



SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRUNG TÂM THÔNG TIN VÀ THỐNG KÊ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

XỬ LÝ CHẤT THẢI ĐIỆN TỬ

XU HƯỚNG NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ TRÊN THẾ GIỚI
VÀ MỘT SỐ GIẢI PHÁP ỨNG DỤNG TẠI VIỆT NAM



MỤC LỤC

PHẦN MỞ ĐẦU

PHẦN 1 - TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ XỬ LÝ CHẤT THẢI ĐIỆN TỬ TRÊN THẾ GIỚI..... 1

- 1.1 Bảo hộ sáng chế về xử lý chất thải điện tử theo thời gian 1
- 1.2 Bảo hộ sáng chế về xử lý chất thải điện tử theo các châu lục 2
- 1.3 Bảo hộ sáng chế về xử lý chất thải điện tử tại một số quốc gia và vùng lãnh thổ 3
- 1.4 Các hướng nghiên cứu công nghệ xử lý chất thải điện tử 4
 - 1.4.1 Nghiên cứu xử lý theo nguồn chất thải điện tử..... 5
 - 1.4.2 Các giải pháp kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử 7
 - 1.4.3 Nghiên cứu thu hồi, tái chế vật liệu từ chất thải điện tử..... 10
- 1.5 Các đơn vị sở hữu nhiều sáng chế về xử lý chất thải điện tử 14
 - 1.5.1 Top 20 đơn vị sở hữu sáng chế nhiều nhất..... 14
 - 1.5.2 Các hướng nghiên cứu chính của Top 20 đơn vị sở hữu sáng chế nhiều nhất.. 15

PHẦN 2 - CÁC GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ XỬ LÝ CHẤT THẢI ĐIỆN TỬ TẠI VIỆT NAM.. 18

- 2.1 Các sáng chế được bảo hộ tại Việt Nam..... 18
 - 2.1.1 Sáng chế về kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử 18
 - 2.1.2 Sáng chế thu hồi vật liệu từ chất thải điện tử 20
- 2.2 Các giải pháp công nghệ trong nước sẵn sàng chuyển giao 22
 - 2.2.1 Quản lý chất thải điện tử tại Việt Nam theo định hướng kinh tế tuần hoàn..... 22
 - 2.2.2 Lò đốt bằng mạch và tái chế kim loại trong xử lý rác thải điện tử 24
 - 2.2.3 Một số giải pháp tái chế vàng và ứng dụng vật liệu hấp phụ trong công nghệ tái chế rác thải điện tử 26
 - 2.2.4 Công nghệ thu hồi Yttri và Europi từ đèn huỳnh quang sau sử dụng 27
 - 2.2.5 Thiết bị nghiền cắt trong quy trình xử lý và tái chế linh kiện điện tử 28
 - 2.2.6 Chương trình Việt Nam tái chế 30

PHẦN 3 - KẾT LUẬN 32

- 3.1 Về các xu hướng phát triển công nghệ xử lý chất thải điện tử trên thế giới..... 32
- 3.2 Điểm nét về tình hình nghiên cứu, ứng dụng công nghệ xử lý chất thải điện tử tại Việt Nam 33
- 3.3 Một số khuyến nghị 34

PHẦN MỞ ĐẦU

Xử lý chất thải điện tử đang được rất nhiều quốc gia trên thế giới quan tâm vì 2 lý do chính: Thứ nhất, đó là tác hại nghiêm trọng của rác thải điện tử đối với môi trường và sức khỏe con người; thứ hai, việc xử lý, tái chế rác thải điện tử còn nhiều hạn chế, chưa mang lại hiệu quả cao.

Theo số liệu công bố của Liên hợp quốc tại báo cáo “*Giám sát rác thải điện tử toàn cầu năm 2020*”, trong năm 2019, trên toàn thế giới có tổng cộng 53,6 triệu tấn rác thải điện tử; dự báo sẽ có khoảng 74 triệu tấn rác thải điện tử mỗi năm sau 2030. Chất thải điện tử đang trở thành dòng chất thải sinh hoạt gia tăng nhanh nhất thế giới với nhiều lý do như số lượng thiết bị điện tử được tiêu thụ ngày càng nhiều hơn, vòng đời ngắn hơn và các sản phẩm điện tử khi hư hỏng ít được sửa chữa, mà thay bằng mua mới. Trong số 53,6 triệu tấn rác thải điện tử được thải ra trong năm 2019, chỉ có 17% rác thải được tái chế. Trong đó, châu Á là nơi tạo ra rác thải điện tử nhiều nhất với khoảng 24,9 triệu tấn nhưng tỷ lệ tái chế chỉ đạt 12%; châu Âu tạo ra 12 triệu tấn rác thải điện tử nhưng có tỷ lệ tái chế cao nhất với mức 42%.

Ở Việt Nam, theo số liệu thống kê của Tổ chức Thống kê rác thải điện tử toàn cầu (The Global E-Waste Statistics Partnership – GESP), trong năm 2019, có 514.000 tấn sản phẩm điện tử được đưa ra thị trường, phát sinh 257.000 tấn chất thải điện tử. Cũng theo nguồn này, tỉ lệ tiêu thụ sản phẩm điện tử của người Việt Nam là 5,4kg/người, tải lượng chất thải điện tử tính theo đầu người tại Việt Nam là khoảng 2,7kg/người (so sánh với thế giới là 7,3 kg/người, với châu Á là 5,6kg/người). Như vậy, Việt Nam cũng là nước có tải lượng chất thải điện tử tương đối cao trong khu vực và theo xu thế chung sẽ tiếp tục gia tăng trong các năm tiếp theo.

Trong rác thải điện tử có chứa rất nhiều hợp chất khác nhau, chủ yếu là kim loại và các hợp chất cao phân tử,... trong đó có nhiều chất độc hại, gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng và ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Tuy nhiên, vì có chứa thành phần kim loại quý, hiếm nên bên cạnh việc gây tác hại đến sức khỏe, rác thải điện tử cũng đồng thời là một nguồn “*tài nguyên*” to lớn nếu có giải pháp thu gom, tái chế hiệu quả. Đây là vấn đề đã và đang được nhiều nhà nghiên cứu và doanh nghiệp quan tâm.

Thực tiễn này đã thúc đẩy Trung tâm Thông tin và Thống kê Khoa học và Công nghệ TP.HCM tổ chức Hội thảo phân tích xu hướng công nghệ “**Xử lý chất thải điện tử**” và biên soạn tài liệu tổng quan “**Xử lý chất thải điện tử - Xu hướng nghiên cứu công nghệ trên thế giới và một số giải pháp ứng dụng tại Việt Nam**”. Tài liệu này đề cập đến các nội dung:

- Xu hướng phát triển công nghệ xử lý chất thải điện tử trên thế giới: từ những năm đầu thế kỷ 20, thế giới đã có các sáng chế đầu tiên liên quan đến xử lý rác thải điện tử. Vấn đề này ngày càng thu hút nhiều nhà nghiên cứu, với số lượng sáng chế ngày càng tăng theo thời gian. Các công nghệ xử lý rác thải điện tử tập trung theo 3 hướng tiếp cận chính, đó là: theo các nguồn rác thải điện tử (pin, ắc quy, cáp điện,...); theo các kỹ thuật xử lý, tái chế rác thải điện tử (phân loại, chiết tách, điện phân,...) và theo loại vật liệu có thể thu hồi, tái chế từ chất thải điện tử (vàng, bạc, nhôm, kẽm,...). Nhiều “*ông lớn*” nắm trong tay hàng trăm giải pháp công nghệ về xử

lý, tái chế chất thải điện tử trên thế giới đã xuất hiện, với những đặc thù về phương án xử lý, đối tượng quan tâm riêng biệt,... **Phần 1: Tình hình nghiên cứu công nghệ xử lý chất thải điện tử trên thế giới** sẽ giới thiệu cụ thể các nội dung này.

- Các giải pháp công nghệ sẵn sàng chuyển giao, ứng dụng vào thực tiễn tại Việt Nam: tải lượng phát thải điện tử ở Việt Nam được đánh giá ở mức độ khá cao. Tuy nhiên, theo các chuyên gia, thực tế chất thải điện tử tại Việt Nam vẫn chỉ được thu gom, tháo dỡ, phân loại và tái chế chủ yếu bởi khối tư nhân với quy mô vừa và nhỏ. Đa phần chất thải điện tử được thu gom và tháo dỡ không theo quy cách và chỉ tập trung thu hồi các vật liệu dễ thu hồi và tái chế như một số kim loại, phần còn lại bị tiêu hủy hoặc đi vào các bãi chôn lấp chất thải rắn. Cả nước mới có khoảng 68 doanh nghiệp được cấp phép xử lý chất thải điện tử. Tuy nhiên, phần lớn tập trung vào công tác tháo dỡ, phá dỡ; mới chỉ có một số ít doanh nghiệp có đủ dây chuyền được cấp phép xử lý bằng mạch điện tử.

Để tạo hỗ trợ cho các công tác xử lý chất thải rắn nói chung, và chất thải điện tử nói riêng, thời gian qua, các nhà nghiên cứu trong nước đã sáng tạo ra nhiều công nghệ để xử lý; nhiều giải pháp công nghệ đã được chuyển giao, ứng dụng thành công vào thực tiễn. **Phần 2: Các giải pháp công nghệ xử lý chất thải điện tử tại Việt Nam** sẽ điếm qua các sáng chế đang được bảo hộ tại Việt Nam, và giới thiệu khái quát một số giải pháp công nghệ trong nước sẵn sàng chuyển giao vào thực tiễn của các chuyên gia trong nước, được báo cáo tại Hội thảo phân tích xu hướng công nghệ “**Xử lý chất thải điện tử**”, được Trung tâm Thông tin và Thống kê KH&CN TP.HCM tổ chức vào ngày 15/10/2021 vừa qua.

Phần 3: Kết luận sẽ khái quát lại xu hướng phát triển công nghệ xử lý chất thải điện tử trên thế giới, một vài lát cắt về tình hình nghiên cứu, ứng dụng các công nghệ này tại Việt Nam, cùng một số khuyến nghị, được tổng hợp từ thực tiễn và ý kiến của các chuyên gia trong ngành.

