

CÔNG NGHỆ BỨC XẠ CHÙM ĐIỆN TỬ (EB) VÀ NHỮNG ỨNG DỤNG TRONG XỬ LÝ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG

ĐOÀN THỊ THU HIỀN, ĐOÀN THANH SƠN, NGUYỄN VĂN TÙNG, NGUYỄN THANH THỦY, NGUYỄN AN THÁI

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

E-mail: doanthuhien82@gmail.com

Tóm tắt: Công nghệ bức xạ chùm điện tử (EB) là một công nghệ hiện đại, sử dụng các chùm điện tử mang năng lượng cao được gia tốc để tác dụng vào vật chất theo nhiều mục đích khác nhau. Trong việc xử lý ô nhiễm môi trường, công nghệ này có những ưu điểm nổi trội nhờ khả năng ôxy hóa cao, xử lý được một cách hiệu quả, triệt để. Đặc biệt đối với các loại hợp chất hữu cơ khó phân hủy (PoPs), độc hại có trong nước thải, khí thải và bùn thải được phát sinh từ các quá trình sản xuất công nghiệp (các nhà máy nhiệt điện, khu công nghiệp, làng nghề truyền thống), nông nghiệp (hóa chất bảo vệ thực vật, phân bón) và sinh hoạt (rác thải y tế, sinh hoạt), công nghệ này đã được ứng dụng nhiều nước trên thế giới. Với hiện trạng môi trường Việt Nam hiện nay, việc tìm hiểu và nghiên cứu công nghệ này để từ đó đề xuất được giải pháp xử lý hữu hiệu các nguồn gây ô nhiễm là cần thiết.

Từ khóa: Công nghệ bức xạ chùm điện tử, ô nhiễm môi trường, PoPs...

I. MỞ ĐẦU

Trong những thập kỷ gần đây, từ việc phát triển các ngành công nghiệp mạnh mẽ và sự gia tăng dân số cùng với lượng chất thải khổng lồ được sinh ra đã dẫn đến nhiều ảnh hưởng tới môi trường. Sự ô nhiễm không khí và nguồn nước ngày càng nghiêm trọng, đòi hỏi cần có các kỹ thuật xử lý hiệu quả các nguồn ô nhiễm này. Công nghệ bức xạ chùm điện tử (EB) là một công nghệ hiện đại, sử dụng các chùm điện tử mang năng lượng cao được gia tốc để tác dụng vào vật chất theo nhiều mục đích khác nhau. Trong việc xử lý ô nhiễm môi trường, công nghệ này có những ưu điểm nổi trội nhờ khả năng ôxy hóa cao, xử lý được một cách hiệu quả, triệt để. Đặc biệt đối với các loại hợp chất hữu cơ khó phân hủy (PoPs), độc hại có trong nước thải, khí thải và bùn thải được phát sinh từ các quá trình sản xuất công nghiệp (các nhà máy nhiệt điện, khu công nghiệp, làng nghề truyền thống), nông nghiệp (hóa chất bảo vệ thực vật, phân bón) và sinh hoạt (rác thải y tế, sinh hoạt), công nghệ này đã cho thấy những ưu điểm nổi trội khi được ứng dụng xử lý tại nhiều nước trên thế giới. Với hiện trạng môi trường Việt Nam hiện nay, việc tìm hiểu và nghiên cứu công nghệ này để từ đó đề xuất được giải pháp xử lý hữu hiệu các nguồn gây ô nhiễm là cần thiết.

II. NỘI DUNG

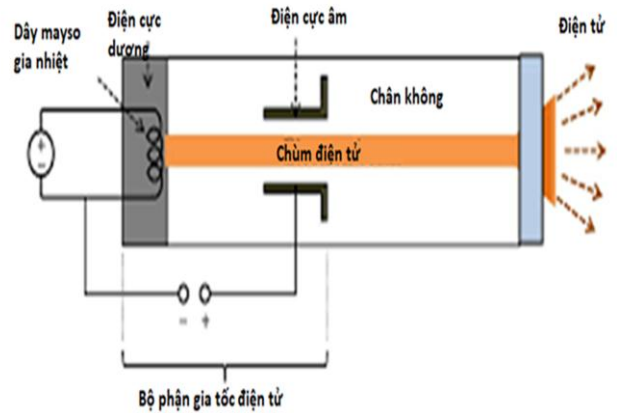
II.1. Công nghệ chùm điện tử (EB):

