

TỔNG QUAN ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BỨC XẠ CHÙM TIA ĐIỆN TỬ TRONG XỬ LÝ CHẤT THẢI CÔNG NGHIỆP NGUY HẠI

NGUYỄN HỮU ĐỨC, ĐOÀN THỊ THU HIỀN, ĐOÀN THANH SƠN, NGUYỄN THANH THỦY, NGUYỄN AN THÁI, NGUYỄN NHỎ LÂN, NGUYỄN VĂN TÙNG, HOÀNG VĂN ĐỨC, HOÀNG NHUẬN

Viện Công nghệ xạ hiếm, 48 Láng Hạ - Đống Đa - Hà Nội

Email: nghuuduc2001@yahoo.com

Tóm tắt: Bài báo này trình bày tổng quan tài liệu về ứng dụng công nghệ bức xạ chùm tia điện tử (Electron Beam Technology - EBT) trong xử lý chất thải công nghiệp nguy hại (tập trung về chất thải khí và lỏng, đặc biệt là xử lý SO_x và NO_x trong khí thải của nhà máy nhiệt điện đốt than). Việc này nhằm nâng cao năng lực nghiên cứu khoa học; tiếp cận công nghệ và dịch vụ kỹ thuật trong lĩnh vực ứng dụng EBT xử lý chất thải công nghiệp nguy hại. Qua đó, đề xuất một phương án xử lý chất thải công nghiệp nguy hại sử dụng EBT ở Việt Nam. Để thực hiện công việc này chúng tôi đã: tìm, đọc, nghiên cứu các tiêu chuẩn, quy chuẩn, tài liệu về ứng dụng của EBT trong xử lý chất thải công nghiệp nguy hại; nghiên cứu, tìm hiểu tình hình sử dụng một số máy gia tốc điện tử ở Việt Nam; phân tích và tổng kết kinh nghiệm để xem xét lại những thành quả trong quá khứ của ứng dụng nhằm rút ra những kết luận bổ ích cho thực tiễn và khoa học; khai thác ý kiến đánh giá của các chuyên gia để xem xét, phân tích nhằm tìm ra giải pháp cho vấn đề. Bài báo đã trình bày về cơ sở khoa học, sơ đồ khối, cách thức tiến hành, đánh giá hiệu suất xử lý và khía cạnh kinh tế... của việc ứng dụng EBT để xử lý chất thải công nghiệp nguy hại dạng lỏng và khí; đã phân tích để cho thấy tiềm năng ứng dụng EBT để xử lý chất thải công nghiệp nguy hại ở Việt Nam là lớn. Năng lực nghiên cứu khoa học và hiểu biết cơ bản trong lĩnh vực ứng dụng EBT xử lý chất thải công nghiệp nguy hại của các thành viên trong nhóm nghiên cứu đã được nâng cao. Với các kết quả này, phương án xử lý chất thải công nghiệp nguy hại sử dụng EBT ở Việt Nam cũng đã được đề xuất.

Từ khóa: công nghệ bức xạ chùm tia điện tử, chất thải công nghiệp nguy hại, xử lý chất thải.

1. MỞ ĐẦU

Có nhiều phương pháp xử lý chất thải công nghiệp nguy hại. Mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và mặt hạn chế của nó. Việc lựa chọn phương pháp xử lý tùy thuộc vào: bản chất chất thải, nồng độ chất thải, tiêu chuẩn môi trường, các yếu tố kinh tế, kỹ thuật... Việc tìm kiếm các phương pháp xử lý chất thải công nghiệp nguy hại mới tối ưu hơn hoặc phù hợp với một đối tượng cụ thể là nhu cầu cấp thiết. Gần đây, EBT được sử dụng để xử lý chất thải công nghiệp nguy hại đã thu hút được sự quan tâm của nhiều quốc gia trên thế giới [1-7]. Công nghệ bức xạ chùm tia điện tử để xử lý khí thải đã được phát triển ở Nhật Bản vào đầu năm những năm 1980. Sau đó, quá trình này được tiến hành ở Mỹ, Đức, Nhật, Trung Quốc, Ba Lan... Đã có các hệ thống thương mại xử lý khí thải sử dụng EBT hoạt động trong các nhà máy đốt than ở Nhật Bản, Trung Quốc, Ba Lan... Với cơ chế chung khi chùm tia điện tử gặp môi trường chứa hơi nước hoặc nước nó nhanh chóng tạo ra các gốc tự do, cũng như việc chùm tia điện tử tác động vào các phân tử hữu cơ nó có thể thay đổi, phá vỡ cấu trúc mạch của phân tử hữu cơ đó và tác động trực tiếp lên vi sinh vật sống trong môi trường nên EBT có những ưu điểm riêng của mình trong xử lý chất thải khí và lỏng (thời gian xử lý nhanh, không cần hóa chất (hoặc cần ít)...). Vì thế, đây là một công nghệ thân thiện với môi trường sinh thái, đảm bảo môi trường bền vững cho nhân loại và cũng là ưu thế của EBT đối với việc xử lý nước thải.