Ban Tổ chức hy vọng rằng, tài liệu này sẽ cung cấp một bức tranh tổng quan về xu hướng công nghệ xử lý chất thải điện tử trên thế giới và tại Việt Nam cho các nhà quản lý, các doanh nghiệp, các nhà đầu tư và cả các nhà nghiên cứu; thông tin về những hướng công nghệ cần tiếp tục đẩy mạnh đầu tư, nghiên cứu để vừa có thể mang lại giá trị lợi ích về kinh tế, đảm bảo phát triển bền vững cho doanh nghiệp, vừa đảm bảo giải quyết tốt mỗi hiểm họa gây ô nhiễm môi trường do chất thải điện tử gây ra.

Quá trình tổ chức triển khai nghiên cứu, biên soạn và tổng hợp tài liệu này chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót do các nguyên nhân chủ quan và khách quan. Trung tâm Thông tin và Thống kê Khoa học và Công nghệ TP.HCM rất mong nhận được các ý kiến đóng góp, xây dựng từ Quý vị quan tâm.

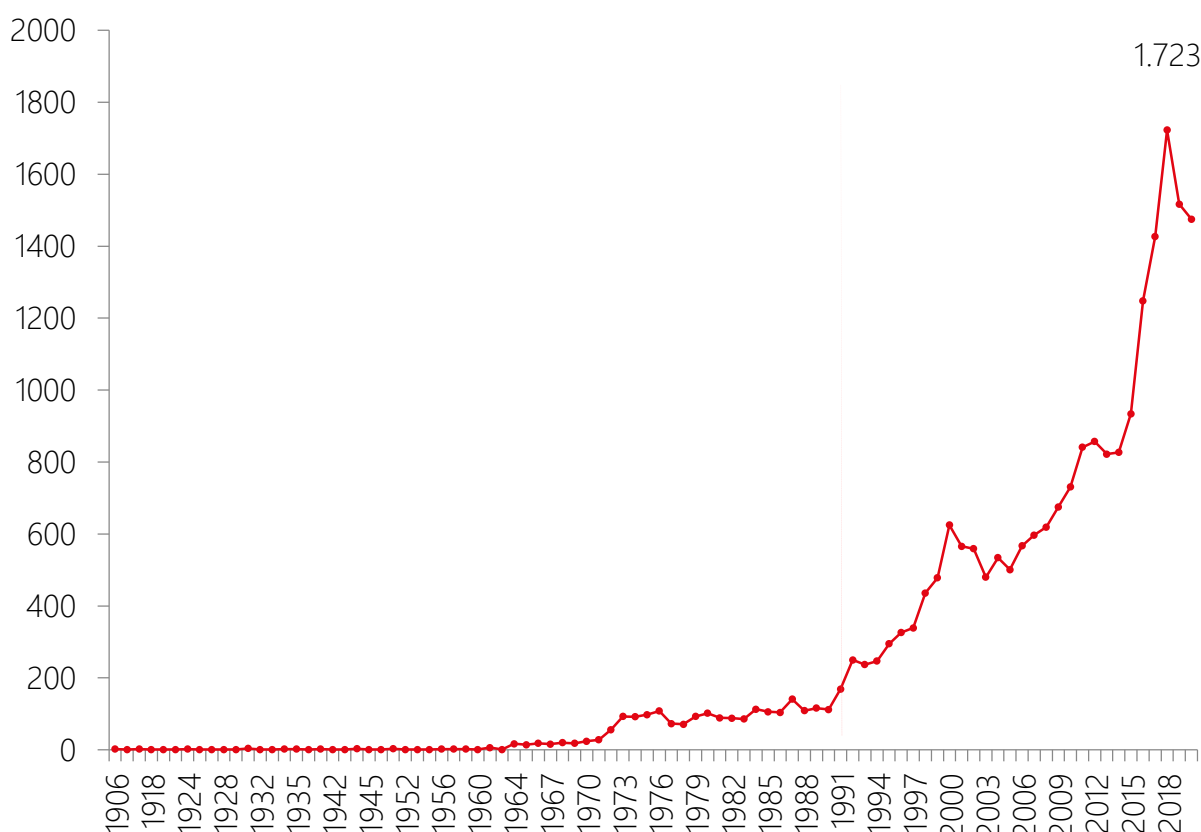
Trân trọng.

Ban Tổ chức

PHẦN I - TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ XỬ LÝ CHẤT THẢI ĐIỆN TỬ TRÊN THẾ GIỚI

1.1 Bảo hộ sáng chế về xử lý chất thải điện tử theo thời gian

Tính đến tháng 12/2020, có 22.961 sáng chế về xử lý chất thải điện tử được công bố bảo hộ trên thế giới. Sáng chế đầu tiên được công bố tại Pháp vào năm 1906 với nội dung nghiên cứu xử lý chất điện phân đã qua sử dụng từ quá trình sản xuất pin kẽm-chì-peroxit, bao gồm dung dịch kẽm sunfat, được làm bay hơi dưới áp suất giảm để tạo ra nước, axit sunfuric và kẽm sunfat; nước và axit sunfuric được tái sử dụng; kẽm sunfat được đun nóng để tạo ra oxit kẽm (Biểu đồ 1).



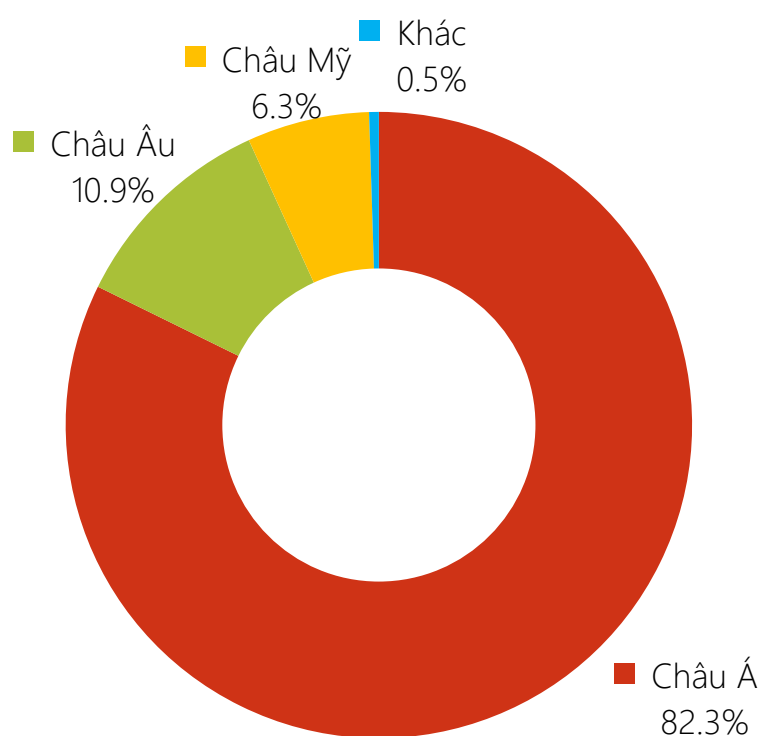
Biểu đồ 1. Tình hình bảo hộ sáng chế xử lý chất thải điện tử trên thế giới

Giai đoạn 1906-1972, nghiên cứu công nghệ xử lý chất thải điện tử còn chưa phát triển, số lượng sáng chế được công bố khá ít. Từ năm 1973-1991, việc xử lý chất thải điện tử đã nhận được sự quan tâm nhiều hơn trên thế giới (số sáng chế có tăng nhẹ, nhưng vẫn ở mức thấp, dưới 200 sáng chế/năm).

Lượng sáng chế ngày càng tăng mạnh kể từ sau năm 1992. Số sáng chế trong giai đoạn 1992-2020 nhiều hơn 9 lần, so với tổng số sáng chế của tất cả các giai đoạn trước đó. Điều này cho thấy, việc nghiên cứu công nghệ xử lý chất thải điện tử là nội dung ngày càng thu hút nhiều sự quan tâm trên thế giới.

1.2 Bảo hộ sáng chế về xử lý chất thải điện tử theo các châu lục

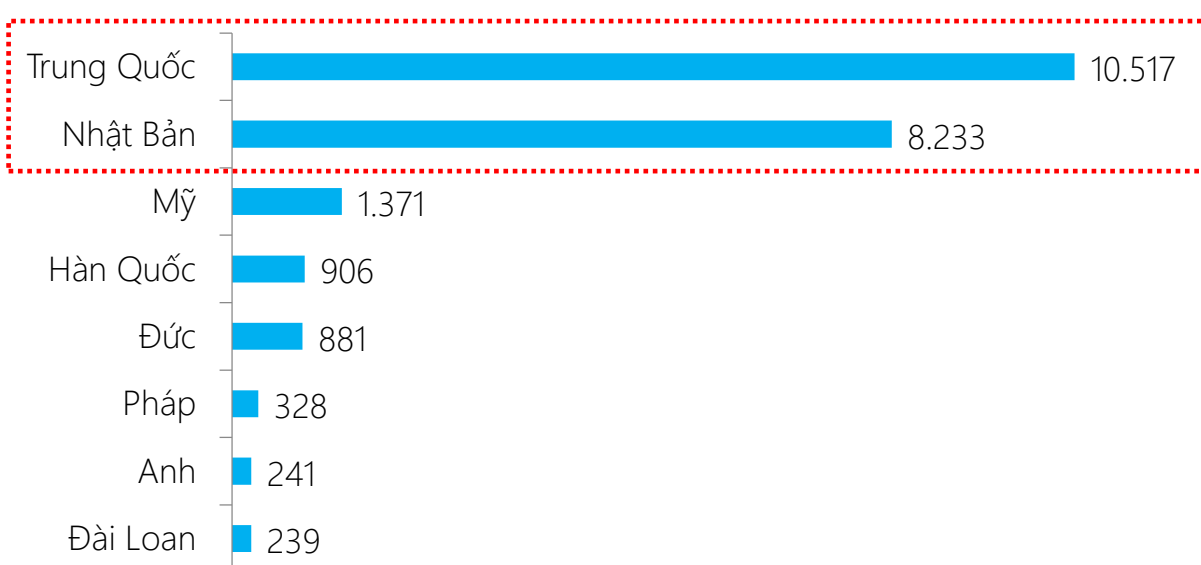
Tuy công nghệ xử lý chất thải điện tử ra đời đầu tiên ở châu Âu, nhưng theo các số liệu sáng chế tiếp cận được, đến nay, sáng chế về công nghệ xử lý chất thải điện tử được đăng ký bảo hộ nhiều nhất ở Châu Á, với 20.125 sáng chế, chiếm 82,3% tổng số sáng chế trên toàn thế giới. Tiếp đến là Châu Âu với tỷ lệ 10,9% và Châu Mỹ (6,3%) (Biểu đồ 2).