Công nghệ chùm điện tử xử lý vật liệu (E-Beam) (bức xạ ion hóa β) là một quá trình xử lý vật liệu bằng các electron mang năng lượng cao được tạo ra bởi một máy gia tốc để gây ra các hiệu ứng cụ thể. Các điện tử mang năng lượng thay đổi từ keV đến MeV, phụ thuộc vào mục đích sử dụng. Trên toàn thế giới, hiện nay có hơn 1700 cơ sở sử dụng công nghệ chùm điện tử (EB) tạo ra giá trị sản phẩm thương mại lên đến hơn 100 tỷ đôla; Ứng dụng trên 25 quốc gia: Canada, Hàn Quốc, Ấn Độ, Trung Quốc, Mỹ...(Theo tạp chí: Topics in Current Chemistry, tháng 10/2016)

Máy gia tốc điện tử công nghiệp có thể được phân loại gồm: các máy có công suất năng lượng thấp, năng lượng trung bình và năng lượng cao, phụ thuộc vào năng lượng của các electron được tạo ra. Các máy gia tốc tạo ra điện tử có năng lượng ít hơn 1 MeV được phân loại là năng lượng thấp. Các máy năng lượng trung bình tạo ra các điện tử có năng lượng trong vùng giới hạn năng lượng từ 1 đến 5 MeV. Các máy gia tốc năng lượng cao tạo ra điện tử với năng lượng lớn hơn 5 MeV.

1. Cấu tạo một hệ thống EB:

Một hệ thống e-beam có cấu tạo cơ bản gồm những bộ phận chính như sau: Một bộ phận cung cấp điện để tạo ra một điện áp cao, dòng điện một chiều. Một bộ phận gia tốc để tạo ra điện tử và tăng tốc cho chúng. Một buồng quét có khe cửa sổ bức xạ, tại đó các electron đã được gia tốc được quét đến điểm chiếu xạ cần thiết. Hệ thống chân không để duy trì phần tăng tốc và buồng quét trong trạng thái chân không cao. Một bộ điều khiển để quan sát và kiểm soát tất cả các thiết bị. Một thiết bị vận chuyển để đưa các vật liệu đến điểm chiếu bức xạ. Một hệ thống an toàn để che chắn tia X và loại bỏ các bức xạ tạo ra bởi sự tương tác giữa vật liệu và chùm điện tử.



Hình 1: Cấu tạo hệ thống EB

2. Nguyên lý hoạt động của hệ thống EB:

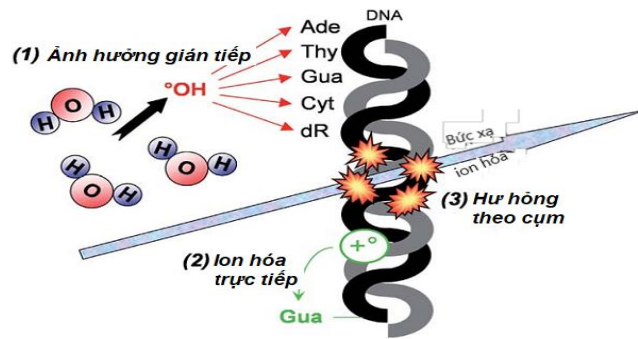
Khi hệ thống hoạt động, dây điện trở tại cathode bị đốt nóng, thường do cảm ứng điện từ, tới nhiệt độ 2500 độ C. Các điện tử này được gia tốc và định hình thành 1 dòng chuẩn trực bởi một trường tĩnh điện do cấu hình điện cực được sử dụng. Sau đó, chùm điện tử được dẫn thông qua khe của điện cực anode. Điện cực anode được đặt vào một điện áp cao thể sẽ thu hút các electron và làm cho chúng ngày một tăng tốc. Khi chúng truyền đi qua vùng ảnh hưởng của anode, các electron có thể đạt được tốc độ bằng một nửa tốc độ ánh sáng.

