

Nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm hệ ghi nhận ảnh bức xạ kỹ thuật số bằng phương pháp huỳnh quang

Trần Đăng Mạnh*, Trần Văn Tuyển, Vũ Tiến Hà

Trung tâm Đánh giá không phá hủy, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam

Ngày nhận bài 26.8.2015, ngày chuyển phản biện 28.8.2015, ngày nhận phản biện 16.10.2015, ngày chấp nhận đăng 26.10.2015

Công nghệ huỳnh quang từ lâu đã được sử dụng để soi chiếu kiểm tra bằng tia X cho các đối tượng trong y tế, công nghiệp. Với sự phát triển của công nghệ thông tin và kỹ thuật số, các phép chiếu huỳnh quang ngày nay có thể số hóa để tạo ra phương pháp chụp ảnh bức xạ kỹ thuật số. Nghiên cứu này đề cập đến việc thiết kế chế tạo và thử nghiệm hệ ghi nhận ảnh bức xạ kỹ thuật số bằng phương pháp huỳnh quang dựa trên các thiết bị và vật tư sẵn có nhưng chưa từng được dùng cho mục đích này, sau đó đánh giá khả năng đáp ứng của hệ khi đưa vào sử dụng dựa theo các yêu cầu của tiêu chuẩn ASTM E2597 (Standard Practice for Manufacturing Characterization of Digital Detector Arrays) bao gồm độ phân giải không gian, tỷ lệ tín hiệu - nhiễu, hiệu suất, độ nhạy tương phản và dải bề dày đặc trưng của vật liệu [1]. Trong quá trình đánh giá các đặc tính kỹ thuật, nhóm nghiên cứu đồng thời cũng xây dựng được các đường cong đặc trưng tương ứng của hệ thiết bị.

Từ khóa: huỳnh quang kỹ thuật số, nhiễu, số hóa, tỷ lệ tương phản - nhiễu.

Chỉ số phân loại 2.3

Researching and testing the digital fluoroscopic system for industrial radiography

Summary

Fluorescence technology has long been used for screening X-ray to test subjects in medical and industrial sectors. With the development of technology, fluorescent images can now be digitized to create imaging digital radiation. This study aims to create a successful prototype of radiation imaging systems and digital fluorescence test to assess a number of technical characteristics according to ASTM E2597, including spatial resolution, signal-noise ratio, efficiency, contrast sensitivity and specific thickness range of the material [1]. In the process of evaluating these technical characteristics, the team has also built the corresponding characteristic curves of the device system.

Keywords: contrast-to-noise ratio, digital fluoroscopic, digitization, noise.

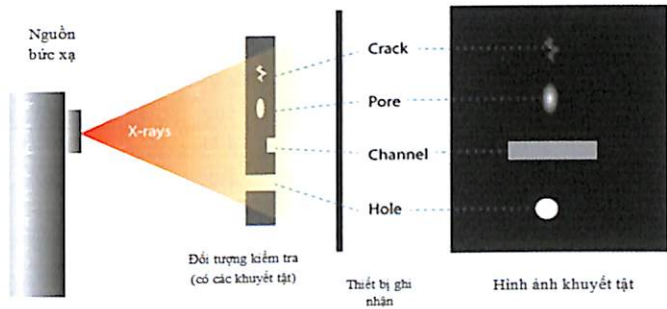
Classification number 2.3

Đặt vấn đề

Kỹ thuật chụp ảnh phóng xạ trong công nghiệp (RT) là một trong những phương pháp kiểm tra không phá hủy (NDT) được sử dụng phổ biến để kiểm soát chất lượng do khả năng phát hiện vị trí và kích thước của các khuyết tật bên trong nhiều đối tượng khác nhau như: mối hàn, vật đúc, vật cán, vật rèn, bo mạch điện tử, composite, bê tông, gỗ... Các ưu điểm vượt trội của phương pháp này là kiểm tra nhanh, độ chính xác cao, ít ảnh hưởng đến quá trình sản xuất; kiểm tra được nhiều loại đối tượng có hình dạng phức tạp, các vị trí không thể tiếp xúc trực tiếp; kết quả kiểm tra có thể lưu lại lâu dài [2]. Nguyên lý của phương pháp này là sử dụng chùm tia bức xạ (phát ra từ máy phát tia X hoặc các nguồn phóng xạ) chiếu vào đối tượng cần kiểm tra, loại tia này có khả năng đâm xuyên mạnh và gây ion hóa môi trường mà nó đi qua. Do bị ion hóa mà năng lượng và cường độ chùm tia bị suy giảm, mức độ suy giảm chủ yếu phụ thuộc vào bản chất của vật chất cấu thành môi trường mà bức xạ đi qua (mật độ, nguyên tử khối...). Chùm tia đi vào đối tượng được coi là đồng nhất, nếu trong đối tượng kiểm tra tồn tại các vùng có sự khác biệt về vật chất sẽ dẫn đến

*Tác giả liên hệ: dangmanhus@yahoo.com

sự khác biệt về năng lượng và cường độ của chùm tia đi ra. Sử dụng thiết bị có khả năng ghi nhận sự khác biệt này sẽ có được thông tin phản ánh cấu trúc bên trong đối tượng kiểm tra, thông tin thường được biểu diễn dưới dạng hình ảnh (hình 1).