Biểu đồ 2. Tỷ lệ tương quan bảo hộ sáng chế về xử lý chất thải điện tử theo các châu lục

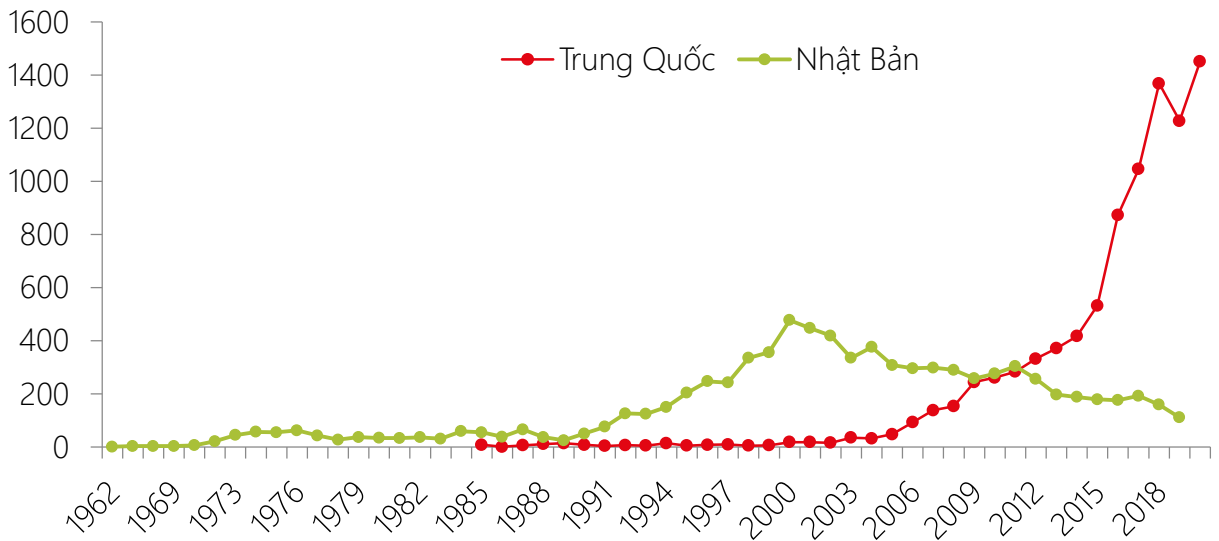
1.3 Bảo hộ sáng chế về xử lý chất thải điện tử tại một số quốc gia và vùng lãnh thổ

Sáng chế về xử lý chất thải điện tử được công bố bảo hộ tại 53 quốc gia, vùng lãnh thổ và 2 tổ chức quốc tế là Tổ chức Sở hữu trí tuệ thế giới (WIPO) và Cơ quan sáng chế châu Âu (EPO). Trong đó, Trung Quốc và Nhật Bản là hai quốc gia hàng đầu trong việc công bố bảo hộ công nghệ xử lý chất thải điện tử, với số lượng tương ứng lần lượt là 10.517 sáng chế và 8.233 sáng chế (Biểu đồ 3), gấp hơn 6 lần so với quốc gia đứng thứ 3 là Mỹ (1.371 sáng chế).



Biểu đồ 3. Bảo hộ sáng chế về xử lý chất thải điện tử tại một số quốc gia và vùng lãnh thổ

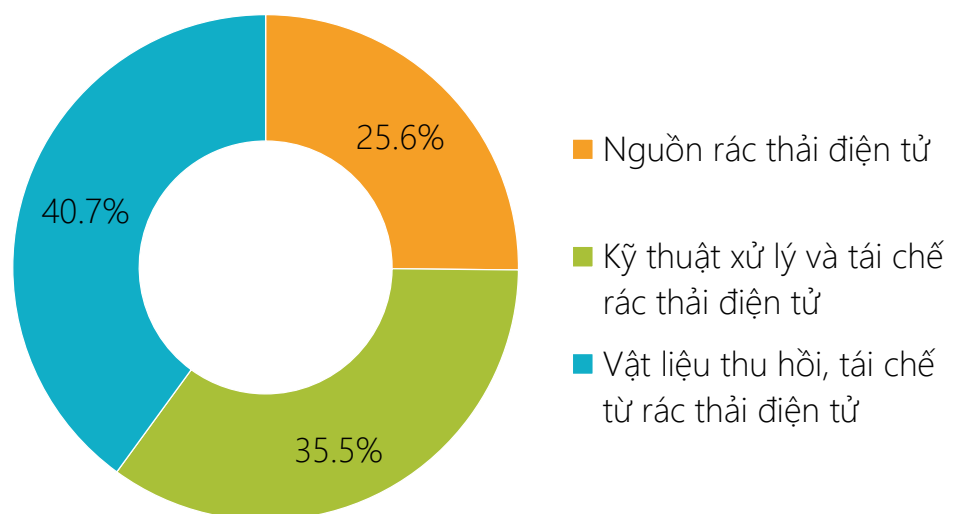
Mặc dù Trung Quốc công bố bảo hộ nhiều sáng chế về xử lý chất thải điện tử nhất, nhưng quốc gia này chỉ mới bắt đầu có nghiên cứu từ năm 1985, trễ hơn 20 năm so với quốc gia có nhiều sáng chế về xử lý chất thải điện tử đứng thứ hai thế giới là Nhật Bản và trễ hơn gần 80 năm so với quốc gia đầu tiên có công bố sáng chế trong lĩnh vực này (Pháp, năm 1906). Số lượng sáng chế về xử lý chất thải điện tử của Trung Quốc có xu hướng tăng mạnh từ sau năm 2006, với 8.788 sáng chế trong giai đoạn 2006-2020, đóng góp 97% tổng số sáng chế của Trung Quốc và gấp hơn 20 lần so với giai đoạn trước đó (số sáng chế về xử lý chất thải của Trung Quốc giai đoạn 1985-2005 là 278 sáng chế). Trong khi đó, Nhật Bản là quốc gia châu Á nghiên cứu về xử lý chất thải điện tử từ rất sớm (năm 1962), số sáng chế của quốc gia này tăng mạnh trong giai đoạn 1990-2000 và có xu hướng giảm từ sau năm 2000 (Biểu đồ 4).



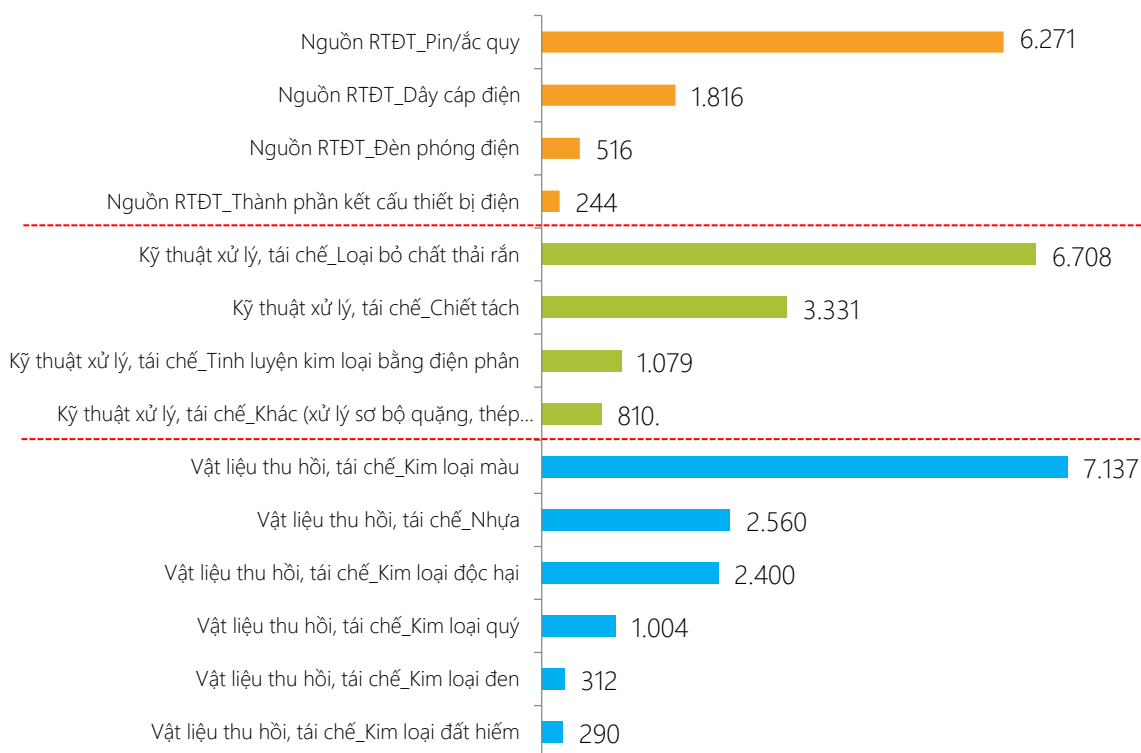
Biểu đồ 4. Diễn biến về tình hình bảo hộ sáng chế xử lý chất thải điện tử của Trung Quốc và Nhật Bản

1.4 Các hướng nghiên cứu công nghệ xử lý chất thải điện tử

Trên cơ sở dữ liệu sáng chế quốc tế tiếp cận được, công nghệ xử lý chất thải điện tử được thế giới nghiên cứu theo 3 hướng chính: (1) nguồn chất thải điện tử, (2) kỹ thuật xử lý và tái chế chất thải điện tử và (3) vật liệu được thu hồi, tái chế từ chất thải điện tử (Biểu đồ 5 và Biểu đồ 6). Trong 3 hướng nêu trên, các nhà khoa học và doanh nghiệp trên thế giới quan tâm nhiều nhất đến việc thu hồi các loại vật liệu từ chất thải điện tử, với tỷ lệ hơn 40% tổng số sáng chế.