Sau khi đi qua bộ định dòng anode, chùm điện tử sẽ truyền qua một loạt các lăng kính hội tụ và cửa sổ từ. Các lăng kính sẽ tạo hình cho tia electron và làm giảm sự tán xạ. Còn các cửa sổ chỉ cho phép những điện tử đã được tăng tốc đạt chuẩn đi qua và bắt lại những electron có mức năng lượng thấp. Sau đó, chùm điện tử đi qua một thấu kính điện tử và hệ thống cuộn dây lệch. Thấu kính được sử dụng để tạo ra một điểm để chùm điện tử tập trung, còn cuộn dây lệch được sử dụng để định vị điểm mà chùm điện tử đi ra tới bộ chia. Các quá trình trên được thực hiện trong buồng chân không. Từ bộ chia, chùm điện tử được chiếu vào các vật liệu cần xử lý

3. Cơ chế tương tác với vật chất của EB:

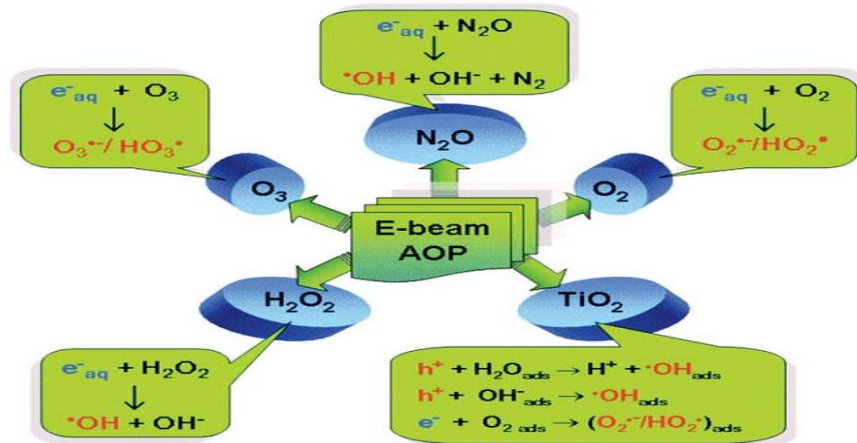
EB tương tác với vật chất theo 03 cơ chế: phá vỡ các tế bào và gen (DNA), tác dụng với nước tạo thành các gốc tự do và cắt mạch các liên kết trong hợp chất hữu cơ. EB tác động với DNA theo 3 cách: cách thứ nhất là tác động gián tiếp do sự chiếu xạ nước làm sinh ra các gốc tự do và

các gốc này tác động đến DNA. Cách thứ hai là tác động trực tiếp, gây ion hóa các cấu trúc của DNA do năng lượng cao của chùm điện tử. Cách thứ ba là tác động theo nhóm.



Hình 2: Tác động của EB đối với DNA

Khi chùm điện tử tiếp xúc với nước tạo ra các gốc tự do: $\cdot\text{OH}$, $\cdot\text{H}$, H_2 , H_2O_2 , H_3O^+ ...



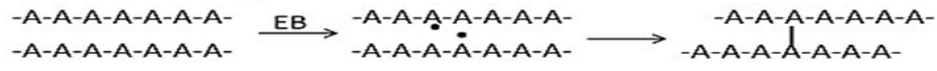
Hình 3: EB tác động với nước tạo ra các gốc tự do

EB được sử dụng phổ biến trong ngành công nghiệp Polymer nhờ khả năng cắt mạch các liên kết. Các quá trình EB thường được sử dụng như: Xúc tác trùng hợp, Khâu mạch và ghép mạch.