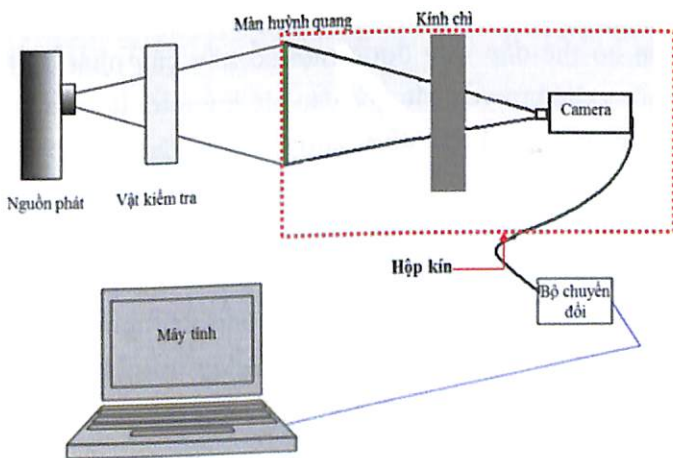


Hình 1: nguyên lý của phương pháp RT

Phương pháp ghi nhận ảnh chụp bức xạ truyền thống vẫn được sử dụng phổ biến hiện nay là dùng phim X-quang. Tuy nhiên, các hạn chế cơ bản của việc sử dụng phim truyền thống là: phim X-quang không thể tái sử dụng, phải có cơ sở hạ tầng lớn để xử lý và lưu trữ phim sau chụp, việc xử lý phim đòi hỏi sử dụng hóa chất độc hại, hình ảnh trên phim bị hỏng theo thời gian, việc giải đoán ảnh trên phim phụ thuộc nhiều vào yếu tố chủ quan của con người và khó khăn trong việc tự động hóa công việc. Với sự tiến bộ của khoa học, các hạn chế nêu trên đã được giải quyết khi sử dụng các công nghệ ghi nhận và giải đoán ảnh chụp bức xạ kỹ thuật số.

Thiết kế, chế tạo hệ thiết bị

Trên cơ sở nghiên cứu các yêu cầu đối với hệ chụp ảnh bức xạ huỳnh quang kỹ thuật số, chúng tôi đã thiết kế, chế tạo và lắp ráp các khối chức năng cấu thành hệ ghi nhận ảnh chụp bức xạ gồm các khối cơ bản được miêu tả ở hình 2.



Hình 2: sơ đồ khối của hệ ghi nhận ảnh chụp bức xạ huỳnh quang kỹ thuật số

Vỏ thiết bị: chế tạo bằng hợp kim nhôm, có tác dụng chứa và bảo vệ toàn bộ các khối chức năng còn lại. Một số vị trí được gia cố che chắn bằng chì để cản tia bức xạ tác động đến các khối chức năng bên trong.

Khối ghi nhận tia bức xạ: bao gồm màn huỳnh quang có tác dụng chuyển đổi tia bức xạ thành ánh sáng nhìn thấy, loại màn vẫn thường được sử dụng trong bìa tăng quang để chụp ảnh phóng xạ. Phía sau là một camera CCD có kích thước tấm cảm biến rộng nhằm làm giảm khoảng cách giữa camera và màn huỳnh quang để giảm tổn thất tín hiệu. Giữa màn huỳnh quang và camera là tấm gương phản xạ để chuyển hướng ánh sáng lệch đi 90° so với chùm tia bức xạ để tránh tia bức xạ trực tiếp đến camera sẽ làm hỏng camera, gương phản xạ ở bề mặt thứ nhất để loại bỏ hiện tượng nhòe ảnh do khúc xạ ánh sáng khi đi qua hai mặt phản xạ gần nhau. Phía trước ngay sát camera có thể đặt tăng cường thêm tấm kính chì vuông góc với chùm sáng đến camera để hấp thụ tia tán xạ không cho đến camera, do các tia tán xạ này sẽ tác động vào tấm cảm biến của camera tạo ra tín hiệu nhiễu trên ảnh ghi nhận được.

Khối kết nối và điều khiển: đặc thù cơ bản của hệ ghi nhận ảnh chụp bức xạ kỹ thuật số là tín hiệu bức xạ đi ra từ đối tượng kiểm tra được ghi nhận và chuyển đổi thành tín hiệu số để đưa vào máy tính, trong máy tính được cài đặt phần mềm tương thích để ghi nhận tín hiệu. Bản chất hình ảnh gốc ghi nhận bởi camera CCD theo phần mềm của nhà sản xuất không đủ chất lượng (tỷ số tín hiệu/nhiều thấp cỡ vài chục) để đáp ứng yêu cầu trong chụp ảnh bức xạ công nghiệp, do vậy khối chức năng này có tác dụng điều khiển hoạt động của camera, kết nối đưa tín hiệu vào máy tính và kết hợp với phần mềm ghi nhận ảnh áp dụng thuật toán “cộng” ảnh để tạo ra ảnh đen trắng đạt 16 bit và tỷ lệ tín hiệu/nhiều (cỡ hàng trăm) cao gấp nhiều lần so với ảnh gốc. Khối chức năng này phù hợp với yêu cầu của tiêu chuẩn ASTM E2339 (Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation - DICONDE) [3].