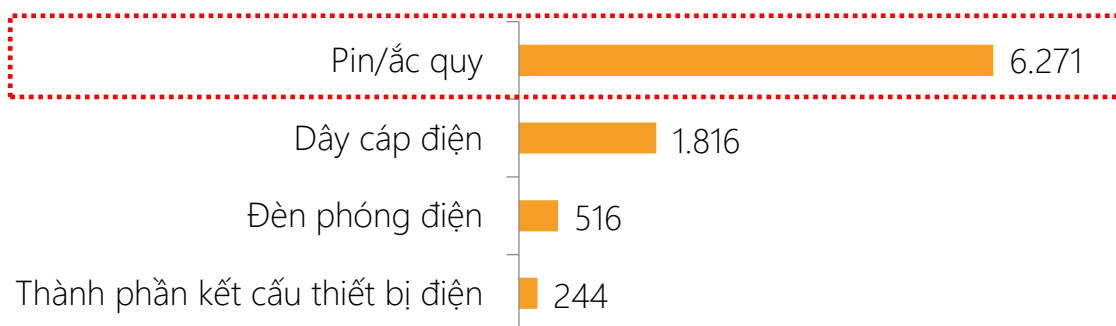
Biểu đồ 5. Ba hướng nghiên cứu chính về xử lý chất thải điện tử



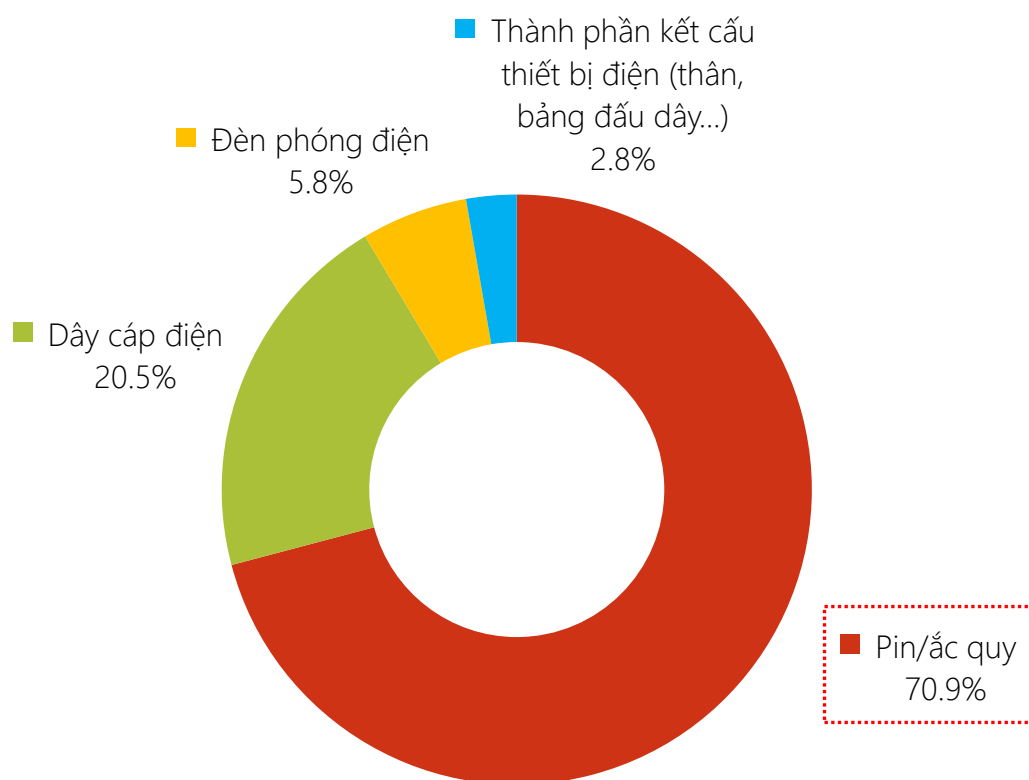
Biểu đồ 6. Số lượng sáng chế về xử lý chất thải điện tử theo ba hướng nghiên cứu chính

1.4.1 Nghiên cứu xử lý theo nguồn chất thải điện tử

Rất nhiều nguồn chất thải điện tử đã được các chuyên gia trên thế giới đầu tư nghiên cứu, xử lý. Trong đó, 4 nguồn được quan tâm nghiên cứu, xử lý nhiều nhất là: pin/ắc quy, dây cáp điện, đèn phóng điện và các thành phần kết cấu thiết bị điện tử. Trong đó, pin/ắc quy là loại chất thải điện tử được quan tâm nghiên cứu, xử lý nhiều nhất, với 6.271 sáng chế, chiếm hơn 70% tổng số sáng chế đề cập đến việc xử lý các nguồn chất thải điện tử. Đứng ở vị trí thứ hai là dây cáp điện, với 1.816 sáng chế, chiếm tỷ lệ hơn 20% (Biểu đồ 7 và Biểu đồ 8).



Biểu đồ 7. Các nguồn thải điện tử được được quan tâm xử lý nhiều nhất

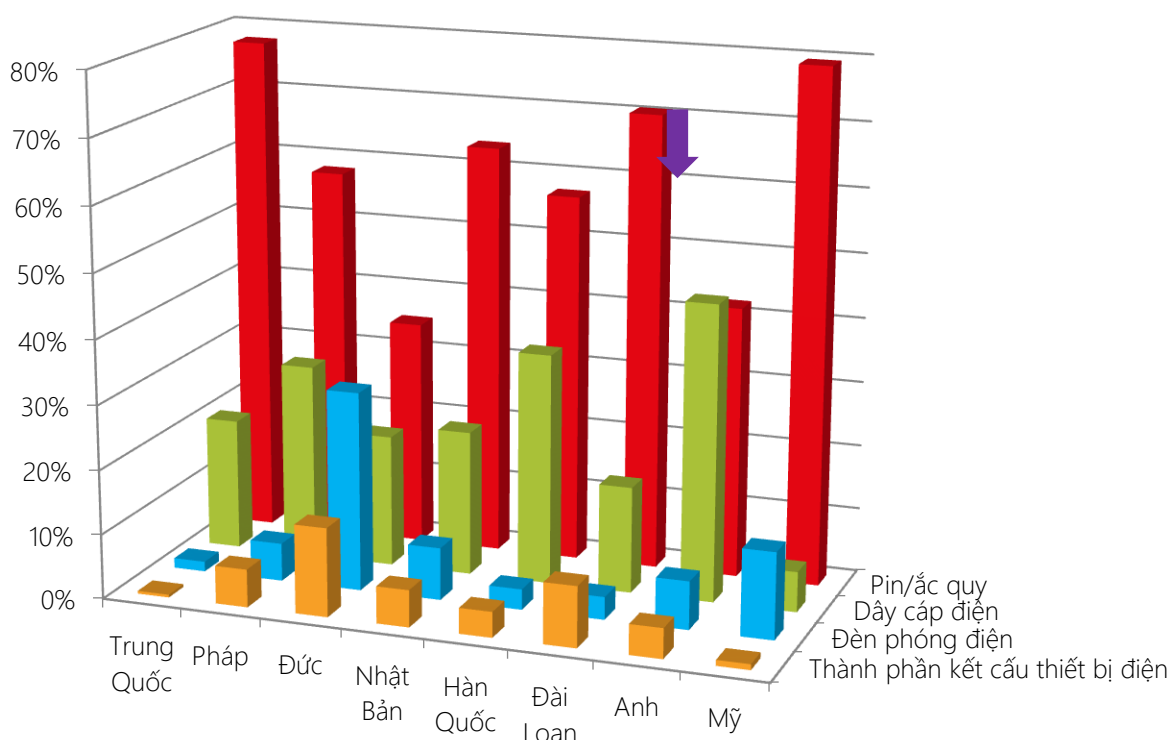


Biểu đồ 8. Tỷ lệ tương quan giữa các nguồn chất thải điện tử được quan tâm nhiều nhất

Ở hầu hết các nước có nhiều sáng chế về xử lý chất thải điện tử (như Trung Quốc, Pháp, Nhật Bản, Hàn Quốc, Đài Loan, Mỹ và Đức), pin/ắc quy là nguồn chất thải điện tử được quan tâm xử lý nhiều nhất (Biểu đồ 9).

Trên 75% sáng chế về xử lý các nguồn chất thải điện tử ở Trung Quốc tập trung xử lý pin/ắc quy. Ví dụ gần đây là sáng chế số CN110343862A, ngày 18/10/2019, có nội dung nghiên cứu xử lý ắc quy axit chì bằng cách sử dụng điện thế để cực âm tiếp xúc với dung dịch ion chì, từ đó hình thành chì kết dính và axit alkan sulfonic tái chế, hỗn hợp chì dioxit kết dính trên cực âm cho tiếp xúc với chất khử để khử thành oxit chì. Sáng chế này giải quyết các tồn tại trong xử lý ắc quy hiện hữu như phải sử dụng các loại hóa chất độc hại hay phát sinh ra các loại khí độc hại trong quá trình xử lý, năng suất xử lý thấp và không có tính kinh tế.

