

# Nghiên cứu, đánh giá hàm lượng phóng xạ tự nhiên trong xỉ thép khi làm vật liệu xây dựng và vật liệu san lấp

Lê Thị Song<sup>1\*</sup>, Lê Cao Chiến<sup>1</sup>, Lê Tuấn Anh<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Tâm<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trung tâm Thiết bị, Môi trường và An toàn lao động, Viện Vật liệu xây dựng, 235 Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Trung, quận Thanh Xuân, TP. Hà Nội

## TỪ KHOÁ

Xỉ thép  
Phóng xạ  
Vật liệu xây dựng  
Vật liệu san lấp  
Tác động môi trường

## TÓM TẮT

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã trình bày nghiên cứu về đặc tính phóng xạ của xỉ thép tại Việt Nam để đánh giá khả năng ứng dụng của xỉ thép làm vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp mà không gây ảnh hưởng tới môi trường xung quanh khu vực sử dụng. Kết quả thử nghiệm hoạt độ phóng xạ riêng cho thấy trong xỉ thép có tồn tại các hạt nhân phóng xạ như <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th và <sup>40</sup>K. Tuy nhiên, chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I của các mẫu xỉ thép được thử nghiệm đều đạt mức yêu cầu đặt ra đối với vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp theo tiêu chuẩn Phần Lan STUK ST 12.2/2010 và TCXDVN 397:2007. Nghiên cứu đã đưa ra kết luận rằng các mẫu xỉ thép tại Việt Nam hoàn toàn có thể được sử dụng làm vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp mà không có tác động xấu về mặt phóng xạ tới môi trường xung quanh khu vực sử dụng.

## KEYWORDS

Steel slags  
Radioactivity  
Building materials  
Backfilling materials  
Environment impacts

## ABSTRACT

In this paper, the natural radioactivity of steel slags in Vietnam is presented in order to evaluate the potential applications of steel slags as building materials and backfill materials without environmental concerns. The presence of natural isotopes such as <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K in steel slag samples was determined. However, the calculation results of radioactivity index I of all tested samples are not exceeded nominated thresholds specified in both Finland standard named STUK ST 12.2/2012 and Vietnam standard named TCXDVN 397:2007 for building construction, landfill and landscaping applications. It can therefore be concluded that steel slags in Vietnam are not radioactive waste and can be used as building materials and backfilling materials without environmental risk in terms of natural radioactivity.

## 1. Đặt vấn đề

Xỉ thép là một loại phế thải công nghiệp, cũng giống như các loại phế thải khác, việc lưu trữ, chôn lấp xỉ thép có thể ảnh hưởng đến sức khỏe con người và môi trường xung quanh [1]. Để giải quyết các vấn đề liên quan tới các bãi lưu trữ hiện tại và hạn chế việc hình thành các bãi chôn lấp mới, việc tìm các giải pháp, các lĩnh vực phù hợp để sử dụng xỉ thép là cần thiết và cấp bách trong bối cảnh lượng xỉ thép phát thải ra càng ngày càng lớn như hiện nay. Đối với ngành sử dụng nhiều tài nguyên khoáng sản như ngành vật liệu xây dựng, việc sử dụng phế thải công nghiệp như xỉ thép đang được chú trọng đẩy mạnh trong những năm gần đây. Các hoạt động này đã đem lại nhiều lợi ích tích cực cụ thể như:

- Về khía cạnh kinh tế: xỉ thép rẻ hơn các nguyên liệu như đá tự nhiên vì không cần phải trải qua quá trình khai thác; và nếu xỉ thép được sử dụng rộng rãi, các công ty sản xuất gang thép không phải tốn chi phí cho các hoạt động chôn lấp.
- Về khía cạnh môi trường: khi sử dụng xỉ thép, tài nguyên thiên nhiên được bảo tồn và không gian sử dụng làm bãi chôn lấp được hạn chế.

- Về khía cạnh xã hội: do lượng xỉ thép phát thải ra được giải phóng trong quá trình sử dụng, vì vậy ít ảnh hưởng tới sức khỏe con người và môi trường xung quanh.

Trên thế giới hiện nay, ứng dụng lớn nhất của xỉ thép là trong lĩnh vực xây dựng. Cụ thể xỉ thép được sử dụng làm nền móng đường giao thông, làm cốt liệu bê tông, làm phụ gia trong sản xuất xi măng, làm vật liệu san lấp [2-5]. Nhiều công trình xây dựng đã sử dụng xỉ thép như: Sân Beijing National Indoor Stadium (Trung Quốc) phục vụ thể vận hội Olympics 2008 sử dụng 80.000 tấn xỉ thép để xây dựng; Sân bay Quốc tế Tokyo (Haneda Airport), Nhật Bản đã sử dụng 750.000 m<sup>3</sup> xỉ thép trong tổng số 38.000 m<sup>3</sup> vật liệu dùng để san lấp mặt bằng; Công trình đường cao tốc nối 2 thành phố Warsaw và Krakow tại Ba Lan cũng được xây dựng từ xỉ thép [6-8]. Ngoài ra, xỉ thép còn được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực khác như vật liệu xử lý môi trường, làm phân bón, cải tạo đất xấu và đất nhiễm phèn, làm vật liệu cải tạo phục hồi môi trường [9]... Tại một số quốc gia như Mỹ, Nhật Bản, và Châu Âu, tỷ lệ sử dụng xỉ thép trong lĩnh vực xây dựng lần lượt là 84 %, 98,7 % và 87 % [10].