Ở Việt Nam việc ứng dụng EBT chủ yếu ở trong lĩnh vực y tế (trị xạ, tiệt trùng vật phẩm dùng trong y tế) và công nghiệp thực phẩm (theo hướng này việc ứng dụng mới chỉ ở quy mô 01 máy chiếu xạ sử dụng chùm tia điện tử của Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai

Công nghệ Bức xạ - VINAGAMA). Một số máy gia tốc điện tử được sử dụng tại Việt Nam: Trung tâm Nghiên cứu và Triển khai Công nghệ Bức xạ với máy gia tốc UERL - 10 - 15S2 thuộc loại Linac được cung cấp bởi CORAD Service Co.Ltd., Viện Vật lý với máy gia tốc Microtron MT-17 do Liên Xô chế tạo, các cơ sở y tế sử dụng máy gia tốc trong xạ trị (bệnh viện K – Hà Nội sử dụng máy gia tốc Primus – Siemens)... Theo tổng quan tài liệu, ở trong nước chưa có cơ sở nào ứng dụng EBT trong lĩnh vực xử lý chất thải công nghiệp nguy hại. Để hướng tới việc ứng dụng EBT trong xử lý chất thải công nghiệp nguy hại đòi hỏi phải có được những kiến thức cơ bản về công nghệ này cũng như có được bức tranh tổng quan và những nhận định, đánh giá về tình hình ứng dụng của EBT trong xử lý chất thải công nghiệp nguy hại trên thế giới. Để ứng dụng EBT trong xử lý chất thải công nghiệp nguy hại thì việc tìm hiểu, nghiên cứu tổng quan về vấn đề là không thể thiếu.

Nhằm đạt được mục tiêu: nâng cao năng lực nghiên cứu khoa học; tiếp cận công nghệ, và dịch vụ kỹ thuật trong lĩnh vực ứng dụng EBT xử lý chất thải công nghiệp nguy hại (đặc biệt là xử lý khí thải của nhà máy nhiệt điện đốt than); góp phần cho Việt Nam có thêm một phương pháp xử lý chất thải công nghiệp mới và hỗ trợ phát triển kinh tế xã hội bài báo thể hiện các nội dung sau: i) tổng quan tài liệu về các ứng dụng của công nghệ bức xạ chùm tia điện tử để xử lý chất thải công nghiệp nguy hại dạng khí, lỏng; ii) tổng quan được những tài liệu về khía cạnh kinh tế của ứng dụng EBT để xử lý chất thải nguy hại công nghiệp; iii) đề xuất phương án sử dụng EBT cho xử lý chất thải công nghiệp nguy hại ở Việt Nam.

2. NỘI DUNG

2. 1. Đối tượng và Phương pháp

- Đối tượng nghiên cứu: sự ứng dụng EBT trong xử lý chất thải công nghiệp nguy hại (tập trung về chất thải khí và lỏng, đặc biệt là xử lý SO_x và NO_x trong khí thải của nhà máy nhiệt điện đốt than); đây là đối tượng nghiên cứu mới ở Việt Nam có tính khoa học và ứng dụng cao.

- Một số phương pháp nghiên cứu đã được sử dụng như: i) phân tích và tổng kết kinh nghiệm: dùng lý luận để xem xét lại những thành quả của hoạt động thực tiễn trong quá khứ để rút ra những kết luận bổ ích cho thực tiễn và khoa học; ii) khai thác ý kiến đánh giá của các chuyên gia có trình độ cao để xem xét, nhận định tìm ra giải pháp cho vấn đề...