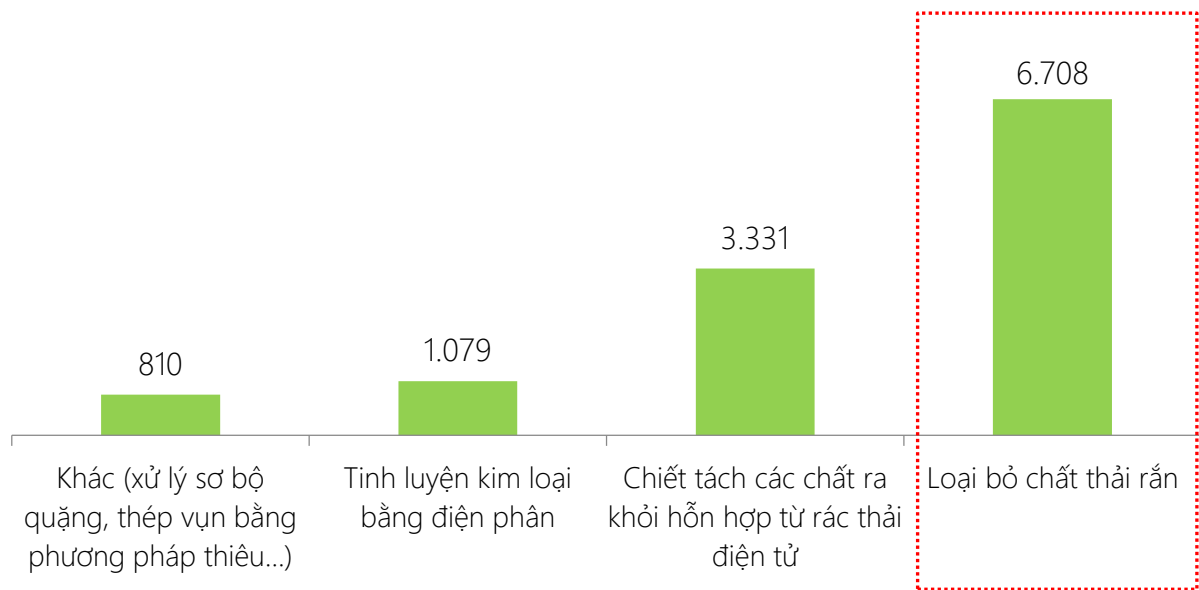
Cũng trong nhóm quan tâm nhiều đến xử lý loại chất thải điện tử là pin/ắc quy (42% tổng số sáng chế), nhưng việc xử lý dây cáp điện mới là nội dung được quan tâm nhiều nhất ở Anh (có đến 46% sáng chế theo hướng này).



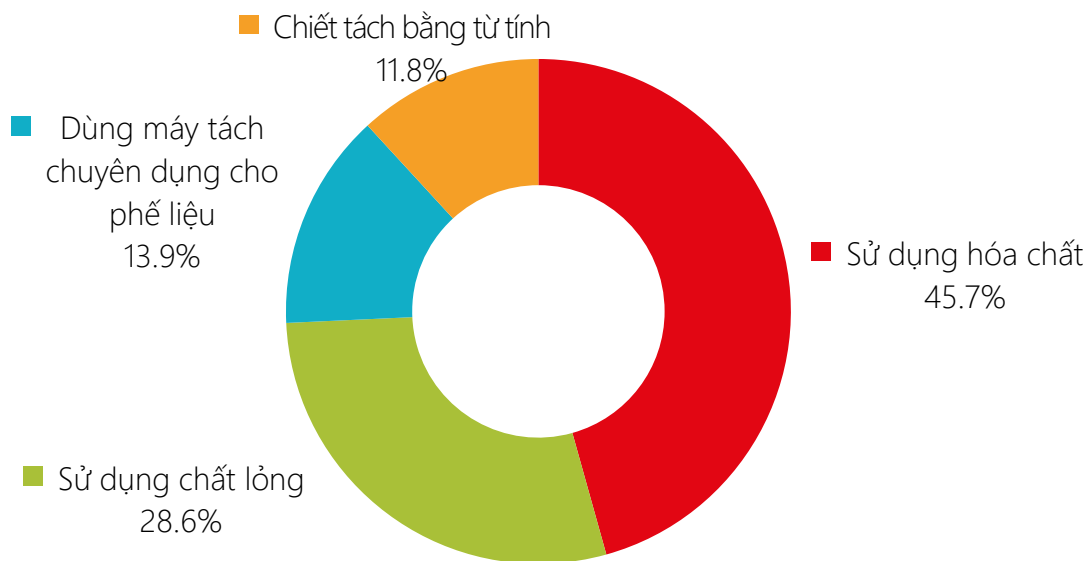
Biểu đồ 9. Bảo hộ sáng chế xử lý các nguồn chất thải điện tử được quan tâm nhiều nhất ở một số quốc gia

1.4.2 Các giải pháp kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử

Các kỹ thuật xử lý và tái chế chất thải điện tử được công bố trên thế giới khá đa dạng, ví dụ như loại bỏ chất thải rắn, chiết tách, tinh luyện kim loại bằng điện phân,... Trong đó, loại bỏ chất thải rắn (tháo rời, cắt nhỏ, nghiền) là phương thức được quan tâm nhiều nhất, với 6.708 sáng chế đề cập đến vấn đề này (Biểu đồ 10). Tiếp đến là kỹ thuật xử lý bằng cách chiết tách các chất ra khỏi hỗn hợp, với 3.331 sáng chế. Trong nhóm chiết tách, có rất nhiều kỹ thuật khác nhau được sử dụng, chẳng hạn như chiết tách sử dụng hóa chất, sử dụng chất lỏng, dùng máy tách chuyên dụng hay chiết tách bằng từ tính. Trong đó, kỹ thuật chiết tách sử dụng hoá chất chiếm ưu thế, với tỷ lệ 45,7% (Biểu đồ 11).



Biểu đồ 10. Phân tích các giải pháp kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử

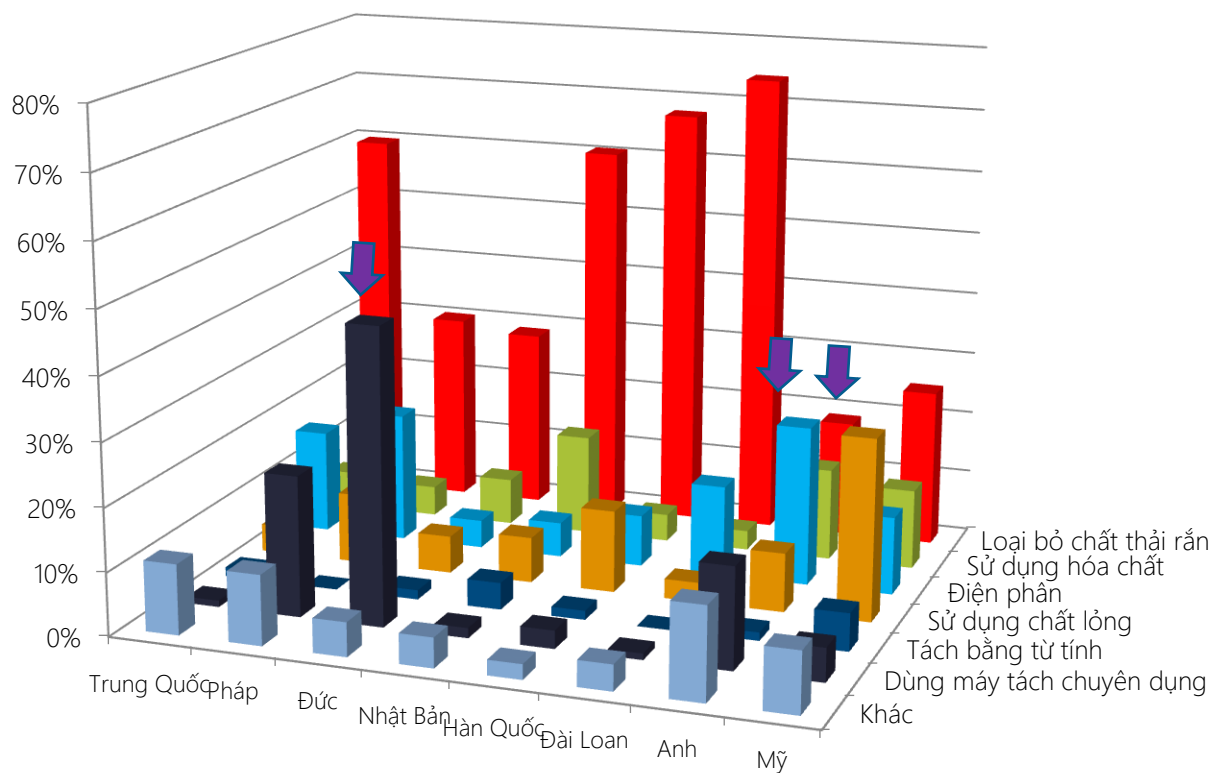


Biểu đồ 11. Tỷ lệ tương quan giữa các giải pháp kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử

Các thiết bị phân loại và loại bỏ chất thải rắn từ chất thải điện tử được rất nhiều doanh nghiệp trên thế giới nghiên cứu, chế tạo. Ví dụ như thiết bị phân loại vật liệu (sáng chế số FR3024669A1, ngày 12/02/2016) của công ty Commissariat A L'energie Atomique (Pháp). Thiết bị gồm một băng chuyền vận chuyển chất thải rắn, một nguồn bức xạ điện từ giúp kích thích sự phát huỳnh quang tia X của chất thải rắn và máy dò phân tích, phát hiện huỳnh quang tia X. Thiết bị cho phép phân loại chính xác chất thải rắn,

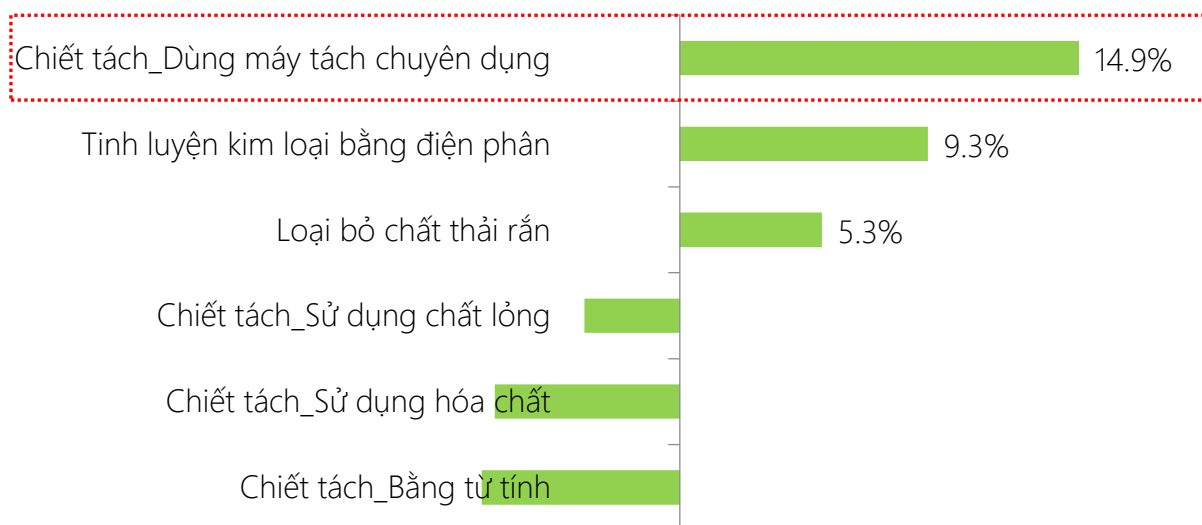
ngay cả khi nguyên liệu chứa nhiều hợp chất với những đặc điểm khác nhau (ví dụ như nhôm, silicon, magie, đồng...) với năng suất cao.