Bên cạnh các nghiên cứu để đưa ra các ứng dụng tiềm năng cho xỉ thép, hiện nay tác động môi trường khi sử dụng xỉ thép cũng là vấn

\*Liên hệ tác giả: lesong1986@gmail.com

Nhận ngày 17/08/2021, sửa xong ngày 04/11/2021, chấp nhận đăng 15/01/2022

<https://doi.org/10.54772/jomc.01.2022.252>

đề cần được quan tâm và nghiên cứu [11-13]. Theo đó, trước khi quyết định sử dụng xi thép, cũng như các loại phế thải công nghiệp khác, cần phải thực hiện các hoạt động đánh giá toàn diện các ưu và nhược điểm của việc sử dụng trong từng lĩnh vực cụ thể, đặc biệt là về khía cạnh môi trường.

Quá trình luyện thép trên thế giới hiện nay chủ yếu sử dụng công nghệ lò thổi, lò hồ quang điện và lò điện cảm ứng (hay còn gọi là lò trung tần). Đối với các nhà máy sử dụng lò hồ quang điện hoặc lò điện cảm ứng, nguyên liệu đầu vào chính là sắt thép phế liệu, trong khi các nhà máy có công nghệ lò thổi lại sử dụng hỗn hợp nguyên liệu đầu vào là quặng sắt và khoảng (15 % - 25 %) sắt thép phế liệu [14]. Theo số liệu thống kê của Hiệp Hội thép thế giới năm 2019, khoảng 700 triệu tấn thép phế liệu được sử dụng hàng năm trong quá trình luyện thép, chiếm 32 % tổng số nguyên liệu đầu vào trong quá trình sử dụng [15]. Đánh giá của Viện nghiên cứu Công nghệ tái chế thép phế liệu của Mỹ cho thấy việc sử dụng thép phế liệu trong sản xuất thép có nhiều ưu điểm so với sử dụng quặng sắt như tiết kiệm khoảng 74 % năng lượng; 90 % khoáng sản (quặng và cốc); giảm 97 % lượng nước tiêu thụ trong khai thác mỏ; giảm 86 % ô nhiễm không khí; giảm 40 % trong quá trình luyện gang và nhiều ưu điểm khác [16]. Tuy nhiên, một số nghiên cứu trên thế giới lại chỉ ra rằng sắt thép phế liệu chính là một tác nhân tiềm năng gây nên đặc tính phóng xạ của xi thép phát thải [17].

Theo khảo sát của Viện Vật liệu xây dựng, công nghệ lò luyện chính được sử dụng trong nước hiện nay là lò thổi, lò hồ quang điện và lò điện cảm ứng. Hàng năm, khoảng 75 % lượng nguyên liệu đầu vào là thép phế liệu phục vụ cho quá trình sản xuất thép. Lượng phát thải xi thép các loại hàng năm là khoảng 7 triệu tấn, con số này được dự báo sẽ tăng cao trong những năm tới do nhu cầu xây dựng nhà ở tăng cao. Dự kiến đến năm 2025 có thể đạt 10 triệu tấn. Do vậy, việc tái sử dụng xi thép tại Việt Nam có tiềm năng rất lớn, đặc biệt là ứng dụng trong lĩnh vực xây dựng.

Để có thể tái sử dụng xi thép một cách hợp lý và có hiệu quả thì việc nghiên cứu những đặc điểm và cấu trúc, quá trình hình thành, tính chất và đặc biệt là các tác động môi trường nếu có là rất quan trọng. Đặc biệt gần đây, dư luận đặc biệt quan tâm đến vấn đề xi thép có phải là phế thải thông thường hay là chất thải nguy hại. Vì nguyên liệu đầu vào được sử dụng chủ yếu là sắt và thép phế liệu, nên xi thép tạo ra cũng tiềm ẩn nguy cơ cao về hàm lượng phóng xạ tự nhiên. Mặc dù vậy nhưng việc nghiên cứu về hoạt tính phóng xạ có trong xi thép tại Việt Nam lại chưa được chú trọng. Hiện chưa có nghiên cứu đánh giá về việc sử dụng xi thép là an toàn về mặt phóng xạ, đặc biệt là đối với các ứng dụng sử dụng xi thép với khối lượng lớn như làm vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp. Đây cũng là nguyên nhân chính dẫn đến tỷ lệ tái sử dụng xi thép tại Việt Nam còn thấp hơn nhiều so với các nước khác trên thế giới.

Để có thêm căn cứ khẳng định rằng xi thép Việt Nam không phải là chất thải nguy hại về mặt phóng xạ và được coi là sản phẩm phụ trong quá trình sản xuất thép, nhóm tác giả đã tập trung vào khía cạnh đánh giá tác động môi trường của vật liệu xi thép thông qua các

nghiên cứu và thử nghiệm về hoạt độ phóng xạ tự nhiên có trong xi thép. Đây là một nội dung quan trọng và cần thiết phải thực hiện trước khi xi thép được sử dụng làm vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp hoặc các ứng dụng tiềm năng khác để đạt mục đích an toàn với môi trường xung quanh khu vực sử dụng. Các kết quả cụ thể sẽ được trình bày trong bài báo này.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

Các mẫu xi thép sử dụng trong nghiên cứu là các mẫu xi thép nguyên khai, được lấy từ các đơn vị sản xuất thép trong nước, đại diện cho ba loại hình công nghệ chính là lò thổi, lò hồ quang điện và lò điện cảm ứng. Căn cứ vào quy định lấy mẫu đã nêu trong QCVN 07:2009/BTNMT và tình hình thực tế, mỗi mẫu xi thép của từng nhà máy được lấy 03 lần ở các vị trí khác nhau đại diện ngẫu nhiên trong bãi chất thải. Tổng khối lượng mẫu trong một lần lấy khoảng 50 kg – 80 kg. Sau đó, mẫu xi được trộn lại thành một khối hợp nhất và sử dụng trong quá trình thử nghiệm.