A. Xúc tác trùng hợp bằng EB



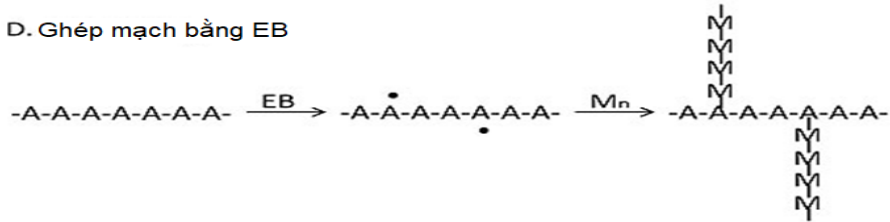
B. Khâu mạch bằng EB



C. Nối mạch bằng EB



D. Ghép mạch bằng EB



Hình 4: Các quá trình sử dụng EB trong công nghiệp Polymer

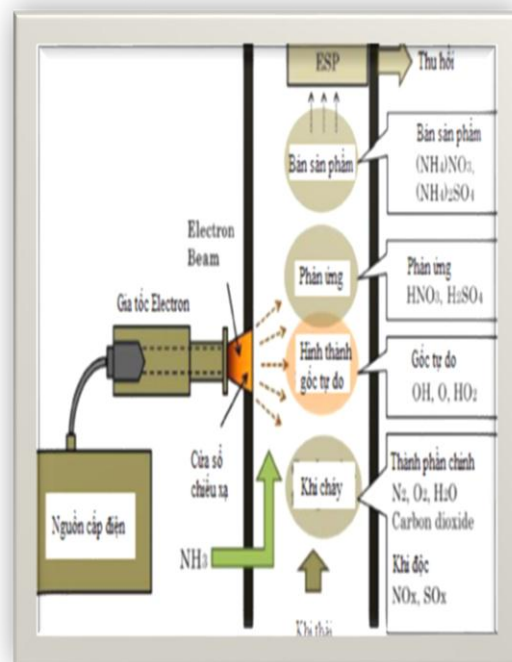
II.2. NHỮNG ỨNG DỤNG CỦA CÔNG NGHỆ CHÙM ĐIỆN TỬ (EB) TRONG XỬ LÝ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG

Dựa vào khả năng ion hóa cao của chùm điện tử mang năng lượng cao, EB được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực của đời sống xã hội. Trong y tế và các vấn đề liên quan đến chăm sóc sức khỏe, EB được ứng dụng nổi bật để khử trùng các thiết bị y tế đạt hiệu quả và độ an toàn cao. Trong các ngành nông nghiệp và chế biến lương thực, thực phẩm, EB giúp diệt khuẩn, kéo dài được thời gian bảo quản các loại thực phẩm, đóng vai trò quan trọng trong thương mại và an ninh lương thực toàn cầu. Trong các ngành công nghiệp, EB ngày càng được ứng dụng nhiều như công nghiệp điện (các loại dây cáp điện), công nghiệp sơn (các loại sơn ngoài trời), công nghiệp Polymer (nâng cấp và tạo ra các loại vật liệu mới)... Trong các lĩnh vực liên quan đến môi trường, EB cũng đã được ứng dụng để xử lý các loại chất thải gây ô nhiễm môi trường tại nhiều quốc gia. Các loại chất thải gây ô nhiễm môi trường được quan tâm nhất là các loại được sinh ra từ hoạt động của các ngành công nghiệp. Ba dạng chất thải chủ yếu là: chất thải dạng khí như là khí thải từ các nhà máy nhiệt điện, các nhà máy luyện kim và xi măng. Dạng lỏng như là nước thải từ các nhà máy hóa chất, nhà máy sản xuất thức ăn gia súc và các nhà máy dệt vải thuộc da. Các loại chất thải dạng bùn chủ yếu là chất thải thứ cấp từ quá trình xử lý chất thải dạng lỏng.

1. Ứng dụng của công nghệ EB trong xử lý khí thải

Các đối tượng khí thải áp dụng công nghệ EB là các loại khí thải phát sinh từ các nhà máy công nghiệp như: nhà máy nhiệt điện, nhà máy lọc dầu, nhà máy xi măng... Thành phần chủ yếu của các loại khí thải này là CO, CO₂, SO_x, NO_x, N₂, H₂O (hơi) với hàm lượng khác nhau. Công nghệ hóa học để xử lý khí thải này đặc biệt đối với các nhà máy nhiệt điện thường được sử dụng kết hợp 2 quá trình: khử lưu huỳnh và chọn chất xúc tác. Để khử lưu huỳnh, người ta sử dụng vôi và đá vôi kết hợp với SO_x tạo thành thạch cao. Khí amoniac được chọn làm chất xúc tác. Khi đó NO_x tác dụng với khí này tạo thành khí N₂ và làm giảm lượng khí NO_x. Ưu điểm của phương pháp này là hiệu quả xử lý được đến 99% với SO_x và 95% với NO_x. Nhược điểm của phương pháp này là hệ thống xử lý phức tạp do phải kết hợp 2 hệ thống xử lý SO_x và NO_x riêng biệt. Và các sản phẩm phụ từ quá trình xử lý cần được xử lý mới có thể tái