2. 2. Kết quả và bàn luận

2. 2. 1. Xử lý khí công nghiệp

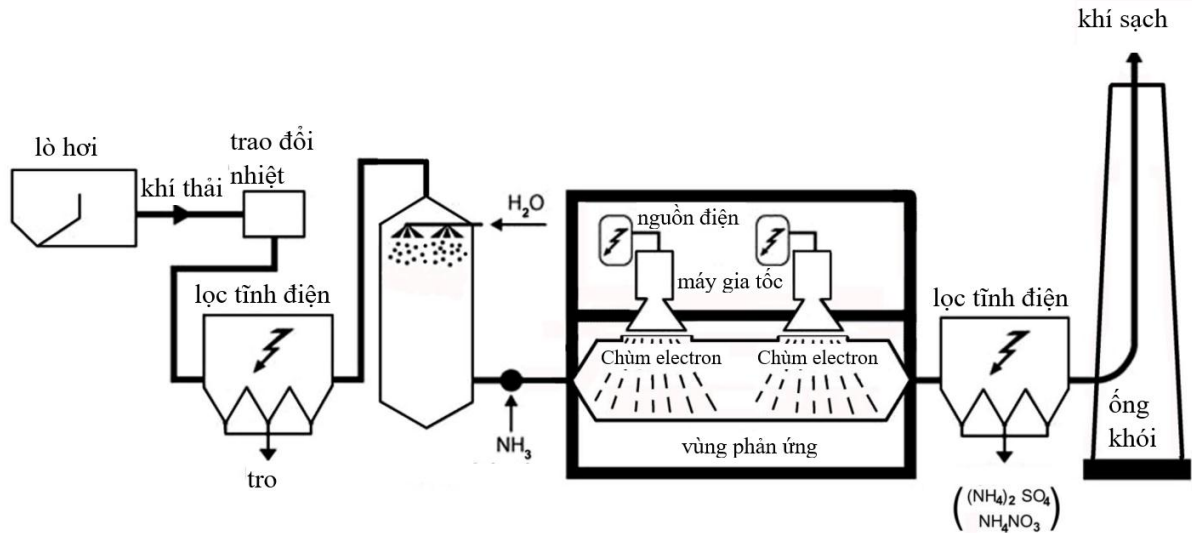
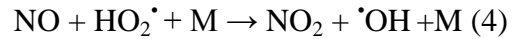
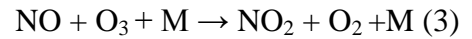
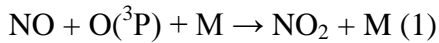
Các công nghệ thông thường, thường được sử dụng để kiểm soát ô nhiễm không khí, là: FGD ướt (flue gas desulphurization - khử khí thải chứa lưu huỳnh), dựa trên sự hấp thụ SO_2 dùng vôi và SCR (selective catalytic reduction - khử xúc tác chọn lọc), dựa trên việc khử NO_x qua chất xúc tác với amoniac làm chất khử. Tuy nhiên, các công nghệ xử lý các chất ô nhiễm trong một bước được đặc biệt quan tâm. EBT là một công nghệ như vậy.

2. 2. 1. 1. Sự tương tác của chùm tia điện tử với các thành phần khí thải

Khi chiếu chùm tia điện tử vào khí ô nhiễm, các electron nhanh chóng tương tác với khí tạo ra các ion và gốc tự do khác nhau và các loại chính được hình thành bao gồm: e^- , N_2^+ , N^+ , O_2^+ , O^+ , H_2O^+ , OH^+ , H^+ , CO_2^+ , CO^+ , N_2^* , O_2^* , N , O , H , OH và CO . Trong trường hợp nồng độ hơi nước cao, các gốc oxy hóa $\cdot OH$ và $HO_2\cdot$, và các ion bị kích thích như $O(^3P)$, là các sản phẩm quan trọng nhất. SO_2 , NO , NO_2 và NH_3 tồn tại phản ứng với các gốc tự do N , O , OH và HO_2 . NH_3 được thêm vào khí để trung hòa axit được hình thành trong phản ứng để tạo ra các sản phẩm gia tăng NH_4NO_3 và $(NH_4)_2SO_4$. Hình 1 trình bày sơ đồ khối đơn giản của quá trình xử lý SO_x và NO_x bằng EBT.