Để đánh giá các thông số kỹ thuật của thiết bị chế tạo ra hiện nay chưa có tiêu chuẩn áp dụng cho đối tượng huỳnh quang kỹ thuật số, tuy nhiên có thể sử dụng tiêu chuẩn ASTM E2597/2597M-2014 là tiêu chuẩn để đánh giá các thiết bị ghi nhận ảnh chụp bức xạ kỹ thuật số dùng detector số hóa dạng dây (còn gọi là kỹ thuật DDA), trong đó có các thông số quan trọng cần đo đối với hệ huỳnh quang kỹ thuật số là: độ phân giải không gian cơ bản nội suy của detector (iSRB^{detector}),

tỷ số tín hiệu - nhiễu của detector (dSNRn) và hiệu suất của detector (dSNRn tại mức liều chiếu 1 mGy), tỷ số tương phản - nhiễu (CNR), độ nhạy tương phản đạt được (CSa) và dải bề dày đặc trưng của vật liệu (STMR).

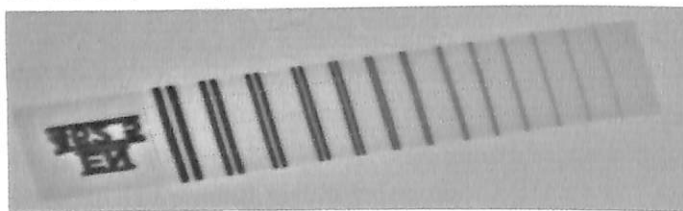
Các trang thiết bị và dụng cụ được sử dụng cho mục đích kiểm tra, đánh giá các thông số, đặc tính kỹ thuật và xây dựng các đường cong đặc trưng của thiết bị [1] bao gồm: máy phát tia X có điện áp cực đại 300 kV; IQI duplex theo tiêu chuẩn ASTM E2002; IQI dây theo tiêu chuẩn ASTM E747-04; buồng ion hóa đo liều và suất liều của máy phát; các loại phin lọc bằng vật liệu: nhôm (30 mm, 40 mm), đồng (0,5 mm, 3 mm, 8 mm, 16 mm) và thép (10 mm); mẫu bậc theo tiêu chuẩn ASTM E2597; mẫu chuẩn phục vụ đào tạo RT (bộ KIT) theo tiêu chuẩn ASTM; bộ chuẩn trực chùm tia bằng kim loại chì.

Kết quả và thảo luận

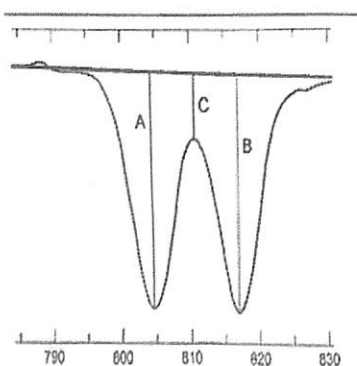
Phần chiếu chụp thực nghiệm gồm 2 nội dung chính là: chiếu chụp thực nghiệm để phân tích, đánh giá chất lượng hệ huỳnh quang kỹ thuật số dựa theo tiêu chuẩn ASTM E2597; chiếu chụp thực nghiệm mẫu chuẩn sẵn có tại Trung tâm Đánh giá không phá hủy để phân tích kết quả, đánh giá và so sánh kết quả với phương pháp dùng phim truyền thống.

Đo độ phân giải không gian cơ bản nội suy của thiết bị (iSRb^{detector})

Từ ảnh chụp IQI duplex và sử dụng phần mềm phân tích, giải đoán ảnh để tính toán giá trị iSRb^{detector}, chúng tôi thu được kết quả như hình 3.



3a: ảnh chụp IQI duplex



3b: ảnh phóng đại tín hiệu của một cặp dây IQI để đo tín hiệu và tính % chiều sâu của tín hiệu vùng khoảng cách hai dây. % chiều sâu = $100 \cdot \frac{(A+B-2C)}{A+B}$ (1)