Để đảm bảo xi thép sử dụng trong nghiên cứu không phải là chất thải nguy hại, các mẫu xi thép được tiến hành phân tích xác định các thành phần nguy hại theo QCVN 07:2009/BTNMT. Thông tin về các mẫu đã sử dụng được thể hiện trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Thông tin các mẫu xi thép được sử dụng trong nghiên cứu.

STT	Tên nhà máy	Ký hiệu mẫu	Loại xi
1	Thép Vina Kyoiei	M1	Xi thép lò hồ quang điện
2	Thép Tung ho	M2	
3	Thép Vicasa	M3	
4	Thép Miền Nam	M4	
5	Thép Thủ Đức	M5	
6	Thép Việt Ý	M6	
7	Thép Việt Nhật	M7	Xi thép lò điện cảm ứng
8	Thép Nghi Sơn	M8	
9	Thép Hòa Phát Dung Quất	M9	Xi thép lò thổi
10	Thép Tuyên Quang	M10	
11	Thép Hòa phát Hải Dương	M11	
12	Thép Formosa Hà Tĩnh	M12	

## 2.2. Phương pháp đo phóng xạ của các mẫu xi thép

Sau khi được xác định các thành phần nguy hại theo QCVN 07:2009/BTNMT, các mẫu xi thép không phải là chất thải nguy hại được nghiền và sàng đến kích thước hạt  $\leq 0,5$  mm để đồng nhất và được sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi. Sau đó, mẫu xi được ổn định trong vòng 04 ngày rồi được tiến hành đo hoạt độ phóng xạ riêng theo quy trình được miêu tả trong tiêu chuẩn “ISO 19581:2017 - Measurement of radioactivity – Gamma emitting radionuclides – Rapid screening method using scintillation detector gamma-ray

spectrometry” [19]. Thiết bị đo được sử dụng là hệ máy đo hoạt độ phóng xạ Gamma AT1320, chuyên dùng để đo hoạt độ phóng xạ trong vật liệu xây dựng, trong nông nghiệp, trong y tế và trong kiểm soát an toàn phóng xạ... sử dụng đầu đo NaI(Tl) có kích thước 63x63 mm. Sau khi kết thúc quá trình đo, chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I của các mẫu xi thử nghiệm được tính và so sánh với ngưỡng quy định theo các tiêu chuẩn hiện hành. Toàn bộ quá trình thử nghiệm được thực hiện tại Trung tâm Thiết bị, Môi trường và An toàn lao động, Viện Vật liệu xây dựng. Một số hình ảnh trong quá trình thử nghiệm đo phóng xạ như sau:



Hình 1. Thử nghiệm đo phóng xạ trong mẫu xi thép.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Lựa chọn tiêu chuẩn đánh giá đặc tính phóng xạ của xi thép

Theo các nghiên cứu đã được công bố trước đây [20-28], xi thép có tồn tại các nguyên tố phóng xạ tự nhiên, điển hình gồm có  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{132}\text{Th}$  và  $^{90}\text{Sr}$ . Nếu nồng độ của các nguyên tố này tăng cao trong môi trường sẽ dẫn đến sự nhiễm độc phóng xạ đối với các công nhân và gây ảnh hưởng xấu tới môi trường xung quanh. Vì nguyên nhân này, xi thép có thể được coi là nguy hại tới môi trường về mặt phóng xạ. Nhìn chung, khi hoạt độ phóng xạ của xi thép khi ở mức độ cao, xi thép sẽ được coi là chất thải nguy hại phóng xạ. Xi thép loại này sẽ được thu gom và xử lý theo phương pháp như áp dụng đối với chất thải nguy hại. Tuy nhiên, khi hoạt độ phóng xạ của xi thép ở mức độ thấp, xi thép có thể được dùng trong các ứng dụng có yêu cầu phù hợp. Do vậy, để xi thép có thể sử dụng làm vật liệu trong lĩnh vực xây dựng, yếu tố đầu tiên cần được khẳng định là xi thép không phải là chất thải nguy hại về mặt phóng xạ và hoạt độ phóng xạ của xi thép phải đáp ứng các yêu cầu về phóng xạ đối với vật liệu xây dựng được quy định trong các tiêu chuẩn hiện hành.

Trong lĩnh vực xây dựng, để so sánh mức phóng xạ của các mẫu vật liệu khác nhau, cần sử dụng một chỉ số chung phản ánh được hoạt tính phóng xạ tổng hợp của loại vật liệu được thử nghiệm. Chỉ số chung này gọi là “Chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn – I” của vật liệu.

Tại Châu Âu, chỉ số I đối với các loại vật liệu xây dựng sử dụng với khối lượng lớn sẽ không quá 1 và vật liệu xây dựng sử dụng với khối lượng nhỏ không quá 6. Cụ thể như trong Bảng 2.