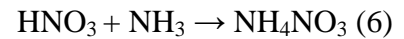
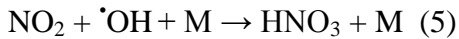
2. 2. 1. 2. Loại bỏ SO_x và NO_x khỏi khí đốt nhiên liệu hóa thạch

Khi chiếu chùm tia điện tử vào vùng phản ứng sự oxy hóa NO diễn ra theo cách phổ biến nhất như sau:

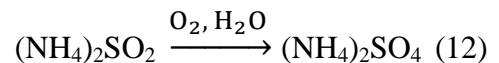
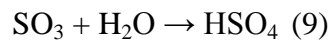
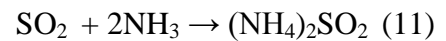
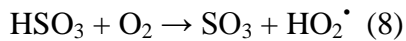
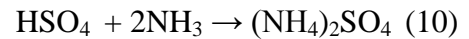
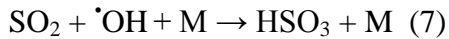


Hình 1. Sơ đồ khối của quá trình xử lý SO_x và NO_x bằng công nghệ bức xạ chùm tia điện tử

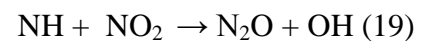
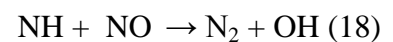
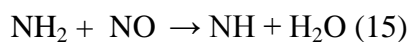
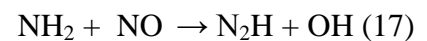
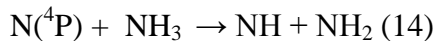
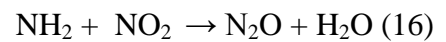
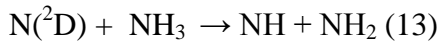
NO_2 được chuyển thành axit nitric trong phản ứng với $^{\cdot}\text{OH}$, HNO_3 phản ứng với NH_3 tạo ra amoni nitrat. M là thành phần trợ hấp thụ năng lượng dư thừa.



Cũng có thể có một số con đường oxy hóa SO_2 tùy thuộc vào các điều kiện. Trong EBT thông qua quá trình oxy hóa triệt để SO_2 và HSO_3 tạo ra amoni sunfat theo các bước sau:



Với sự hiện diện của amoniac, một phần của NO bị khử thành nitơ; do đó, nồng độ NH_4NO_3 trong sản phẩm thấp hơn mong đợi từ phản ứng (6), cơ chế khử được trình bày dưới đây:



Thông số chính trong loại bỏ NO_x là liều hấp thụ (liều). Phần còn lại của các tham số đóng vai trò nhỏ trong quá trình. Liều cao là cần thiết để loại bỏ NO_x nồng độ cao, trong khi SO_x được loại bỏ ở điều kiện thích hợp, tiêu thụ năng lượng thấp. Hiệu quả loại bỏ SO_x bằng 95% có thể dễ dàng đạt được; với NO sinh ra khi đốt nôi hơi bằng than hoặc dầu, hiệu quả loại bỏ là 70 - 80%. EBT đã cho thấy khả năng xử lý hydrocarbon thơm đa vòng (PAH) và các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC). Trong thử nghiệm được thực hiện trong điều kiện tối ưu với liều 12,4 kGy, hiệu quả loại bỏ đồng thời khoảng 98% đối với SO_2 và 80% đối với NO_x . Sự giảm đồng thời nồng độ PAH và hydrocarbon thơm một vòng [benzen, toluene và xylene

(BTX)] đã được quan sát thấy trong khí thải được chiếu xạ. Hiệu quả loại bỏ tổng thể khoảng 42% đối với PAH và 86% đối với BTX đã đạt được với liều hấp thụ 5,3 kGy. EBT là công nghệ kiểm soát khí thải đa chất ô nhiễm có thể được áp dụng để xử lý khí thải phát ra từ các lò hơi đốt than, than non, và dầu nặng. Các quy trình nhiệt khác như luyện kim và lò đốt rác thải đô thị là những ứng cử viên tiềm năng cho ứng dụng EBT. Các nhà máy sử dụng EBT quy mô công nghiệp và thí điểm được liệt kê trong Bảng 1.