Khi sử dụng hệ thống EB với năng lượng từ 0,7 đến 1,0 MeV, cả 2 loại khí trên được xử lý đồng thời trong cùng một hệ thống, hiệu quả thu hồi đến 98% với SO_x và 82% với NO_x. Và sản phẩm phụ được tạo ra có thể sử dụng trực tiếp làm phân bón. Trên thế giới, công nghệ này đã được sử dụng từ những năm 80-90 tại Mỹ, Đức, Nhật Bản, Trung Quốc và Ba Lan...[7]

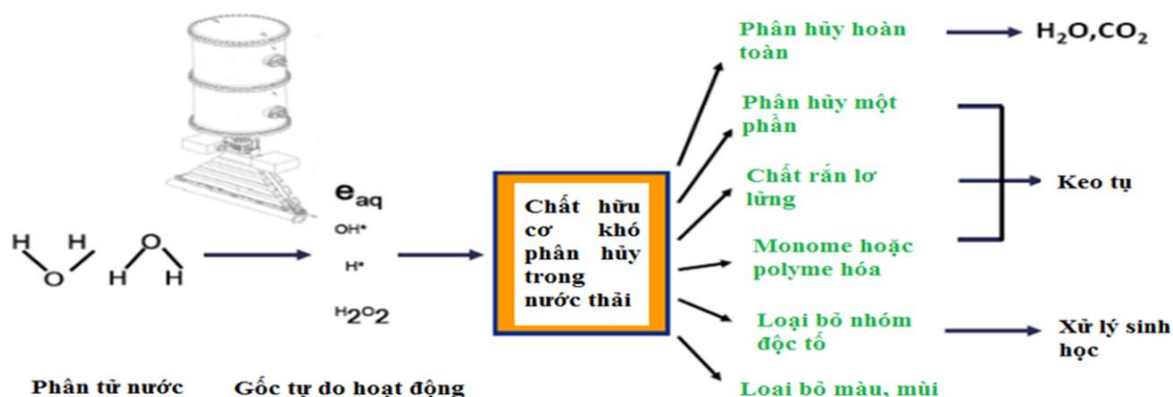


Hình 5: Cơ chế xử lý khí thải bằng công nghệ EB

2. Ứng dụng công nghệ EB trong xử lý nước thải

Các đối tượng nước thải được áp dụng công nghệ EB để xử lý được phân loại theo mức độ ô nhiễm: ô nhiễm nặng và ô nhiễm nhẹ. Các loại nước thải bị ô nhiễm nặng gồm: nước thải từ các nhà máy công nghiệp như thuộc da, nhuộm vải, giấy, lọc dầu và từ các bãi chôn lấp rác thải... Đặc trưng của loại nước thải này là thành phần chứa nhiều chất hữu cơ khó phân hủy, COD và BOD rất cao, gây mùi khó chịu. Các loại nước thải bị ô nhiễm nhẹ gồm: các loại nước ngầm, nước từ ao hồ, sông và nước thải sinh hoạt. Đặc trưng của các loại nước thải này là hàm lượng chất thải ít hơn và có thể tái sử dụng trong các ngành công nghiệp. Mục tiêu chính khi áp dụng công nghệ EB để xử lý nước thải là để loại bỏ các chất ô nhiễm hữu cơ, loại bỏ màu, mùi và khử trùng, diệt khuẩn. Các chất hữu cơ khó phân hủy là phần quan trọng nhất cần xử lý trong nước thải do tính độc tố và nguy hại lớn đến môi trường. Từ trước đến nay, quá trình hóa học vẫn thường được sử dụng để xử lý các hợp chất hữu cơ khó phân hủy là Fenton. Đây là phương pháp sử dụng các loại muối sắt II, và III có khả năng ion hóa cao để phá vỡ các chất hữu cơ khó phân hủy. Ưu điểm của phương pháp này là xử lý được nhiều loại nước thải chứa nhiều chất độc hại, chất hữu cơ khó phân hủy. Nhược điểm của phương pháp này là sử dụng nhiều loại hóa chất. Mỗi loại chất thải khác nhau cần điều chỉnh chế độ xử lý khác nhau. Do việc sử dụng nhiều loại hóa chất nên phương pháp này tạo ra nhiều chất thải thứ cấp. Mỗi bước của quá trình xử lý cũng cần thời gian để hoàn thành nên thời gian xử lý kéo dài.