Hầu hết các quốc gia có nhiều sáng chế về xử lý chất thải điện tử đều quan tâm đến kỹ thuật loại bỏ chất thải rắn (như Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc, Đài Loan). Một số quốc gia lại có những hướng xử lý khác, ví dụ như nước Đức, quốc gia này có đến 47% sáng chế sử dụng phương thức chiết tách bằng máy tách chuyên dụng. Hoặc ở Anh, đó là việc tập trung nghiên cứu cách tinh luyện kim loại bằng điện phân (25%) và Mỹ, 29% sáng chế liên quan đến việc chiết tách sử dụng chất lỏng (Biểu đồ 12).



Biểu đồ 12. Ứng dụng các kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử ở một số quốc gia.

Để xem xét tính ổn định và xu hướng của các kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử trong những năm gần đây, chúng ta có thể sử dụng chỉ tiêu tốc độ tăng trưởng kép. Theo nguyên lý này, mặc dù phương thức loại bỏ chất thải rắn là kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử được đề cập nhiều nhất trong các sáng chế, nhưng chiết tách bằng máy tách chuyên dụng mới là kỹ thuật có sự tăng trưởng ổn định trong giai đoạn 2010–2019, với tốc độ tăng trưởng kép đạt 14,9% (Biểu đồ 13).



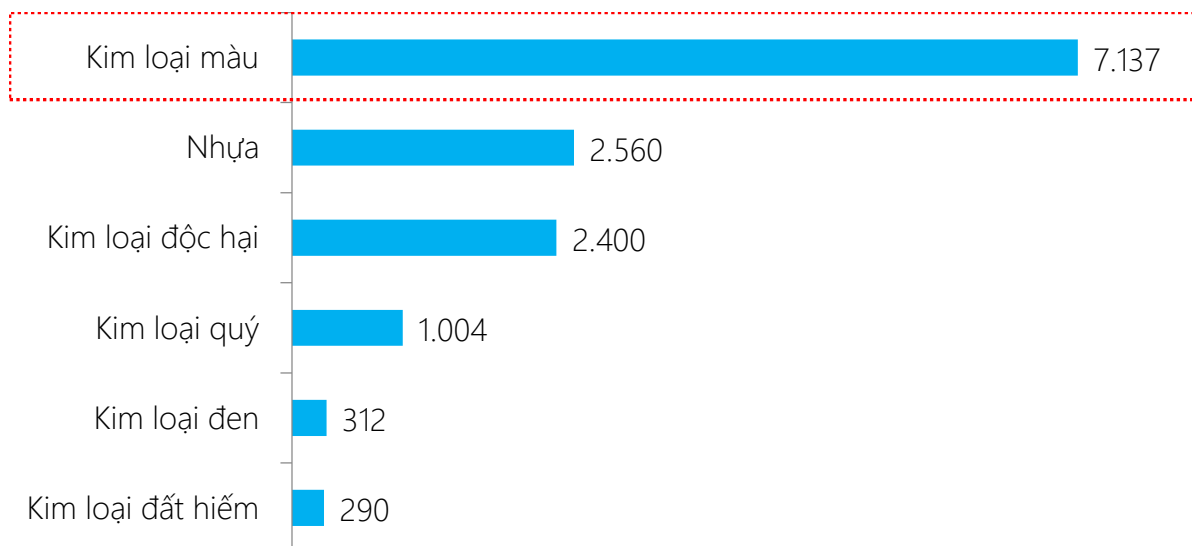
Biểu đồ 13. Tốc độ tăng trưởng kép các kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử trong giai đoạn 2010-2019

Trong giai đoạn này, nhiều máy tách chuyên dụng đã ra đời. Chẳng hạn, năm 2017, công ty ENTEGRIS đã nghiên cứu chế tạo thiết bị tái chế bảng mạch in (sáng chế số CN106944452A, ngày 14/07/2017) gồm các mô-đun loại bỏ mối hàn cơ học (mô-đun nhiệt), mô-đun loại bỏ hóa chất và mô-đun kim loại quý. Trong từng mô-đun, các loại vật liệu được phân tách, giúp thu hồi các linh kiện điện tử, kim loại màu, kim loại quý từ bảng mạch in. Sáng chế này giải quyết tốt vấn đề đang tồn tại trong thực tiễn, là quá trình xử lý cơ học thường có tỉ lệ thu hồi vật liệu thấp, nhất là với các kim loại quý và phát sinh bùn thải nhiều.

1.4.3 Nghiên cứu thu hồi, tái chế vật liệu từ chất thải điện tử

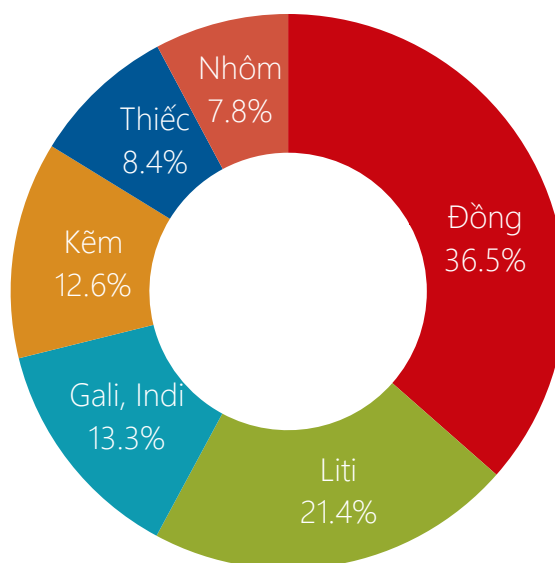
Khi xem xét các công nghệ xử lý theo từng loại vật liệu có thể thu hồi, tái chế được từ chất thải điện tử, ta thấy kim loại màu là loại vật liệu được nghiên cứu để thu hồi nhiều nhất, với 7.137 sáng chế đề cập đến vấn đề này (Biểu đồ 14). Ví dụ như phương pháp sản xuất mangan sulphat tinh khiết cao từ chất lỏng thải của quá trình tái chế pin (số sáng chế KR1020150132348, năm 2015) của tổ chức KNU-Industry Cooperation Foundation (Hàn Quốc) cho phép sản xuất mangan sunfat có chất lượng và có độ tinh khiết cao từ chất thải mangan sunfat của pin đã qua sử dụng, có thể dùng để sản xuất pin lithium ion thứ cấp ngay. Vì pin thứ cấp lithium ion đã qua sử dụng chứa một lượng lớn kim loại có giá trị như lithium (Li) và coban (Co), do đó, đây là nguồn tài nguyên có thể tái chế có giá trị kinh tế lớn. Sáng chế này giải quyết tốt bài toán tái chế nước thải xử lý có chứa mangan sunfat, đạt hiệu quả cao và thân thiện với môi trường.

Bên cạnh việc thu hồi kim loại màu, cũng có nhiều nhà sáng chế tìm kiếm phương pháp thu hồi nhựa và kim loại độc hại, nhưng số lượng sáng chế không cao, chỉ bằng khoảng 1/3 số sáng chế về thu hồi kim loại màu. Trong khi đó, kim loại đen, kim loại đất hiếm là những loại vật liệu ít được quan tâm nghiên cứu thu hồi.



Biểu đồ 14. Phân tích các sáng chế nhằm thu hồi, tái chế vật liệu từ chất thải điện tử

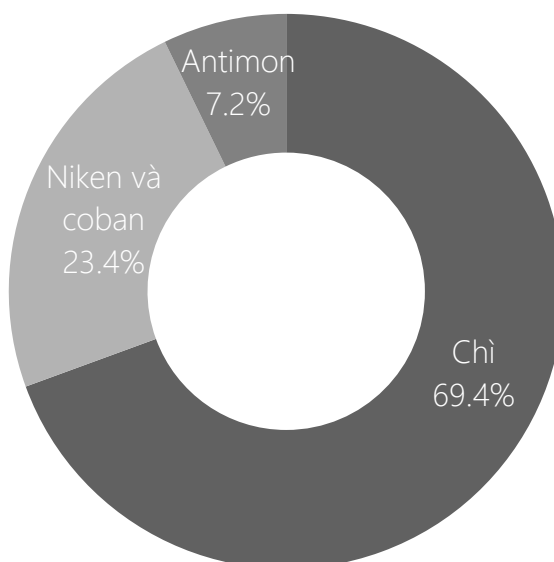
Trong số các nghiên cứu công nghệ thu hồi kim loại màu từ quá trình xử lý chất thải điện tử, công nghệ thu hồi đồng được nhiều quốc gia quan tâm nghiên cứu, chiếm tỷ trọng cao (lên đến 36,5%). Kế tiếp là liti (21,4%); gali, indi (13,3%); kẽm (12,6%)...(Biểu đồ 15).