Bảng 1. Các nhà máy sử dụng EBT quy mô công nghiệp và thí điểm

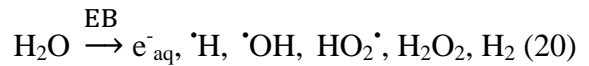
Nhà máy	Lưu lượng (Nm ³ /h)	Máy gia tốc	Liều (kGy)	SO ₂ /NO _x (ppm)
Indianapolis, USA (1984)	24000	800 keV×2, 160 kW	30	1000/400
Badenwerk, Germany (1985)	20000	300 keV, 180 kW	-	500/500
Kaweczyn, Poland (1992)	20000	700 keV×2, 100 kW	18,8	600/250
Nagoya, Japan (1992)	12000	800 keV×3, 108 kW	10,5	1000/300
EB-TECH, Korea (1995)	10000	1000 keV, 50 kW	8	600/400
Chengdu, China (1997)	300000	800 keV×2, 640 kW	3	1800/400
Pomorzany, Poland (1999)	270000	700 keV×4, 1050 kW	10	1630/540
Hangzhou, China (2002)	305400	800 keV×2, 640 kW	3	1800/400
Mariza East, Bulgaria (2004)	10000	800 keV×2, 108 kW	4	1000/300
Beijing, China (2006)	640000	1000 keV×3, 2850 kW	3	1900/400
Shandong, China (2007)	279000	800 keV×2, 1600 kW	3	1900/400
Jeddah, Saudi Arabia (2014)	2000	600 keV, 20 kW (đi động)	8	1400/130

2. 2. 2. Xử lý nước thải

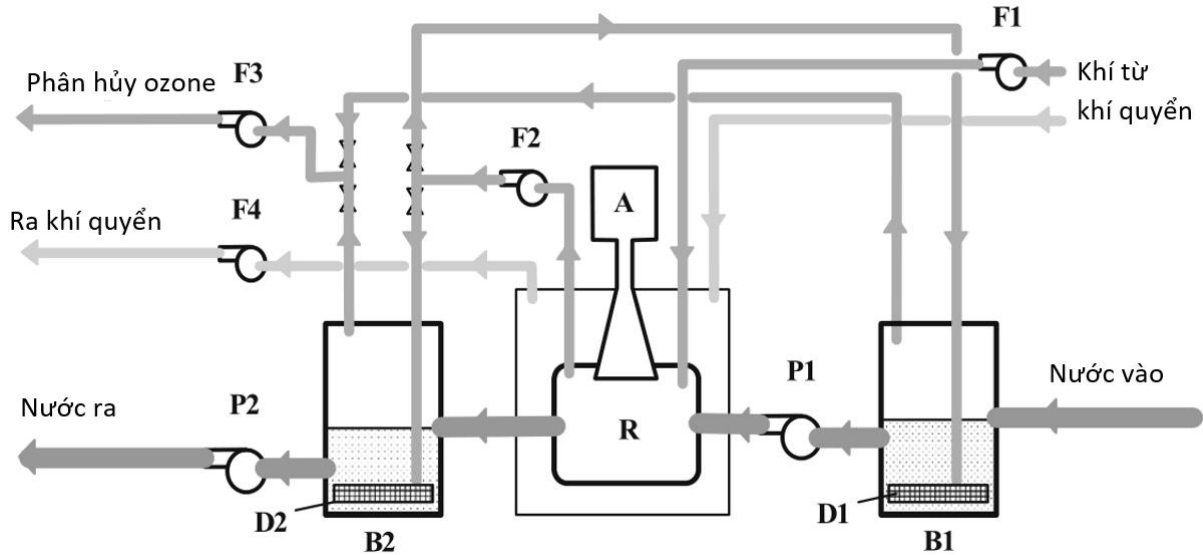
EBT xử lý nước thải bằng cách phân hủy các chất ô nhiễm do phản ứng của chúng với các thành phần có khả năng phản ứng cao được hình thành từ quá trình phân giải nước do chùm bức xạ electron như: các tương đương electron, gốc tự do OH và các nguyên tử H... Sự kết hợp giữa EBT với xử lý sinh học, hấp phụ và các phương pháp khác giúp cải thiện hiệu quả xử lý nước thải bằng EBT. Quá trình xử lý nước thải sử dụng EBT là sử dụng biến đổi hóa học các chất ô nhiễm gây ra bởi bức xạ ion hóa. Ở liều đủ cao, các biến đổi này có thể dẫn đến sự phân hủy hoàn toàn (loại bỏ) chất ô nhiễm. Trong điều kiện thực tế, với hàm lượng chất ô nhiễm trong nước thải khá cao và liều ở mức chấp nhận được về tính kinh tế, sự phân hủy một phần chất ô nhiễm diễn ra, tạo điều kiện thuận lợi các giai đoạn xử lý tiếp theo.

