, 2009.
6. TCVN 12365-1:2018 (ISO 16140-1:2016). Vi sinh vật trong chuỗi thực phẩm - xác nhận giá trị sử dụng phương pháp - phần 1: thuật ngữ và định nghĩa.
7. TCVN 8128:2015 (ISO 11133:2014). Vi sinh vật trong thực phẩm, thức ăn chăn nuôi và nước - chuẩn bị, sản xuất, bảo quản và thử hiệu năng của môi trường nuôi cấy.
8. TCVN 4884-2:2015. Vi sinh vật trong chuỗi thực phẩm - phương pháp định lượng vi sinh vật phần 1: đếm khuẩn lạc ở 30oC bằng kỹ thuật cấy bề mặt.
9. TCVN 12365-1:2018 (ISO 16140-1:2016). Vi sinh vật trong chuỗi thực phẩm - xác nhận giá trị sử dụng phương pháp - phần 1: thuật ngữ và định nghĩa.
10. Trần Cao Sơn, Phạm Xuân Đà, Lê Thị Hồng Hỏa, Nguyễn Thành Trung, Phạm Gia Huệ. Thẩm định phương pháp trong phân tích hóa học và vi sinh vật. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật Hà Nội 2010.
11. Trần Linh Thuộc. Phương pháp phân tích vi sinh vật trong thực phẩm và mỹ phẩm. Nhà xuất bản giáo dục 2006.