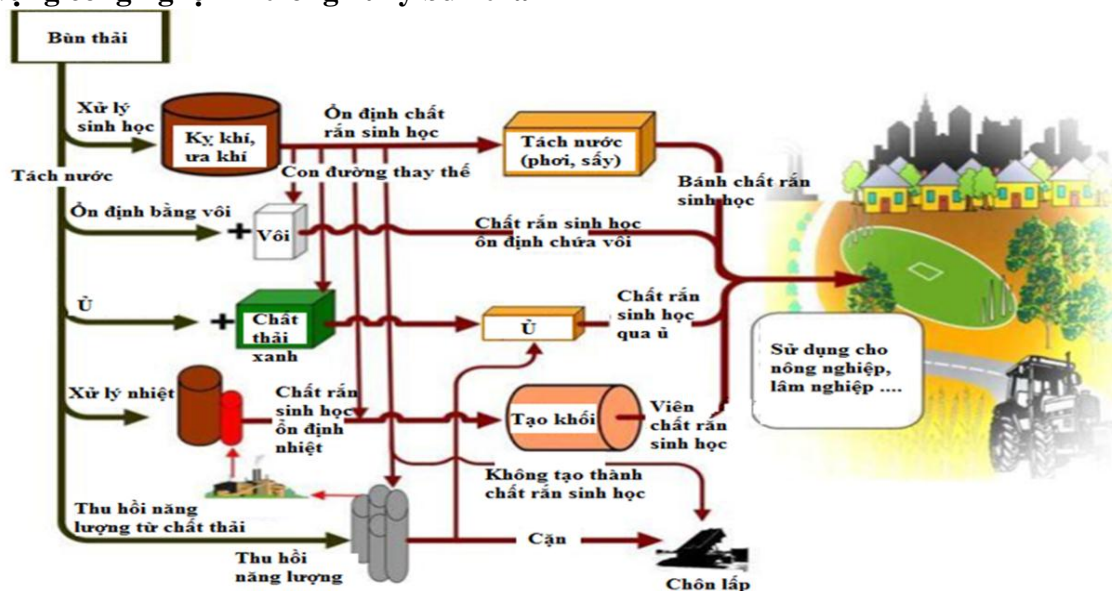
Dùng công nghệ EB để xử lý nước thải là dựa vào khả năng ion hóa mạnh của chùm điện tử được sinh ra với nước tạo ra các gốc tự do, phá vỡ cấu trúc của các hợp chất hữu cơ khó phân hủy về các dạng dễ xử lý hơn. Nguồn năng lượng EB được sử dụng là từ 1MeV đến 2MeV. Ưu điểm của quá trình xử lý bằng EB là: việc kiểm soát và điều chỉnh liều chiếu cho từng loại nước thải rất dễ dàng, không chịu ảnh hưởng của nhiệt độ. Đồng thời với việc xử lý nhiều hợp chất hữu cơ khó phân hủy thì còn khử được cả màu, mùi và các vi khuẩn có trong nước thải. Đặc biệt là thời gian xử lý nhanh. Cơ chế xử lý như hình vẽ sau:



Hình 6: Cơ chế xử lý nước thải bằng công nghệ EB

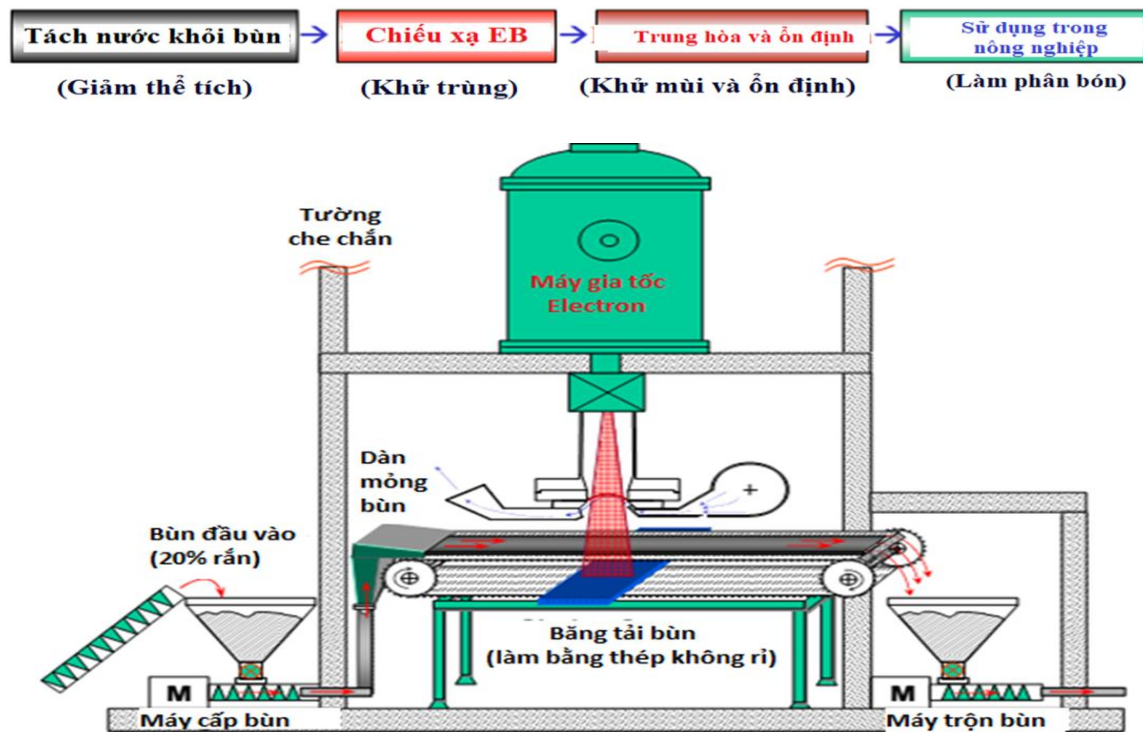
Chính bởi vậy mà bước xử lý bằng EB được đặt vị trí đầu tiên trong cả quá trình, làm giảm thời gian và chi phí các bước xử lý tiếp theo. Do đó, phải khẳng định rằng xử lý bằng EB không thay thế hoàn toàn được cả quá trình xử lý nước thải. Trên thế giới, công nghệ xử lý này đã được áp dụng từ rất sớm, những năm 80 tại Mỹ, Canada, Nga và Hàn Quốc...

3. Ứng dụng công nghệ EB trong xử lý bùn thải



Hình 8: Các phương pháp xử lý sinh học bùn thải

Bùn thải được hình thành chủ yếu từ quá trình xử lý các loại nước thải với các loại tạp chất còn sót lại từ các quá trình xử lý trước và đặc biệt là nguy cơ sinh học do các loại vi khuẩn, vi rút và các ký sinh trùng. Chính bởi vậy, các phương pháp xử lý bùn thải thông thường là các phương pháp sinh học. Các phương pháp này đòi hỏi thời gian xử lý rất nhiều.



Hình 9: Cơ chế xử lý bùn thải bằng công nghệ EB

Khi đưa công nghệ EB vào xử lý bùn thải, thời gian xử lý được rút ngắn đáng kể và đảm bảo vấn đề diệt khuẩn được triệt để. Đặc biệt phương pháp này có thể xử lý được khối lượng rất lớn bùn thải một cách nhanh chóng. Tuy nhiên, do có những hạn chế khi xử lý chất thải dạng rắn, nên công nghệ EB không được sử dụng nhiều. Trên thế giới, Mỹ, Nhật Bản, Ba Lan là những quốc gia có các nhà máy áp dụng công nghệ EB xử lý bùn thải rất lớn, từ những năm 80-90. Gần đây, Isarel cũng đã xây dựng một cơ sở như vậy. [6]

Như vậy, ưu điểm lớn nhất của công nghệ EB trong xử lý chất thải gây ô nhiễm môi trường là thân thiện với môi trường. Điều này là do trong quá trình xử lý không sử dụng hóa chất nên không tạo ra dư lượng hóa chất, đồng thời sẽ ít sinh ra chất thải thứ cấp. Ưu điểm thứ 2 là thời gian xử lý nhanh, làm giảm chi phí vận hành, sản xuất, giảm thời gian phơi nhiễm phóng xạ không cần thiết. Ưu điểm thứ 3 rất đáng lưu ý của công nghệ này chính là tính linh hoạt cao với hệ thống EB di động. Hơn nữa, chi phí đầu tư cho công nghệ này thấp hơn mà độ an toàn lại cao hơn so với các kỹ thuật bức xạ khác. Nhược điểm lớn nhất của công nghệ này chính là chi phí đầu tư ban đầu thuộc nhóm cao do đây là một loại công nghệ tiên tiến, đòi hỏi các hệ thống thiết bị đi kèm có độ chuẩn xác và kỹ thuật cao. Đối với các loại chất thải dạng rắn, công nghệ này gặp nhiều hạn chế khi xử lý.