2. 2. 2. 1. Tương tác của electron với các phân tử nước trong môi trường nước

Các nhà công nghệ bức xạ đã nghiên cứu sử dụng bức xạ năng lượng cao để xử lý nước thải. Ưu điểm chính của công nghệ bức xạ là các phản ứng được tạo ra tại chỗ trong quá trình phân giải phóng xạ mà không cần thêm bất kỳ hóa chất nào. Kết quả của các ứng dụng thực tế đã xác nhận rằng công nghệ bức xạ có thể được sử dụng dễ dàng và hiệu quả để xử lý lượng lớn nước thải. Chiếu xạ năng lượng cao tạo ra các biến đổi phóng xạ tức thời bằng cách truyền năng lượng từ các electron gia tốc sang các electron quỹ đạo của các phân tử nước. Năng lượng hấp thụ làm rối loạn hệ thống điện tử của phân tử và dẫn đến phá vỡ liên kết giữa các nguyên tử. Các tương đương electron, nguyên tử H, gốc [•]OH và HO₂[•], H₂O₂ và H₂ là các sản phẩm trung gian và sản phẩm quan trọng nhất của các tương tác chính.



Trong đó, $\cdot\text{OH}$, $\text{HO}_2\cdot$, H_2O_2 có tính oxy hóa mạnh, e^-_{aq} và các nguyên tử H có tính khử mạnh. Sử dụng EBT xử lý nước thải nhằm mục đích làm giảm chất ô nhiễm với tốc độ nhanh hơn tốc độ của các quy trình thông thường. Sử dụng EBT xử lý nước thải nói chung có hiệu quả tối đa ở nồng độ chất ô nhiễm từ 10^{-3} mol/L (~100 ppm) hoặc ít hơn. Việc xử lý nước thải như vậy rất đơn giản, đòi hỏi một liều lượng thấp (~1 kGy hoặc ít hơn) và loại bỏ gần như hoàn toàn mùi, màu sắc, mùi vị và độ đục. Sơ đồ công nghệ đơn giản hóa của nhà máy xử lý nước thải chùm tia điện tử được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ đơn giản của nhà máy xử lý nước thải sử dụng EBT. Quạt khí: F1-F4; máy bơm nước: P1, P2; bộ khuếch tán: D1, D2; máy gia tốc: A; lò phản ứng: R; bể sơ cấp và thứ cấp: B1, B2

2. 2. 2. 2. Sử dụng EBT xử lý nước thải công nghiệp

Trong số các giải pháp xử lý nước, EBT là một lựa chọn rất hiệu quả, vì nó có thể đồng thời làm suy giảm cả các hợp chất hữu cơ độc hại và các chất gây ô nhiễm sinh học có mặt. EBT xử lý nước thải từ các nhà máy xử lý nước thải đô thị để tái sử dụng đã được chứng minh thành công bởi một số nghiên cứu. Việc xử lý nước thải bằng EBT từ các công ty nhuộm dệt trong Khu liên hợp công nghiệp nhuộm Daegu (Daegu Dyeing Industrial Complex - DDIC) ở quy mô công nghiệp đã cho hiệu quả tốt. DDIC bao gồm khoảng một trăm nhà máy có mức tiêu thụ nước cao (90000 m³/ngày), lượng nước thải công nghiệp có màu cao (80000 m³/ngày). Thành phần hóa học của nước thải bao gồm thuốc nhuộm hữu cơ, chất hoạt động bề mặt và các hợp chất hữu cơ khác. Sau khi vận hành thành công quy mô thí điểm (xử lý 1000 m³ nước thải/ngày), một nhà máy công nghiệp có máy gia tốc điện tử 1 MeV, 400 kW để xử lý 10000 m³/ngày nước thải dệt nhuộm từ DDIC đã được xây dựng và vận hành từ năm 2005. Nhà máy này được kết hợp với hệ thống xử lý sinh học và nó cho thấy việc giảm tiêu thụ thuốc thử hóa học, và cũng giảm thời gian lưu giữ nước với sự gia tăng hiệu quả loại bỏ COD_{Cr} và BOD₅ trên 30-40%. Xử lý nước thải dệt nhuộm sử dụng EBT cũng được nghiên cứu tích cực ở Brazil, Hungary và Thổ Nhĩ Kỳ...