Tại Nga, tiêu chuẩn GOST - 30108 “Building materials and elements. Determination of specific activity of natural radioactive nuclei” quy định phương pháp xác định hoạt độ phóng xạ tự nhiên của vật liệu xây dựng và lĩnh vực sử dụng tùy theo mức độ phóng xạ của chúng [30]. Phạm vi sử dụng các loại vật liệu xây dựng được quy định trong tiêu chuẩn này được trình bày tại Bảng 3. Theo đó, hoạt độ phóng xạ tương đương của vật liệu xây dựng được tính theo công thức:

$$A_{eff} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,085A_K$$

trong đó:  $A_{eff}$  là hoạt độ phóng xạ tự nhiên, Bq/kg.

$A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$ ,  $A_K$  hoạt độ phóng xạ riêng tự nhiên của Radi, Thori, Kali (Bq/kg).

**Bảng 2.** Chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn và ngưỡng các nguyên tố phóng xạ trong vật liệu sử dụng làm đường giao thông tại các nước Châu Âu[29].

Tên quốc gia	Công thức tính chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn (Bq/kg)	Ngưỡng giới hạn chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn cho phép (Bq/kg)	Ngưỡng hoạt độ phóng xạ riêng cho phép (Bq/kg)
Finland	$I = \frac{C_{Ra}}{700} + \frac{C_{Th}}{500} + \frac{C_K}{8000} + \frac{C_{Cs}}{5000}$	$I < 1$	—
Latvia	$I = \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_{Th}}{200}$	$I < 1$	$C_K < 2500$
Lithuania	$I = \frac{C_{Ra}}{700} + \frac{C_{Th}}{500} + \frac{C_K}{8000}$	$I < 1$	—
Norway	$I = \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_K}{3000}$	$I < 1$	$C_{Ra} < 200$
Poland	$I = 0,0027C_{Ra} + 0,0043C_{Th} + 0,00027C_K$	$I < 1$	$C_{Ra} < 185$
Croatia	$I = \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_K}{3000}$	$I < 1$	$C_{Ra} < 200$ $C_K < 300$ $C_{Th} < 200$

**Bảng 3.** Phân loại vật liệu theo mức hoạt tính phóng xạ trong tiêu chuẩn GOST-30108.

Hoạt độ phóng xạ tự nhiên (Aeff)Bq/kg	Phân loại vật liệu	Lĩnh vực sử dụng
Đến 370	I	Được sử dụng cho tất cả các lĩnh vực
Từ 370 đến 740	II	Xây dựng đường trong những bến đỗ, khu dân cư và công trình xây dựng công nghiệp
Từ 740 đến 2800	III	Làm đường giao thông ngoài khu dân cư
Lớn hơn 2800	IV	Sử dụng vật liệu này phải được cho phép của chính quyền

Tại Phần Lan, đặc tính phóng xạ của vật liệu xây dựng được đánh giá theo tiêu chuẩn STUK ST 12.2/2010 – The Radioactivity of Building materials and ash [31]. Chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I và mức yêu cầu đối với tất cả các loại vật liệu xây dựng được xác định theo phương pháp phổ kế gamma trong tiêu chuẩn này được quy định như Bảng 4. Theo đánh giá của nhóm tác giả, trong số các quy định đã được ban hành về phóng xạ của vật liệu xây dựng, tiêu chuẩn Phần Lan STUK ST 12.2/2010 được đánh giá là toàn diện nhất về mặt phóng xạ của vật liệu xây dựng.

Tại Việt Nam, mặc dù tiêu chuẩn TCXDVN 397:2007 – "Hoạt độ phóng xạ tự nhiên của vật liệu xây dựng- Mức an toàn trong sử dụng và phương pháp thử" đã được Bộ Xây dựng ban hành theo Quyết định số 24/2007/QĐ-BXD ngày 07 tháng 6 năm 2007, tuy nhiên, tiêu chuẩn này đang chờ chuyển đổi thành TCVN theo Điều 7 Nghị định

127/2007/NĐ-CP Hướng dẫn Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật [32]. Trong tiêu chuẩn này, đối với vật liệu xây dựng sử dụng cho mục đích xây nhà, san lấp nền nhà và gán nền nhà thì cần đáp ứng các chỉ số  $I_1 \leq 1$ ; đối với vật liệu san lấp, vật liệu làm công trình giao thông (nơi sử dụng ngoài nhà) thì cần đáp ứng chỉ số  $I_2 \leq 1$ .