III. KẾT LUẬN

Công nghệ chùm điện tử (EB) là một kỹ thuật bức xạ tiên tiến với nhiều ứng dụng hữu ích cho nhiều lĩnh vực trong đời sống. Ở Việt Nam, những ứng dụng các kỹ thuật bức xạ hạt nhân ngày càng phổ biến và cho thấy hiệu quả đáng kể. Tuy nhiên công nghệ chùm điện tử còn rất ít được sử dụng, mới chỉ dừng ở việc chiếu xạ khử trùng các thiết bị y tế và diệt khuẩn thực phẩm. Trong lĩnh vực xử lý chất thải gây ô nhiễm môi trường, công nghệ EB tuy đã được ứng dụng nhiều trên thế giới nhưng ở Việt Nam là hoàn toàn chưa có. Hiện nay, do đẩy mạnh phát triển các ngành công nghiệp phục vụ cho nền kinh tế đất nước, cùng với sự gia tăng nhanh của dân số, một lượng lớn chất thải các loại được sinh ra. Năng lực xử lý các loại chất thải gây ô nhiễm môi trường này còn nhiều hạn chế, không thể đáp ứng được một cách triệt để. Những phương pháp thông thường tuy có thể xử lý được tạm thời nhưng lại sinh ra một lượng chất thải thứ cấp không nhỏ. Công nghệ chùm điện tử (EB) có thể là một giải pháp hữu ích để giải quyết vấn đề chất thải gây ô nhiễm môi trường của Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bumsoo Han, JaeIn Ko, JinKyu KIM, Yuri KIM, WooHo Chung, “ Industrial Wastewater Treatment with Electron Beam”, JAERI-Conf 2001-005
- [2] IAEA- TECDOC-1598, “Radiation treatment of polluted water and wastewater” Margherita Venturi, Mila D’Angelantonio, “Applications of Radiation Chemistry in the Fields of Industry, Biotechnology and Environment”
- [3] Calhoun L., Allen J., et al. Application of Electron Beam for Sterilizing Medical Devices. Technical paper. The Titan Corporation. USA
- [4] Han B et al (2016) Development of mobile electron beam plant for environmental applications. Rad Phys Chem 124:174–178
- [5] International journal of multidisciplinary sciences and engineering, Vol.2, No.6, September 2011
- [6] Design of Electron Beam Sludge Hygienization Plant, Y. Kim, B. Han, J. K. Kim, EB TECH Co., Ltd., Daejeon, Korea, International Topical Meeting on Nuclear Research Applications and Utilization of Accelerators Vienna, Austria 4 - 8 May 2009
- [7] Electron Beam Treatment of Organic Pollutants Contained in Gaseous Streams, Coordinated Research Project (CRP F2.30.24), Vienna, Austria, 23 – 27 May 2005

**ELECTRON BEAM TECHNOLOGY (EB) AND APPLICATIONS
FOR ENVIRONMENTAL POLLUTION TREATMENT**
ĐOÀN THỊ THU HIỀN, ĐOÀN THANH SƠN, NGHUYỄN VĂN TÙNG, NGUYỄN THANH
THỦY, NGUYỄN AN THÁI

Institute for technology of radioactive and elements: 48 Láng Hạ, Đống Đa, Hà Nội

E-mail: doanthuhien82@gmail.com

Abstract: Electron Beam technology (EB) is a modern technology that uses accelerated high-energy electron beams to manipulate matter for a variety of purposes. In the treatment of environmental pollution, this technology has outstanding advantages due to its high oxidation capacity, effectively and completely. Especially for persistent organic pollutants (PoPs), toxic in water waste, exhaust gases and sludge are generated from industrial processes (thermal power plants, industrial parks, traditional craft villages), agriculture (chemical protection of plants, fertilizers) and daily life (medical waste, living waste), this technology has been applied in many countries around the world. Given the current state of the Vietnamese environment, it is necessary to explore and research this technology so as to propose solutions for the effective treatment of pollutants.

Key words: Electron beam technology, environmental pollution, PoPs (Persistent Organic Pollutants)...