Biểu đồ 15. Tỷ lệ tương quan giữa các sáng chế thu hồi, tái chế kim loại màu từ chất thải điện tử

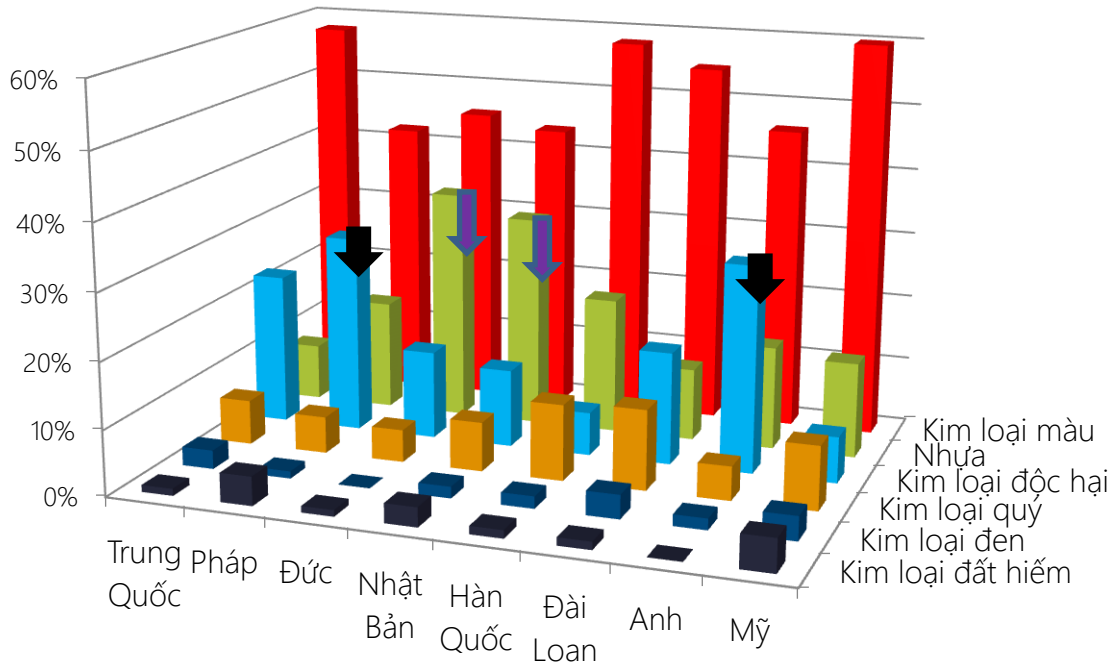
Một ví dụ về công nghệ thu hồi kim loại có giá trị từ các mảnh thải bảng mạch in là sáng chế số CN10006864, ngày 05/01/2017 của Đại học Khoa học và Công nghệ Bắc Kinh (Trung Quốc) đã ứng dụng nguyên lý phân tách vật liệu siêu trọng lực ở các mức nhiệt khác nhau, cho phép tách các kim loại (hoặc hợp kim) khác nhau một cách nhanh chóng và hiệu quả. Sáng chế này giải quyết tốt bài toán tách và thu hồi các kim loại có giá trị từ chất thải điện tử một cách đơn giản và chi phí thấp.

Trong nhóm kim loại độc hại, các kim loại như chì, niken, coban, antimon... có nhiều nghiên cứu công nghệ để thu hồi trên thế giới. Trong đó, chì là đối tượng được quan tâm thu hồi nhiều nhất, với tỷ lệ gần 70% tổng số sáng chế trong nhóm này (Biểu đồ 16).

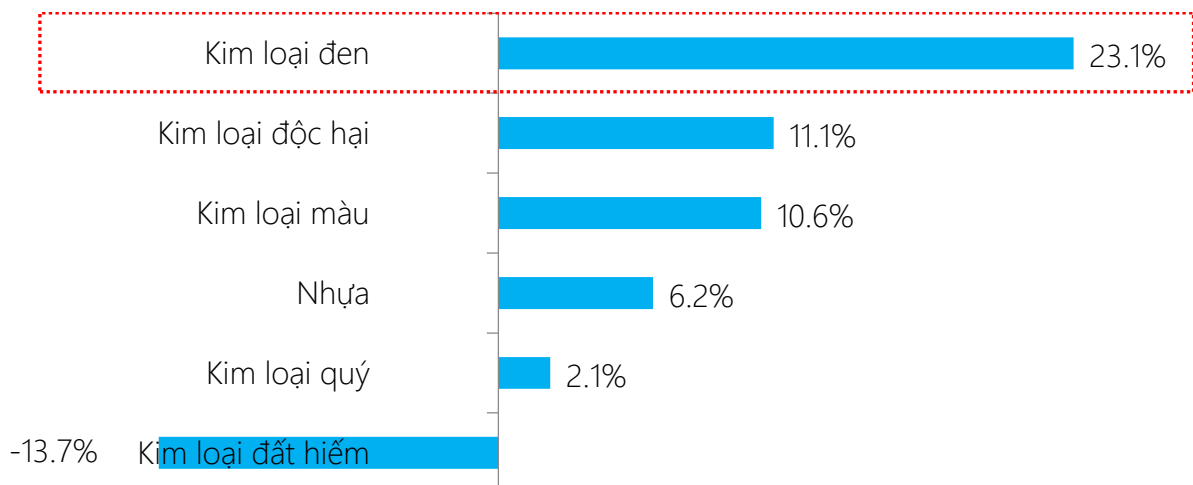


Biểu đồ 16. Tỷ lệ tương quan giữa các sáng chế thu hồi kim loại độc hại từ chất thải điện tử

Nếu xem xét loại vật liệu thu hồi từ chất thải điện tử theo các quốc gia và vùng lãnh thổ có nhiều sáng chế (Trung Quốc, Pháp, Đức, Nhật Bản, Hàn Quốc, Đài Loan, Anh và Mỹ), hầu hết các nơi này đều tập trung nghiên cứu thu hồi kim loại màu (trên 40% tổng số sáng chế của các quốc gia này). Ngoài ra, Đức và Nhật Bản cũng quan tâm đến việc thu hồi nhựa (với tỷ lệ lần lượt 35% và 32% tổng số sáng chế); Pháp và Anh quan tâm nhiều đến việc thu hồi kim loại độc hại (trên 30% số sáng chế của các quốc gia này) (Biểu đồ 17).



Biểu đồ 17. Phân tích các sáng chế thu hồi, tái chế vật liệu từ chất thải điện tử ở một số quốc gia. Trong số các nghiên cứu công nghệ nhằm thu hồi, tái chế các loại vật liệu từ chất thải điện tử, việc nghiên cứu thu hồi kim loại màu tuy có nhiều sáng chế nhất, nhưng có xu hướng tăng trưởng cao trong giai đoạn 2010–2019 (với tốc độ tăng trưởng kép đạt 23,1%) lại là nghiên cứu thu hồi kim loại đen. Đặc biệt, kim loại đất hiếm có tốc độ tăng trưởng kép âm trong giai đoạn này (Biểu đồ 18).



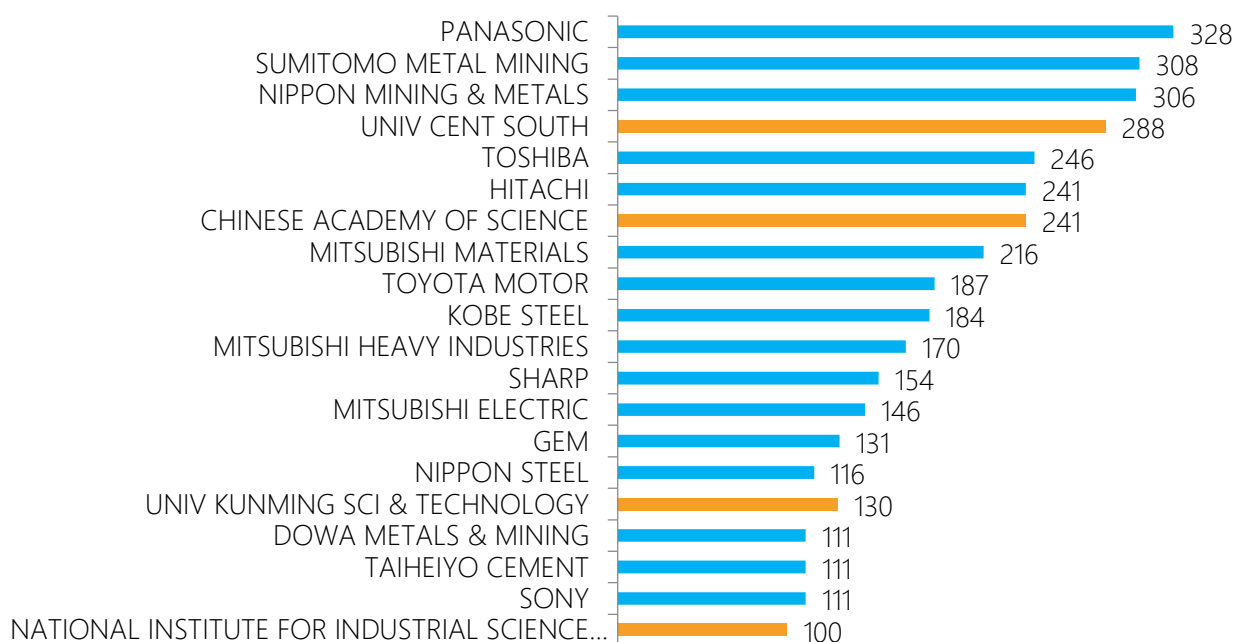
Biểu đồ 18. Tốc độ tăng trưởng kép của các sáng chế thu hồi, tái chế vật liệu từ chất thải điện tử giai đoạn 2010–2019

1.5 Các đơn vị sở hữu nhiều sáng chế về xử lý chất thải điện tử

1.5.1 Top 20 đơn vị sở hữu sáng chế nhiều nhất

Sở hữu nhiều sáng chế (trên 100 sáng chế) về công nghệ xử lý chất thải điện tử, chủ yếu là các doanh nghiệp lớn. Đứng đầu là các tập đoàn đa quốc gia, như Panasonic, Sumitomo Metal Mining, Nippon Mining & Metals, Toshiba, Hitachi, Mitsubishi... Trong đó, Panasonic là doanh nghiệp có số lượng sáng chế được công bố bảo hộ nhiều nhất, với 328 sáng chế về lĩnh vực này.