**Bảng 4.** Mức yêu cầu và phạm vi áp dụng theo tiêu chuẩn STUK ST 12.2/2010.

STT	Lĩnh vực áp dụng	Mức yêu cầu STUK ST 12.2/2010	Phạm vi áp dụng
1	Vật liệu sử dụng trong công trình xây dựng, $I_1$ $I_1 = \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_K}{3000}$	Điều 3.1 $I_1 \leq 1$	Vật liệu phù hợp để sử dụng làm vật liệu xây dựng không bị hạn chế về phạm vi áp dụng
		Điều 3.1 $I_1 \leq 6$	Vật liệu sử dụng hạn chế phù hợp để làm vật liệu bề mặt và những vật liệu thứ cấp trong công trình xây dựng (ví dụ như gạch, đá lát mỏng)
2	Vật liệu sử dụng làm đường giao thông và công trình ngoài nhà, $I_2$ $I_2 = \frac{C_{Th}}{500} + \frac{C_{Ra}}{700} + \frac{C_K}{8000} + \frac{C_{Cs}}{2000}$	Điều 3.2 $I_2 \leq 1$	Vật liệu phù hợp để sử dụng làm đường giao thông và công trình ngoài nhà không bị hạn chế về phạm vi áp dụng
		Điều 3.2 $I_2 \leq 1,5$	Vật liệu sử dụng hạn chế ví dụ như vật liệu ốp hoặc lát công trình ngoài nhà
3	Vật liệu sử dụng để đắp, san lấp hoặc làm cảnh quan, $I_3$ $I_3 = \frac{C_{Th}}{1500} + \frac{C_{Ra}}{2000} + \frac{C_K}{20000} + \frac{C_{Cs}}{5000}$	Điều 3.3 $I_3 \leq 1$	Vật liệu phù hợp để đắp, san lấp và làm cảnh quan mà không bị hạn chế về phạm vi áp dụng
4	Xử lý tro, $I_4$ $I_4 = \frac{C_{Th}}{3000} + \frac{C_{Ra}}{4000} + \frac{C_K}{50000} + \frac{C_{Cs}}{10000}$	Điều 3.4 $I_4 \leq 1$	Xử lý tro theo quy định về xử lý chất thải công nghiệp hoặc xử lý trong những bãi chôn lấp được kiểm soát
		Điều 3.4 $I_4 > 1$	Công nhân xử lý cần được bảo vệ và qui trình xử lý tuân thủ quy định an toàn bức xạ

Ghi chú:  $C_{Th}$ ,  $C_{Ra}$ ,  $C_K$ ,  $C_{Cs}$  là hoạt độ phóng xạ riêng của  $^{232}\text{Th}$ ;  $^{226}\text{Ra}$ ;  $^{40}\text{K}$ ;  $^{137}\text{Cs}$  trong mẫu thử.

**Bảng 5.** Mức yêu cầu về chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn của vật liệu xây dựng theo TCXDVN 397:2007.

STT	Đối tượng áp dụng	Công thức tính chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn (I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , I <sub>3</sub> )	Ngưỡng giá trị chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn (I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , I <sub>3</sub> )
1	Dùng xây nhà		
1.1	Sản phẩm vật liệu xây dựng sử dụng khối lượng lớn dùng xây nhà	$I_1 = \frac{C_{Ra}}{300} + \frac{C_{Th}}{200} + \frac{C_K}{3000}$	I <sub>1</sub> ≤ 1
1.2	Vật liệu san lấp nền nhà và gần nền nhà		I <sub>1</sub> ≤ 6
1.3	Vật liệu sử dụng xây nhà với bề mặt hay khối lượng hạn chế (ví dụ tường mỏng hay lát sàn, ốp tường)		
2	Xây dựng công trình ngoài nhà		
2.1	Vật liệu sử dụng khối lượng lớn trong xây dựng công trình giao thông, thủy lợi...	$I_2 = \frac{C_{Ra}}{700} + \frac{C_{Th}}{500} + \frac{C_K}{8000}$	I <sub>1</sub> ≤ 6
2.2	Khi được sử dụng như vật liệu ốp, lát công trình		I <sub>2</sub> ≤ 1,5
3	Dùng cho san lấp		
3.1	Vật liệu dùng cho san lấp (không thuộc mục 1.2)	$I_3 = \frac{C_{Ra}}{2000} + \frac{C_{Th}}{1500} + \frac{C_K}{20000}$	I <sub>3</sub> ≤ 1
3.2	Vật liệu không dùng cho san lấp, cần được tồn chứa		I <sub>3</sub> > 1
<p><i>Chú thích: C<sub>Ra</sub>, C<sub>Th</sub>, C<sub>K</sub> là các hoạt độ phóng xạ riêng của các hạt nhân tương ứng Radi-226, Thori-232 và Kali-40 của vật liệu xây dựng.</i></p>			

Như đã khẳng định, xi thép trước khi được sử dụng làm vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp cần được kiểm tra phóng xạ và phải đáp ứng các yêu cầu đề ra trong các quy định hiện hành. Từ kết quả tổng quan về tiêu chuẩn đánh giá phóng xạ áp dụng đối với vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp trên thế giới và tại Việt Nam, tiêu chuẩn Phần Lan STUK ST 12.2/2010 và tiêu chuẩn TCXDVN 397:2007 được lựa chọn sử dụng để đánh giá đặc tính phóng xạ của các mẫu xi thép trong nghiên cứu. Kết quả cụ thể sẽ được trình bày trong các phần tiếp theo của bài báo này.

**3.2. Xác định các đồng vị phóng xạ tự nhiên có trong xi thép**

Như đã trình bày trong phần trước, nhiều nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng trong xi thép có tồn tại các đồng vị phóng xạ tự nhiên như <sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co, <sup>226</sup>Ra, <sup>192</sup>Ir, <sup>241</sup>Am, <sup>132</sup>Th và <sup>90</sup>Sr. Tuy nhiên, ở Việt Nam, nghiên cứu về phóng xạ trong xi thép còn rất hạn chế. Để có dữ liệu tính toán được chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I của các mẫu xi thép, trước tiên là phải xác định được thành phần và hoạt độ phóng xạ riêng của từng đồng vị phóng xạ trong loại vật liệu này.

Trong nghiên cứu này, việc xác định hoạt độ phóng xạ riêng của từng mẫu xi được thực hiện thông qua thử nghiệm phơi nhiễm mẫu xi thép trong môi trường tia gamma sử dụng hệ máy đo hoạt độ phóng xạ Gamma AT1320. Mỗi mẫu xi thép được đo 03 lần và kết quả hoạt độ phóng xạ riêng trung bình của từng mẫu được trình bày trong Bảng 6.