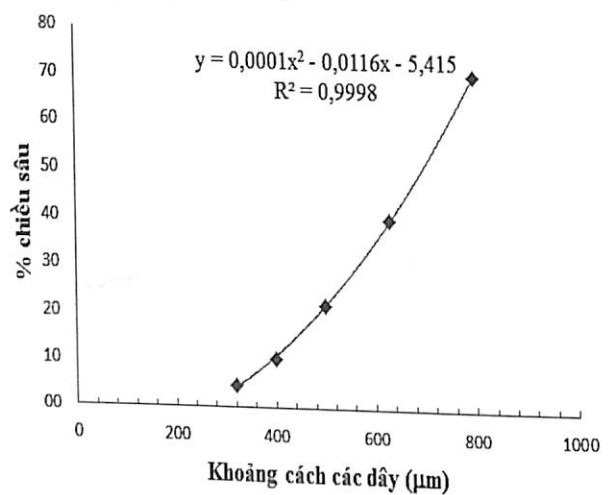
Hình 3: ảnh chụp IQI và cách tính % chiều sâu của tín hiệu khoảng cách hai dây IQI

Thực hiện các phép đo % chiều sâu tín hiệu cho từng cặp dây và áp dụng công thức (1) ta thu được số liệu tổng hợp trong bảng 1.

Bảng 1: bảng số liệu đo % chiều sâu của hệ huỳnh quang

Dây số	A	B	C	Khoảng cách các dây (µm)	% chiều sâu
1	18217	18284	30996	800	69,84
2	21881	21661	30484	630	40,02
3	25616	25401	31104	500	21,94
4	28687	27938	31292	400	10,52
5	30817	31073	32414	320	4,75

Từ số liệu thu được ở trên, xây dựng đồ thị mô tả sự tương quan của % chiều sâu rãnh với khoảng cách các dây kép trong IQI (hình 4).



Hình 4: đồ thị iSRb^{detector} của hệ huỳnh quang

Từ hàm hồi quy thu được, thay giá trị % chiều sâu là 20% ta tính được giá trị iSRb^{detector} là ~ 488 µm. Giá trị này so sánh với giá trị nêu trong bảng 2 của tiêu chuẩn ASTM E2597 sẽ tương ứng với mức chất lượng 3. Đây là mức chất lượng ở dải thấp, nhưng không phải là thấp nhất. Điều đó chứng tỏ, thiết bị huỳnh quang vẫn có thể đáp ứng được một số nhu cầu nhất định, không đòi hỏi yêu cầu quá cao khi kiểm tra RT với các đối tượng đặc biệt. Về lý thuyết, độ phân giải không gian của thiết bị này hoàn toàn có thể tăng lên trong trường hợp sử dụng màn huỳnh quang có bề dày mỏng hơn, bởi vì độ nhòe cố hữu của màn huỳnh quang phụ thuộc vào bề dày của chúng. Trong thí nghiệm này, màn huỳnh quang sử dụng có bề dày trung bình trên 400 µm, do hạn chế về kinh phí mua sắm vật tư nên chưa thử nghiệm được đối với các màn huỳnh quang có bề dày khác nhau.

Đo tỷ số tín hiệu - nhiễu (SNR) và hiệu suất của thiết bị (dSNR_n) ở liều chiếu 1 mGy)

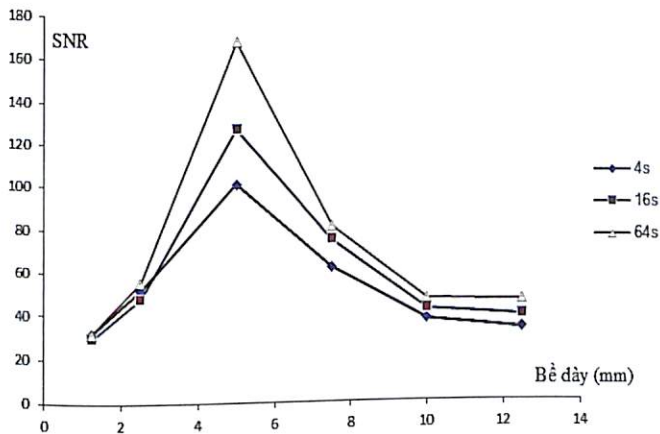
Đo tỷ số tín hiệu - nhiễu SNR:

Từ ảnh chụp mẫu bậc bằng thép có bề dày khác nhau với thời gian chụp tương ứng là 4s, 16s, 64s. Sử dụng phần mềm phân tích và giải đoán ảnh, ta đo giá trị SNR trên từng bậc ở mỗi ảnh và kết quả được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2: số liệu đo giá trị SNR theo bề dày thép chụp ở 160 kV-5 mA với các thời gian khác nhau tương ứng 4s, 16s, 64s

Bề dày (mm)	SNR		
	4s	16s	64s
1,25	32	30	32
2,5	52	48	56
5,0	101	127	168
7,5	62	75	81
10,0	37	42	47
12,5	33	39	46

Từ số liệu đo được ở trên, ta vẽ được đồ thị minh họa mối quan hệ giữa SNR và bề dày vật liệu (hình 5).



Hình 5: đồ thị SNR theo bề dày vật liệu Fe - 160 kV-5 mA

Đồ thị cho thấy, giá trị SNR cao nhất ở bề dày khoảng 5 mm đối với thép. Kết quả này phù hợp với kết quả tính SMTR ở phần sau. Điều đó chứng tỏ kết quả phép đo trong thực nghiệm có độ lặp lại trong các chế độ chiếu chụp khác nhau.