2. 2. 3. Khía cạnh kinh tế và đề xuất phương án sử dụng EBT

EBT là một công nghệ mới để ứng dụng xử lý chất thải công nghiệp nguy hại dạng khí, lỏng. Các nghiên cứu và các báo cáo của IAEA cho thấy rằng EBT có tiềm năng ứng dụng lớn về xử lý chất thải công nghiệp nguy hại và cần phát triển, hoàn thiện hơn nữa ứng dụng này. Mặc dù chi phí ban đầu tương đối cao, nhưng sự phát triển của kỹ thuật máy gia tốc có thể làm giảm đáng kể cả đầu tư và chi phí vận hành của nhà máy sử dụng EBT. Trong những năm gần đây, các nhà máy thí điểm và nghiên cứu ở quy mô công nghiệp đã chỉ ra rằng EBT có thể

chiếm một vị trí quan trọng trong xử lý chất thải công nghiệp trong tương lai. Ở Việt Nam, [8] tổng công suất các nhà máy nhiệt điện than trong giai đoạn 2016-2030 sẽ tăng ở mức từ 13200 MW lên 55000 MW vào năm 2030. Đến năm 2020, tổng công suất các nhà máy nhiệt điện than đạt khoảng 26000 MW, chiếm 42,7% công suất đặt toàn hệ thống. Các nhà máy nhiệt điện than sản xuất khoảng 131 tỷ kWh, chiếm 49,3% tổng lượng điện sản xuất. Như vậy, tiềm năng ứng dụng EBT để xử lý SO_x và NO_x trong khí thải của nhà máy nhiệt điện đốt than là lớn. Việt Nam hoàn toàn có đủ năng lực triển khai ứng dụng EBT. Trước mắt, nhóm tác giả đề xuất đối tượng ứng dụng EBT là việc xử lý SO_x và NO_x trong khí thải của nhà máy nhiệt điện đốt than. Tuy nhiên, cần có những dự án thí điểm ứng dụng EBT để khi thương mại hóa sẽ có hiệu quả về kinh tế cao nhất có thể.