Từ kết quả Bảng 6 cho thấy, các đồng vị phóng xạ tự nhiên được phát hiện trong các mẫu xi thép tại Việt Nam bao gồm <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th và <sup>40</sup>K. Hoạt độ phóng xạ riêng của các đồng vị phóng xạ này nằm trong khoảng từ (18,9 ± 4,3) đến (42,83 ± 12,67) Bq/kg đối với <sup>226</sup>Ra; từ (5,30 ± 1,99) đến (20,17 ± 6,9) Bq/kg đối với <sup>232</sup>Th và (0 ± 0) đến (32,8 ± 13,8) Bq/kg đối với <sup>40</sup>K. So sánh kết quả hoạt độ phóng xạ riêng của các đồng vị này trong mẫu xi thép thế giới cho thấy hoạt độ phóng xạ riêng của các đồng vị phóng xạ trong mẫu xi thép tại Việt Nam có giá trị tương đương với các mẫu xi thép được nghiên cứu trên thế giới. So với ngưỡng quy định về hoạt độ phóng xạ riêng tại một số nước Châu Âu (được trình bày trong Bảng 2), chỉ số hoạt độ phóng xạ riêng của các đồng vị phóng xạ tự nhiên trong mẫu xi thép tại Việt Nam có giá trị thấp hơn nhiều so với mức đề ra trong quy định. Mặc dù đồng vị <sup>137</sup>Cs được phát hiện trong các mẫu xi thép trên thế giới, hoạt độ phóng xạ riêng của <sup>137</sup>Cs trong các mẫu xi tại Việt Nam bằng (0 ± 0) Bq/kg. Điều này chứng tỏ trong các mẫu xi tại Việt Nam được thử nghiệm không có sự tồn tại của <sup>137</sup>Cs. Để đánh giá khả năng ứng dụng của các mẫu xi thép này làm vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp, chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I cần được tính toán và so sánh với ngưỡng yêu cầu đặt ra trong từng lĩnh vực cụ thể.

**3.3. Đánh giá mức độ an toàn về mặt phóng xạ của xi thép khi làm vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp**

Như đã trình bày trong phần trước, xi thép muốn được sử dụng trong lĩnh vực xây dựng cần phải đạt các yêu cầu về phóng xạ đối với vật liệu xây dựng, vật liệu san lấp. Trên cơ sở hoạt độ phóng xạ riêng đo được của các mẫu xi thép, nhóm tác giả đã thực hiện đánh giá mức độ an toàn phóng xạ của các mẫu xi thép này theo tiêu chuẩn Phần Lan STUK ST 12,2/2010 và TCXDVN 397:2007 thông qua việc tính toán giá trị chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I của từng mẫu xi, Kết quả được trình bày tại Bảng 7, kết quả này cho thấy chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I của tất cả các mẫu xi thép được thử nghiệm đều nhỏ hơn 1. Kết quả này đáp ứng yêu cầu đề ra theo hai tiêu chuẩn đã



nêu. Từ kết quả này có thể kết luận rằng các mẫu xi thép được thử nghiệm không phải là chất thải nguy hại về mặt phóng xạ và hoàn toàn có thể được sử dụng trong các công trình xây dựng, làm đường

giao thông, làm vật liệu san nền trong và ngoài nhà, làm vật liệu san lấp với khối lượng lớn mà không có ảnh hưởng phóng xạ tới môi trường xung quanh khu vực sử dụng.

**Bảng 6.** Kết quả đo hoạt độ phóng xạ riêng của các mẫu xi thép.

STT	Tên nhà máy	Tên mẫu	Loại xi	Hoạt độ phóng xạ riêng (Bq/kg)			
				<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs
1	Thép Vina Kyoiei	M1	Xi thép lò hồ quang điện	18,9 ± 4,3	18,2 ± 4,0	0 ± 0	0 ± 0
2	Thép Tung ho	M2		20,8 ± 4,6	14,1 ± 3,3	0 ± 0	0 ± 0
3	Thép Vicasa	M3		26,5 ± 5,6	12,1 ± 2,9	0 ± 0	0 ± 0
4	Thép Miền Nam	M4		30,4 ± 6,3	12,1 ± 2,9	0 ± 0	0 ± 0
5	Thép Thủ Đức	M5		23,5 ± 5,1	18,4 ± 4,0	0 ± 0	0 ± 0
6	Thép Việt Ý	M6		22,9 ± 5,2	14,6 ± 3,5	0 ± 0	0 ± 0
7	Thép Việt Nhật	M7	Xi thép lò điện cảm ứng	20,9 ± 5,0	10,7 ± 3,0	32,8 ± 13,8	0 ± 0
8	Thép Nghi Sơn	M8		19,27 ± 7,67	11,43 ± 5,53	0 ± 0	0 ± 0
9	Thép Hòa Phát Dung Quất	M9	Xi thép lò chuyển	30,0 ± 6,37	5,30 ± 1,99	0 ± 0	0 ± 0
10	Thép Tuyên Quang	M10		42,83 ± 12,67	20,7 ± 6,9	21,17 ± 16,37	0 ± 0
11	Thép Hòa phát Hải Dương	M11		41,2 ± 12,2	8,84 ± 4,13	0 ± 0	0 ± 0
12	Thép Formosa Hà Tĩnh	M12		38,0 ± 11,7	20,17 ± 6,9	0 ± 0	0 ± 0
13	Xi thép ở Croatia [20]	M1	Xi lò hồ quang điện	17,1 ± 1,9	9,8 ± 1,4	36,9 ± 4,8	-
		M2		17,7 ± 2,1	6,7 ± 1,9	15,3 ± 6,1	-
		M3		14,6 ± 2,3	13,1 ± 2,2	25,7 ± 5,6	-
14	Xi thép tại khu vực Khartoum, Sudan [22]	M1		15,2 ± 4	20,6 ± 5	321 ± 3	3,33 ± 7