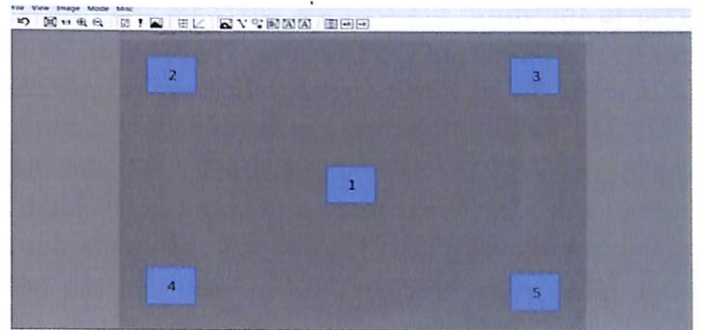
Đo hiệu suất của thiết bị dSNR_n:

Trước tiên, ta đo suất liều nhận được bởi máy phát tia X ở khoảng cách 1,2 m có tấm lọc với từng kV khác nhau. Suất liều nhận được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3: số liệu đo suất liều của thiết bị X-ray

STT	Điện áp (kV)	Dòng phát (mA)	Suất liều (mGy/h)	Khoảng cách (mm)	Phin lọc
1	160	5	81,0	1200	10 mm Fe
2	220	5	129,8	1200	8 mm Cu

Trên cơ sở suất liều nhận được với mỗi phép chụp, ta thu được các ảnh tương ứng với liều chiếu, sau đó sử dụng phần mềm phân tích đo đạc trên 5 vùng của mỗi bức ảnh (xem hình 6).



Hình 6: chọn 5 vùng của ảnh chụp bằng hệ huỳnh quang để đo giá trị độ xám và nhiễu ở các vùng

Hiệu suất của thiết bị - dSNR_n ở 220 kV và 160 kV theo các liều chiếu khác nhau được thể hiện trong hai bảng 4 và 5.

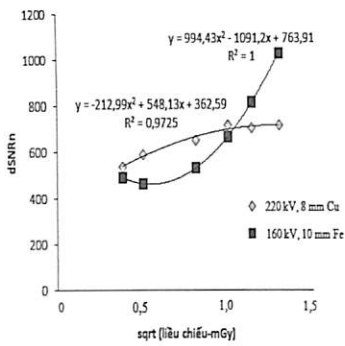
Bảng 4: số liệu dSNR_n ở 220 kV, dùng phin lọc 8 mm Cu của hệ huỳnh quang

Tên ảnh	dSNR _n					Trung bình	Căn bậc 2 liều chiếu
	Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3	Vùng 4	Vùng 5		
Ảnh 1	1423,28	471,50	387,43	256,36	143,37	536,39	0,38
Ảnh 2	1679,62	504,33	384,89	258,55	132,82	592,04	0,50
Ảnh 3	1995,21	481,56	395,64	254,84	126,50	650,75	0,81
Ảnh 4	2257,01	504,55	410,62	269,00	141,62	716,56	1,00
Ảnh 5	2214,78	497,90	396,18	264,75	140,79	702,88	1,14

Bảng 5: số liệu dSNR_n ở 160 kV, dùng phin lọc 10 mm Fe của hệ huỳnh quang

Tên ảnh	dSNR _n					Trung bình	Căn bậc 2 liều chiếu
	Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3	Vùng 4	Vùng 5		
Ảnh 1	1215,66	489,01	376,58	245,52	123,84	490,12	0,30
Ảnh 2	1406,28	481,52	378,22	254,13	126,63	529,35	0,50
Ảnh 3	1746,68	512,27	403,24	256,01	130,79	609,80	1,00
Ảnh 4	2345,82	577,80	406,65	275,36	135,04	748,13	1,10
Ảnh 5	3008,86	613,30	451,79	322,85	148,17	908,99	1,18

Qua số liệu trên, ta thu được đồ thị quan hệ giữa dSNR_n và căn bậc 2 của liều chiếu như sau (hình 7).