3. KẾT LUẬN

Sử dụng EBT xử lý khí, nước thải là một quá trình không có hóa chất và phụ gia. Công nghệ này sử dụng các phản ứng tồn tại trong thời gian ngắn hình thành trong quá trình chiếu xạ chùm electron để phân hủy các chất ô nhiễm một cách hiệu quả. Các tác nhân oxy hóa hoặc khử mạnh hình thành trong quá trình chiếu xạ chùm electron có thể biến đổi các chất ô nhiễm trong chất thải từ các ngành công nghiệp và nguồn gốc khác. Sự tiến bộ trong công nghệ máy gia tốc sẽ tạo ra những máy gia tốc có chi phí thấp hơn, tốc độ liều cao hơn, kích thước nhỏ gọn hơn phù hợp với dây chuyền sản xuất, độ tin cậy và các thông số quan trọng trong ứng dụng được nâng cao sẽ giúp EBT có thể chiếm một vị trí quan trọng trong tương lai. Hiện nay, EBT kết hợp với các phương pháp thông thường đã được chứng minh là giúp giảm đáng kể lượng thời gian, diện tích và năng lượng cần thiết để kiểm soát ô nhiễm môi trường. Sự phát triển liên tục, các yêu cầu khắt khe hơn đối với các tiêu chuẩn môi trường, sinh thái sẽ là một động lực để ứng dụng EBT phát triển. Tuyên truyền về ứng dụng EBT trong xử lý thải sẽ cải thiện, bảo vệ môi trường và cung cấp hỗ trợ thiết yếu trong phát triển công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bumsoo Han, Jinkyu Kim, Wongu Kang, Jang Seung Choi, Kwang-Young Jeong “Development of mobile electron beam plant for environmental applications”, *Radiation Physics and Chemistry*, 124, 174-178, 2016.
2. Andrzej Pawelec, Andrzej G. Chmielewski, Janusz Licki, Bumsoo Han, Jinkyu Kim, Noushad Kunnummal, Osama I. Fageeha “Pilot plant for electron beam treatment of flue gases from heavy fuel oil fired boiler”, *Fuel Processing Technology*, 145, 123-129, 2016.
3. Janusz Licki, Andrzej Grzegorz Chmielewski, Andrzej Pawelec, Zbigniew Zimek, Andrzej Bigos “Electron beam technology for multi-pollutant emissions control at a coal-fired boiler, current issues”, *Journal of Power Technologies*, 93 (5), 330-338, 2013.
4. International Atomic Energy Agency, (2006), Radiation Treatment of Gaseous and Liquid Effluents for Contaminant Removal, IAEA-TECDOC-1473, IAEA, Vienna.
5. B. Han, J. Kim, Y. Kim, J.S. Choi, I.E. Makarov, A.V. Ponomarev “Electron beam treatment of textile dyeing wastewater: operation of pilot plant and industrial plant construction”, *Water Science and Technology*, 52 (10-10), 317-324, 2005.
6. Andrzej G. Chmielewski “Electron Accelerators for Environmental Protection”, *Reviews of Accelerator Science and Technology*, 4 (1), 147-159, 2011.

7. T.D. Waite, C.N. Kurucz, WJ. Cooper, D. Brown, (1998), Full scale electron beam systems for treatment of water, wastewater and medical waste, IAEA-TECDOC--1023, IAEA, Vienna.
8. <https://dantocmiennui.vn/chinh-sach/phat-trien-nhiet-dien-voi-cong-nghe-than-sach-se-duoc-uu-tien/165204.html> (truy cập 30-4-2019)

OVERVIEW OF ELECTRON BEAM TECHNOLOGY APPLICATION IN HAZARDOUS INDUSTRIAL WASTE TREATMENT

NGUYEN HUU DUC, DOAN THI THU HIEN, DOAN THANH SON, NGUYEN THANH THUY, NGUYEN AN THAI, NGUYEN NHO LAN, NGUYEN VAN TUNG, HOANG VAN DUC, HOANG NHUAN

*Institute for Technology of Radioactive and Rare Elements, 48 Lang Ha - Dong Da - Ha Noi
Email: nghuuduc2001@yahoo.com*

Abstract: This article presented overview documents of the application of Electronic Beam Technology (EBT) in the field of hazardous industrial waste treatment (focus on gas and liquid waste, especially treatment of SO_x and NO_x in the emissions of coal-fired thermal power plants). This work aims at improving scientific research capacity; accessing to technology and technical services in the field of using EBT application to treat hazardous industrial waste. Thereby proposing a plan to treat hazardous industrial waste using EBT in Vietnam. To do this, we have: found, read, researched standards, regulations and documents on EBT application in the treatment of hazardous industrial waste; researched and learned about the use of some electron accelerators in Vietnam; analyzed and summarized the experience to reconsider the past achievements of the application in order to draw useful conclusions for reality and science; exploited the evaluation of experts to consider, analyze to find out the solutions to the problem. The article presented the scientific basis, block diagram, how to proceed, evaluate the process efficiency and economic aspect... of EBT application in treating hazardous industrial waste in liquid and gas form; analyzed to show that the potential of EBT application in treating hazardous industrial waste in Vietnam is large. The capacity of scientific research and basic knowledge in the field of using EBT application to treat hazardous industrial waste of the research team members have been enhanced. With these results, hazardous industrial waste treatment plan using EBT in Vietnam has also been proposed.

Keywords: *electron beam technology, hazardous industrial waste, waste treatment.*