**Bảng 7.** Kết quả chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn của các mẫu xi thép tại Việt Nam.

STT	Tên mẫu	Tiêu chuẩn đánh giá – Mức quy định						
		Tiêu chuẩn STUK ST 12.2/2010				Tiêu chuẩn TCXDVN 397:2007		
		Dùng trong công trình xây dựng, I <sub>1</sub> ≤ 1	Xây dựng ngoài nhà, công trình giao thông, I <sub>2</sub> ≤ 1	Vật liệu đắp nền, vật liệu san lấp, I <sub>3</sub> ≤ 1	Xử lý xi, I <sub>4</sub> ≤ 1	Xây nhà, san lấp nền và gần nền nhà, I <sub>1</sub> ≤ 1	Công trình ngoài nhà, I <sub>2</sub> ≤ 6	San lấp ngoài nhà, I <sub>3</sub> ≤ 1
1	M1	0,15	0,06	0,02	0,01	0,15	0,06	0,02
2	M2	0,14	0,06	0,02	0,01	0,14	0,06	0,02
3	M3	0,15	0,06	0,02	0,01	0,16	0,07	0,02
4	M4	0,16	0,07	0,02	0,01	0,17	0,07	0,02
5	M5	0,17	0,07	0,02	0,01	0,15	0,06	0,02
6	M6	0,15	0,06	0,02	0,01	0,15	0,06	0,02
7	M7	0,13	0,06	0,02	0,01	0,13	0,06	0,02
8	M8	0,12	0,05	0,02	0,01	0,12	0,05	0,02
9	M9	0,13	0,05	0,02	0,01	0,13	0,05	0,02
10	M10	0,25	0,11	0,04	0,02	0,25	0,11	0,04
11	M11	0,18	0,08	0,03	0,01	0,18	0,08	0,03
12	M12	0,23	0,10	0,03	0,02	0,23	0,09	0,03

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, kết quả xác định các đồng vị phóng xạ tự nhiên có trong các mẫu xi thép tại Việt Nam đã được trình bày cụ thể. Theo đó, các đồng vị phóng xạ tự nhiên được phát hiện trong các mẫu xi thép bao gồm  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  và  $^{40}\text{K}$ , Hoạt độ phóng xạ riêng của các đồng vị này cũng được xác định thông qua quá trình phơi nhiễm các mẫu xi thép trong môi trường tia gamma sử dụng hệ máy đo hoạt độ phóng xạ Gamma AT1320. Để đánh giá mức độ phù hợp của việc sử dụng xi thép trong lĩnh vực xây dựng, chỉ số hoạt độ phóng xạ an toàn I của các mẫu xi thép đã được tính toán theo tiêu chuẩn STUK ST 12,2/2010 và TCXDVN 397:2007. Kết quả tính toán cho thấy chỉ số hoạt độ an toàn I của các mẫu xi thép thấp hơn nhiều so với ngưỡng quy định trong tiêu chuẩn. Do vậy, hoàn toàn có thể sử dụng xi thép làm vật liệu trong lĩnh vực xây dựng, làm đường, san lấp mà không có ảnh hưởng xấu tới môi trường về mặt phóng xạ.

Nghiên cứu này một mặt đưa ra giải pháp góp phần giải quyết lượng phế thải xi thép đang tồn đọng với trữ lượng lớn, một mặt giải quyết tình trạng khan hiếm dần nguồn tài nguyên thiên nhiên dùng trong vật liệu xây dựng, làm đường giao thông, vật liệu san lấp. Đây cũng là nguồn tài liệu tham khảo hữu ích cho các nghiên cứu tiếp theo liên quan đến vấn đề tái sử dụng các loại phế thải khác có đặc tính tương tự ứng dụng trong lĩnh vực xây dựng và các ứng dụng khác.