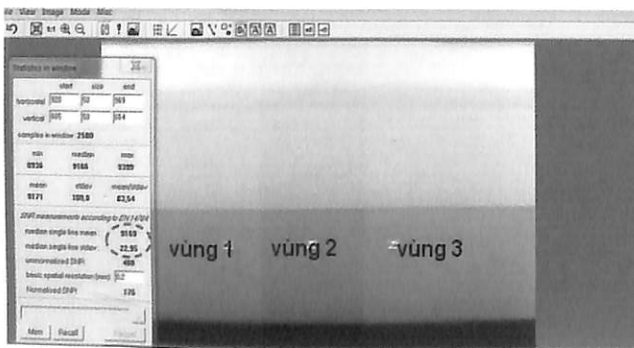


Hình 7: đồ thị dSNRn của hệ huỳnh quang kỹ thuật số

Thay giá trị liều chiếu bằng 1 mGy vào hàm trên, ta thu được giá trị hiệu suất của thiết bị (là giá trị dSNRn tại liều chiếu 1 mGy) tại mức năng lượng 160 kV = 609,8 và tại mức năng lượng 220 kV = 716,56. So với giá trị nêu trong bảng 2 của tiêu chuẩn ASTM E2597 thì hệ huỳnh quang đạt mức chất lượng 11. Giá trị này chứng tỏ chất lượng của hệ huỳnh quang ở mức trung bình khá, có thể chấp nhận được trong nhiều phép kiểm tra NDT không yêu cầu quá khắt khe về chất lượng (chẳng hạn phép kiểm tra các đường ống áp lực). Mức chất lượng này sẽ đạt cao hơn khi sử dụng trong thực tế, bởi ảnh chụp khi kiểm tra chất lượng của hệ thiết bị không sử dụng bất kỳ công cụ lọc nâng cao chất lượng hình ảnh nào [1]. Nhưng trong thực tế sử dụng, các ảnh sau khi ghi nhận sẽ được xử lý bởi các công cụ lọc bằng phần mềm xử lý ảnh (phần mềm phù hợp với tiêu chuẩn ASTM E2339) trước khi tiến hành giải đoán.

Đo độ nhạy tương phản đạt được (CS_a)

Sử dụng ảnh chụp mẫu bậc có bề dày mỗi bậc khác nhau, trên mỗi bậc có rãnh với độ sâu 5% trên tổng bề dày rãnh. Dùng phần mềm Isee để đo giá trị độ đen (GV), tỷ số tương phản - nhiễu (CNR), độ nhạy tương phản đạt được (CS_a) của 3 vùng trên mỗi bậc (xem hình 8).



Hình 8: chọn 3 vùng trên ảnh chụp mẫu bậc và đo giá trị độ xám tại các vùng

Kết quả đo được bởi các ảnh chụp có thời gian ghi

nhận tương ứng 4s, 16s, 64s thể hiện trong bảng 6(a), 6(b), 6(c).

Bảng 6: số liệu GV, CNR (5%) và CS_a của hệ với thời gian ghi nhận (a) 4s; (b) 16s; (c) 64s

Bậc số	GV trên mẫu bậc			Nhiều		CS _a
	Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3	Vùng 1	Vùng 3	
1	59950	77280	53550	1526	1727	0,39
2	33560	47450	29840	870	914	0,28
3	13460	20880	13560	418	428	0,28
4	6990	11090	7494	285	295	0,37
5	4175	6222	4090	176	175	0,42
6	2952	4211	2677	149	149	0,53

(a)

Bậc số	GV trên mẫu bậc			Nhiều		CNR (5%)	CS _a
	Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3	Vùng 1	Vùng 3		
1	32690	46473	30976	587	595	24,82	0,20
2	20053	27654	18602	249	253	33,22	0,15
3	7093	10272	5652	125	111	33,10	0,15
4	4115	5718	3314	96	90	21,51	0,23
5	3111	4128	2665	84	70	16,14	0,31
6	1857	2671	1627	68	69	13,63	0,37

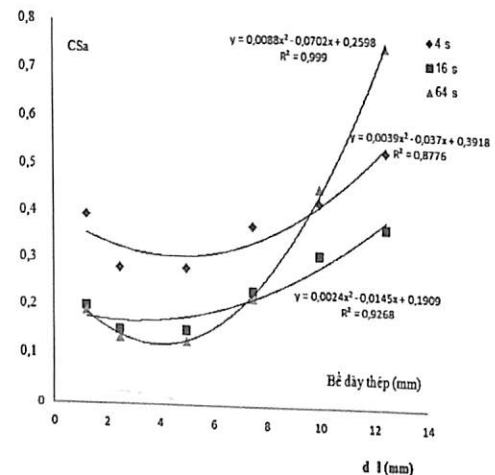
(b)

Bậc số	GV trên mẫu bậc			Nhiều		CNR (5%)	CS _a
	Vùng 1	Vùng 2	Vùng 3	Vùng 1	Vùng 3		
1	32142	46486	31172	562	593	25,71	0,19
2	19901	27608	17954	239	229	37,12	0,13
3	6736	10319	5653	108	104	38,90	0,13
4	3171	4954	2203	93	97	22,92	0,22
5	2839	3691	2247	102	104	11,14	0,45
6	1678	2225	1206	129	110	6,63	0,75

(c)

Giá trị CS_a trung bình của 6 bậc trên mỗi mẫu bậc ở thời gian chiếu 4s là 0,38; ở 16s là 0,24 và ở 64s là 0,31.

Từ các số liệu trên, có thể vẽ đồ thị biểu diễn quan hệ giữa CS_a và bề dày của vật liệu thép carbon như hình 9.



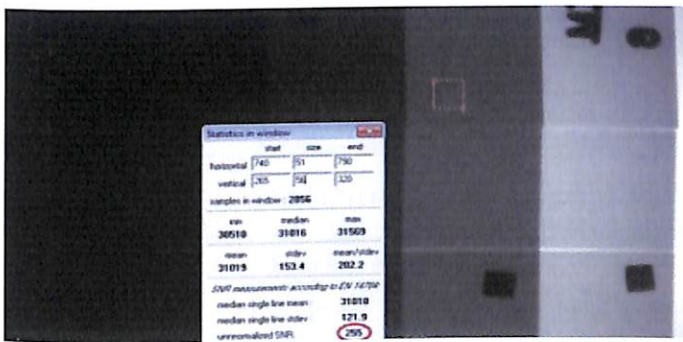
Hình 9: đồ thị CS_a của hệ huỳnh quang kỹ thuật số tại 160 kV-5 mA-Fe

Qua đồ thị cho thấy, giá trị độ nhạy tương phản đạt được tốt nhất ở vùng bề dày khoảng từ 2,5 đến 5 mm. Kết quả này phù hợp với phép đo SNR và SMTR, chứng tỏ rằng các kết quả thực nghiệm có độ lặp lại nhiều lần ở các chế độ đo khác nhau.

Giá trị CS_a ở chế độ phát 160 kV, thời gian chiếu 4s bằng 0,38 tương ứng với mức chất lượng 9-10 trong bảng 2 của tiêu chuẩn ASTM E2597. Đây là mức chất lượng ở dải trên trung bình theo tiêu chuẩn này. Kết quả này cũng cho thấy rằng, đối với các phép kiểm tra NDT cần độ nhạy tương phản tương đối tốt thì hệ huỳnh quang kỹ thuật số có thể là lựa chọn hợp lý.

Đo dải bề dày đặc trưng của vật liệu (SMTR) và phân loại

SMTR được xác định và phân loại dựa vào kết quả phân tích ảnh chụp bởi mẫu bậc có các bề dày khác nhau, ở đây ta xác định SMTR của hệ với vật liệu thép carbon.



Hình 10: hình ảnh đo giá trị SNR để xác định SMTR của thiết bị

Kết quả thực nghiệm khi đo giá trị SNR trên hình ảnh của mẫu bậc thu được để làm căn cứ xác định SMTR của thiết bị đối với vật liệu thép carbon. Giá trị GV của bậc mỏng nhất được đặt bằng khoảng 80% giá trị bão hòa (80% của giá trị 255 đối với ảnh 8 bit), độ nhạy áp dụng cho phép chụp là 2%. Giá trị SNR ở bậc dày nhất đáp ứng yêu cầu là phải đạt giá trị tối thiểu 250 đo được là 255, tương ứng với bậc có bề dày là 5 mm. Giá trị đo và yêu cầu cần đạt chỉ ra trong bảng 7. Phép đo trên khi được đưa giá trị iSRb vào để tính SNRn sẽ thu được giá trị SNRn là 46,1. Giá trị này là căn cứ để xếp hệ huỳnh quang vào mức chất lượng DDA III theo tiêu chuẩn ASTM E2446.

Bảng 7: giá trị SMTR đối với thép của hệ huỳnh quang kỹ thuật số

Độ nhạy (%)	GV bậc mỏng nhất GV bão hòa (%)	SNR yêu cầu cho bậc lớn nhất	Bề dày bậc lớn nhất đạt yêu cầu (mm)
2	79,89	250	5,0

Với giá trị SMTR bằng 5 mm phù hợp với kết quả của các phép đo SNR và CS_a trước đó, mức chất lượng tương ứng mà hệ huỳnh quang đạt được theo bảng 2 của tiêu chuẩn ASTM E2597 là 4. Mức chất lượng này nằm trong vùng chất lượng tương đối thấp của kỹ thuật DDA. Điều này chỉ ra rằng, hệ huỳnh quang sẽ không phải là lựa chọn tốt để kiểm tra các đối tượng có bề dày thay đổi.

Đánh giá chung về chất lượng của hệ huỳnh quang

Tổng hợp các kết quả đo để đánh giá các thông số chỉ thị chất lượng ảnh thu được của hệ huỳnh quang kỹ thuật số áp dụng theo tiêu chuẩn ASTM E2597 được chỉ ra trong bảng 8.

Bảng 8: chỉ số chất lượng và loại của hệ huỳnh quang kỹ thuật số

Thông số	Đơn vị	Điều kiện	Giá trị đạt được	Chỉ số chất lượng
iSRb _{detector}	µm	220 kV, không phim lọc	486	3
CS_a	%	160 kV, mẫu bậc, 4s	0,38	9-10
Hiệu suất (dSNRn ở 1 mGy)	-	160 kV, 10 mm Fe	609,8	11
SMTR	mm	160 kV, 4s, SNR > 250	5	4
Phân loại		SNRn > 43	46,1	DDA III

Các giá trị chỉ thị mức chất lượng của hệ huỳnh quang căn cứ theo tiêu chuẩn ASTM E2597 cho thấy, hệ huỳnh quang kỹ thuật số do nhóm nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm đạt các chỉ tiêu sau:

Chất lượng nằm trong dải chất lượng có thể sử dụng được đối với chỉ tiêu chất lượng cho hệ DDA.