#### 5. Tài liệu tham khảo

- [1]. I. N. Grubeša, I. Barišić, S. S. Bansode, *Characteristics and Uses of Steel Slag in Building Construction*, Book, 2016.
- [2]. W. Sas. A. Gluchowski, M. Radziemska, J. Dzieciol, and A. Szymański, *Environmental and Geotechnical Assessment of the Steel Slags as a Material for Road Structure*, Materials 2015, 8, 4857-4875; doi:10.3390/ma8084857.
- [3]. Nguyễn Văn Du, *Nghiên cứu việc sử dụng xi thép trong sản xuất bê tông nhựa nóng để làm đường ô tô trên thế giới và khả năng áp dụng làm mặt đường ô tô ở khu vực phía Nam*, Đề tài NCKH cấp trường, Trường Đại học GTVT, 2013.
- [4]. Trần Văn Miên, *Sử dụng xi thép làm cốt liệu thay thế đá dăm làm bê tông asphalt ứng dụng làm lớp áo đường trong công trình giao thông*, Đề tài khoa học công nghệ cấp TP, Hồ Chí Minh, 2011.
- [5]. Trần Hữu Bằng, *Nghiên cứu sử dụng phụ gia khoáng xi thép trong bê tông xi măng*, Luận văn Thạc sỹ khoa học kỹ thuật, Trường Đại học GTVT, 2011.
- [6]. Công ty TNHH Vật Liệu Xanh, *Dự án đầu tư nhà máy sản xuất vật liệu xây dựng từ xi lò điện hồ quang tại Khu công nghiệp Phú Mỹ I, huyện Tân Thành, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu*, 2011.
- [7]. F. Maghool, A. Arulrajah, Y. Du, S. Horpibulsuk, A. Chinkulkijniwa, *Environmental impacts of utilizing waste steel slag aggregates as recycled road construction materials*, Clean Techn Environ Policy, DOI 10.1007/s10098-016-1289-6.
- [8]. Nippon steel & sumitomo metal technical report No. 109 July 2015.
- [9]. J.W. Lim, L.H. Chew. Thomas, S.Y. Choong, C. Tezara and M.H. Yazdi, *Overview of Steel Slag Application and Utilization*, MATEC Web of Conferences 74, 00026 (2016).
- [10]. J. Guo, Y. Bao, M. Wang, *Steel slag in China: Treatment, recycling, and management*, Waste Management 78 (2018) 318–330.
- [11]. D. M. Proctor, K. A. Fehling, E. C. Shay, J. L. Wittenborn, J. J. Green, C. Avent, R. D. Bigham, M. Connolly, B. Lee, T. O. Shepker, and M. A. Zak, *Physical and Chemical Characteristics of Blast Furnace, Basic Oxygen Furnace, and Electric Arc Furnace Steel Industry Slags*, Environmental Science & Technology 2000, 34, 8, 1576-1582.
- [12]. F. Maghool, A. Arulrajah, Y. Du, S. Horpibulsuk, A. Chinkulkijniwa, *Environmental impacts of utilizing waste steel slag aggregates as recycled road construction materials*, Clean Techn Environ Policy, DOI 10.1007/s10098-016-1289-6.
- [13]. Ahmet H. Aydilek, *Geotechnical and environmental impacts of steel slag use in highway construction*, state highway administration research report, 2015.
- [14]. Báo cáo ngành thép tại Việt Nam, 2019.
- [15]. World Steel Association (worldsteel), *Global steel industry overview*, 2020.
- [16]. Sử dụng thép phế liệu - giải pháp nhằm đảm bảo nguyên liệu để sản xuất thép tại Việt Nam, Công nghiệp mỏ, 1 - 2008, tr 32.
- [17]. I. N. Grubeša, I. Barišić, S. S. Bansode, *Characteristics and Uses of Steel Slag in Building Construction*, Book, 2016.
- [18]. QCVN 07: 2009/btnmt- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về ngưỡng chất thải nguy hại.
- [19]. ISO 19581:2017-Measurement of radioactivity — Gamma emitting radionuclides — Rapid screening method using scintillation detector gamma-ray spectrometry.
- [20]. T. Sofilic, D. Baris, A. Rastovac, A. Mioc, U. Sofilic, *Natural Radioactivity in Steel Slag Aggregate*, Radioanal Nucl Chem (2010) 284:73–77, DOI 10.1007/s10967-009-0431-x
- [21]. D. Neuschutz, et al., *Inadvertent melting of radioactive sources in BOF or EAF: Distribution of nuclides, monitoring, prevention*, ISIJ Intl, 45 (2) (2005) 288–295.
- [22]. E.A. Abdelazem, A. Mohammed, A. Halato, T. Siddig, *Investigation of Natural Radioactivity and Dose Assessment over Steel Making Region*, Open Journal of Ecology, 2020, 10, 397-403, <https://www.scirp.org/journal/oje>.
- [23]. Elij J, Ducman V, Mladenovic A, An, Sever S, kapin P, Pavsic M, Makarovic A (2004) *Legat Mater Technol Ljubljana*, 38(1–2):79.
- [24]. Lubenau JO, Yusko JG (1995) *Health Phys* 68(4):440.
- [25]. Lubenau JO, Yusko JG (1998) *Health Phys* 74(3):293.
- [26]. Mattia M, Wiener R (1999) *International measures needed to protect metal recycling facilities from radioactive materials*.
- [27]. Proceedings of the workshop on radioactive contaminated metallurgical scrap, United Nations, Economic Commission for Europe, Prague, Czech Republic, 26–28 May, GE 99-30636.
- [28]. Werner Ch (1999) *Control of radioactivity at the Luxembourg steel-making facilities*, Proceedings of the workshop on radioactive contaminated metallurgical scrap, United Nations, Economic Commission for Europe, Prague, Czech Republic, 26–28 May, p 151.
- [29]. D. Neuschutz, et al., *Inadvertent melting of radioactive sources in BOF or EAF: Distribution of nuclides, monitoring, prevention*, ISIJ Intl, 45 (2) (2005) 288–295.
- [30]. GOST 30108– Building materials and elements, Determination of specific activity of natural radioactive nuclei.
- [31]. STUK ST 12,2/2010 - *The radioactivity of building materials and ash*, ISBN 978-952-478-577-8, 2010.
- [32]. TCXDVN 397:2007 - *Hoạt động phóng xạ tự nhiên của VLXD - Mức an toàn trong sử dụng và Phương pháp thử*, 2007.