Mức chất lượng của CS_a và dSNRn nằm trong vùng trên trung bình, bởi theo ASTM E2597 thì từ mức chất lượng 15 trở lên là cao, và phương pháp đánh giá được áp dụng có thay đổi. Trong khi các giá trị của hệ huỳnh quang đạt được tương ứng đối với CS_a nằm trong khoảng chất lượng giữa 9 và 10, còn dSNRn là 11.

Với mức chất lượng đạt được, hệ huỳnh quang kỹ thuật số thể hiện khả năng có thể đáp ứng đối với các yêu cầu kiểm tra RT thông thường trong công nghiệp, hoặc các ứng dụng trong soi kiểm tra bo mạch điện tử, soi kiểm tra linh kiện, soi kiểm tra vật đúc thông thường... Điều này mở ra triển vọng áp dụng sản phẩm trong thực tế vì đáp ứng được yêu cầu về mặt kỹ thuật đối với các phép kiểm tra RT.

Sử dụng hệ huỳnh quang kỹ thuật số chụp và đánh giá một số mẫu trong bộ KIT RT

Nhằm đánh giá thực tế hơn về khả năng áp dụng của hệ huỳnh quang kỹ thuật số trong kiểm tra RT thông thường, nghiên cứu đã sử dụng một số mẫu trong bộ

KIT RT để kiểm tra và đối chứng với phương pháp chụp phim thông thường. Các mẫu trong bộ KIT này có chứa khuyết tật với kích thước và hình dạng biết trước một cách chính xác. Việc chụp bằng kỹ thuật RT để kiểm tra và giải đoán khuyết tật trên 2 mẫu số 6 và số 10 được thực hiện với phim thông thường và bằng hệ huỳnh quang kỹ thuật số. Kết quả cho thấy, hệ huỳnh quang hoàn toàn có thể sử dụng để chụp vật liệu thép và cho ảnh với độ nhạy phát hiện phù hợp yêu cầu trong tiêu chuẩn ASTM Section II, và tương đương mức chất lượng khi so sánh với chụp phim. Ngoài ra, với ảnh thu được bằng hệ huỳnh quang, với sự trợ giúp của phần mềm giải đoán thì có thể trực tiếp đo được kích thước khuyết tật hiển thị trên ảnh một cách ổn định và chính xác hơn so với giải đoán trên phim, đây cũng là một trong những ưu điểm khi giải đoán ảnh số so với giải đoán phim là ít phụ thuộc vào yếu tố chủ quan của con người.

Kết luận

Với sự chi đạo về chủ trương và hỗ trợ kinh phí cho định hướng đẩy mạnh ứng dụng kỹ thuật chụp ảnh bức xạ kỹ thuật số của Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, nhóm nghiên cứu của Trung tâm Đánh giá không phá hủy đã thành công trong việc tạo ra hệ chụp ảnh bức xạ kỹ thuật số với chi phí tương đối thấp so với thiết bị nhập khẩu (giá thành sản xuất khoảng 7.000 USD so với hệ nhập khẩu có chất lượng tương tự khoảng trên 20.000 USD). Mức chất lượng mà hệ đạt được đánh giá theo tiêu chuẩn ASTM E2597 theo khuyến cáo [4] có khả năng đáp ứng các nhu cầu sử

dụng trong soi, chiếu, chụp kiểm tra các đối tượng khá phổ biến trong công nghiệp tại Việt Nam. Tuy nhiên nghiên cứu chưa khảo nghiệm được chi tiết khả năng ứng dụng cho từng đối tượng cụ thể, nhưng kết quả đạt được ban đầu trong phòng thí nghiệm với các mẫu chuẩn là khả quan và khẳng định hướng nghiên cứu này có thể tiếp tục phát triển để đẩy mạnh ứng dụng thiết bị chụp ảnh bức xạ kỹ thuật số tại Việt Nam.

Kết quả này mở ra hướng nghiên cứu trong giai đoạn tiếp theo để đánh giá sâu hơn khả năng, đối tượng đáp ứng phù hợp với thiết bị và có thể hướng đến chế tạo các thiết bị soi chiếu đồng bộ, chuyên dụng cho nhiều mục đích ứng dụng tại Việt Nam như soi chiếu bo mạch điện tử, soi chụp kiểm tra vật đúc trên dây chuyền liên tục, chụp kiểm tra các đối tượng chuyên dụng kích thước vừa và nhỏ...

Tài liệu tham khảo

- [1] ASTM International (2014), *E2597/2597M Standard Practice for Manufacturing Characterization of Digital Detector Arrays*, Book of Standards, Vol.03.03.
- [2] International Atomic Energy Agency (2013), *Design, development and optimization of a lowcost system for digital industrial radiology*, IAEA Radiation technology reports No.2.
- [3] ASTM International (2011), *ASTM E2339: Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE)*, Book of Standards, Vol.03.03.
- [4] International Atomic Energy Agency (2013), *Design, development and optimization of a lowcost system for digital industrial radiology*, IAEA Radiation technology reports No.2.