Không chỉ khối doanh nghiệp mới là các đơn vị sở hữu nhiều nhất các sáng chế xử lý chất thải điện tử, mà trong số này, còn có sự góp mặt của khu vực nghiên cứu, với 4 trường đại học và học viện, đó là Cent South, Chinese Academy of Science, Kunming Sci & Technology và National Institute for Industry Science and Technology (Biểu đồ 19).



Biểu đồ 19. Các đơn vị sở hữu nhiều sáng chế xử lý chất thải điện tử

Nhật Bản và Trung Quốc là hai quốc gia có các đơn vị lọt vào Top 20 đơn vị sở hữu sáng chế về xử lý chất thải điện tử nhiều nhất. Trong đó, Nhật Bản là quốc gia chiếm ưu thế, với 16 đơn vị (15 doanh nghiệp và 1 học viện), sở hữu 3.034 sáng chế. Top 3 đơn vị sở hữu nhiều sáng chế (là Panasonic, Sumitomo Metal Mining, Nippon Mining & Metals) đều là của Nhật. Trung Quốc tham gia vào danh sách với 4 đơn vị (1 doanh nghiệp và 3 trường đại học, học viện) cùng 789 sáng chế (Bảng 1).

Bảng 1. Đóng góp của Nhật Bản và Trung Quốc vào Top 20 đơn vị sở hữu nhiều sáng chế về xử lý chất thải điện tử

| STT | Đơn vị sở hữu sáng chế | Quốc gia | Số lượng sáng chế |
|-----|--|------------|-------------------|
| 1 | PANASONIC | Nhật Bản | 328 |
| 2 | SUMITOMO METAL MINING | Nhật Bản | 308 |
| 3 | NIPPON MINING & METALS | Nhật Bản | 306 |
| 4 | TOSHIBA | Nhật Bản | 246 |
| 5 | HITACHI | Nhật Bản | 241 |
| 6 | mitsubishi materials | Nhật Bản | 216 |
| 7 | TOYOTA MOTOR | Nhật Bản | 187 |
| 8 | KOBE STEEL | Nhật Bản | 184 |
| 9 | MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES | Nhật Bản | 170 |
| 10 | SHARP | Nhật Bản | 154 |
| 11 | MITSUBISHI ELECTRIC | Nhật Bản | 146 |
| 12 | NIPPON STEEL | Nhật Bản | 116 |
| 13 | DOWA METALS & MINING | Nhật Bản | 111 |
| 14 | TAIHEIYO CEMENT | Nhật Bản | 111 |
| 15 | SONY | Nhật Bản | 111 |
| 16 | NATIONAL INSTITUTE FOR INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY | Nhật Bản | 100 |
| 17 | UNIV CENT SOUTH | Trung Quốc | 288 |
| 18 | CHINESE ACADEMY OF SCIENCE | Trung Quốc | 241 |
| 19 | GEM | Trung Quốc | 131 |
| 20 | UNIV KUNMING SCI & TECHNOLOGY | Trung Quốc | 130 |

1.5.2 Các hướng nghiên cứu chính của Top 20 đơn vị sở hữu sáng chế nhiều nhất

Theo dõi các hướng nghiên cứu chính của Top 20 đơn vị sở hữu nhiều nhất các sáng chế về xử lý chất thải điện tử, có thể thấy một số nội dung như sau (Bảng 2):

- Về hướng nghiên cứu, xử lý theo nguồn chất thải điện tử: pin/ắc-quy vẫn là đối tượng chính được các đơn vị quan tâm nghiên cứu xử lý (14/20).
- Về các giải pháp kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử: đa số các đơn vị sử dụng phương thức chiết tách bằng hóa chất (12/20).

- Về nghiên cứu thu hồi, tái chế các loại vật liệu từ chất thải điện tử: phần lớn các đơn vị đều đặt trọng tâm vào việc nghiên cứu thu hồi kim loại màu (16/20).

Bảng 2. Các hướng nghiên cứu chính của Top 20 đơn vị sở hữu sáng chế xử lý chất thải điện tử nhiều nhất trên thế giới.

| Đơn vị sở hữu sáng chế | Hướng nghiên cứu chính |
|-------------------------------|---|
| SUMITOMO METAL MINING | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| NIPPON MINING & METALS | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| CHINESE ACADEMY OF SCIENCE | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| MITSUBISHI MATERIALS | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| NIPPON STEEL | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| DOWA METALS & MINING | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| TAIHEIYO CEMENT | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| UNIV CENT SOUTH | Pin/Ắc quy; Tinh luyện kim loại bằng điện phân; Thu nhận kim loại màu |
| TOYOTA MOTOR | Pin/Ắc quy; Tinh luyện kim loại bằng điện phân; Thu nhận kim loại màu |
| UNIV KUNMING SCI & TECHNOLOGY | Pin/Ắc quy; Tinh luyện kim loại bằng điện phân; Thu nhận kim loại màu |
| GEM | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Sử dụng chất lỏng; Thu nhận kim loại màu |
| SHARP | Pin/Ắc quy; Dụng máy tách chuyên dụng; Thu nhận nhựa |
| HITACHI | Pin/Ắc quy; Chiết tách_Bằng từ tính; Thu nhận nhựa |
| PANASONIC | Đèn phóng điện; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |

| Đơn vị sở hữu sáng chế | Hướng nghiên cứu chính |
|------------------------|--|
| SONY | Đèn phóng điện; Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| MITSUBISHI ELECTRIC | Đèn phóng điện; Chiết tách_Bảng từ tính; Thu nhận nhựa |
| TOSHIBA | Thành phần kết cấu thiết bị điện (thân, bảng đấu dây...); Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |
| KOBE STEEL | Thành phần kết cấu thiết bị điện (thân, bảng đấu dây...); Chiết tách_Sử dụng hóa chất; Thu nhận kim loại màu |

PHẦN 2 - CÁC GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ XỬ LÝ CHẤT THẢI ĐIỆN TỬ TẠI VIỆT NAM

2.1 Các sáng chế được bảo hộ tại Việt Nam

Có 10 sáng chế xử lý chất thải điện tử được bảo hộ tại Việt Nam, đa phần có nguồn gốc từ một số quốc gia sở hữu nhiều sáng chế nhất, như Nhật Bản, Trung Quốc và Mỹ. Hầu hết các sáng chế này đề cập đến việc thu hồi kim loại màu (phần lớn là đồng) từ chất thải điện tử. Việt Nam đóng góp một đại diện, đó là Viện Khoa học, công nghệ và Môi trường (Đại học Bách khoa Hà Nội).

2.1.1 Sáng chế về kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử

2.1.1.1 Phương pháp tái chế bảng mạch in bằng cách tách sợi thủy tinh cacbon hóa và lá đồng sử dụng hóa chất

Số sáng chế: VN10011856B

Chủ sáng chế: WU Hsieh Sen (Trung Quốc)

Tóm tắt sáng chế: Phương pháp tái chế bảng mạch in bằng cách tách sợi thủy tinh cacbon hóa và lá đồng sử dụng hóa chất. Bảng mạch in được ngâm trong natri nitrat nấu chảy để tiến hành phản ứng hóa học phân hủy nung nóng để tách nhựa epoxy brom hóa từ sợi thủy tinh và tạo ra natri bromua, sợi thủy tinh cacbon hóa, lá đồng, khí hữu cơ và oxit nitơ. Sợi thủy tinh cacbon hóa và lá đồng được tách ra bằng cách tráng nước lên hỗn hợp sau đó thu trực tiếp sợi thủy tinh cacbon hóa và lá đồng.

2.1.1.2 Phương pháp thu nhận kim loại từ việc bóc tách bảng mạch in và các thành phần khác của thiết bị điện tử phế thải

Số sáng chế: VN10021852B

Chủ sáng chế: Nippon Magnetic Dressing Co.Ltd (Nhật Bản)

Tóm tắt sáng chế: Phương pháp thu nhận kim loại từ việc bóc tách bảng mạch in và các thành phần khác của thiết bị điện tử phế thải, gồm 2 bước chính: (1) tách lấy bảng mạch in có trong thiết bị điện tử bằng cách nghiền thiết bị điện tử thải sử dụng

máy nghiền và đập; (2) tách các thành phần gắn trên mạch bản in sử dụng máy nghiền tác động quay.

2.1.1.3 Thiết bị thu hồi kim loại quý từ bảng mạch in

Số sáng chế: VN24042A

Chủ sáng chế: Singwei Technologies Co. Ltd (Đài Loan)

Tóm tắt sáng chế: Thiết bị thu hồi kim loại quý, gồm: băng tải, bộ phận nạp liệu, cánh tay rô bốt, bộ phận nhúng, bộ phận hòa tan và bộ phận làm sạch sử dụng nước. Cánh tay robot giữ nắp ca-pô của bộ phận nạp liệu để mở và di chuyển nắp ca-pô hướng vào hoặc ra khỏi bộ phận nạp liệu. Bộ phận nạp liệu đóng vai trò như một thùng chứa kim loại quý, có hình dạng của một lăng kính năm cạnh với một lỗ trên bề mặt. Bộ phận nạp liệu được chuyển tương ứng đến bộ phận nhúng, bộ phận hòa tan và bộ phận làm sạch bằng cách sử dụng nước để thu hồi kim loại quý từ các vật thể chứa kim loại quý, bằng băng tải. Thiết bị dùng để thu hồi kim loại quý liên tục và tự động nên cải thiện tốc độ và lượng kim loại quý được thu hồi.

2.1.1.4 Thiết bị thu hồi kim loại quý từ chất thải từ bảng mạch in, có băng tải, thiết bị vận chuyển vật liệu có chứa kim loại quý, thiết bị ngâm vật liệu trong dung dịch, thiết bị hòa tan và thiết bị rửa

Số sáng chế: VN22211A

Chủ sáng chế: Singwei Technologies Co. Ltd (Đài Loan)

Tóm tắt sáng chế: Thiết bị để tái chế kim loại quý, bao gồm: băng tải, một hoặc nhiều vật mang, thiết bị ngâm, một hoặc nhiều thiết bị hòa tan và một hoặc nhiều thiết bị rửa. Băng tải được sử dụng để lần lượt chuyển các chất đến thiết bị ngâm, thiết bị hòa tan và thiết bị rửa để tái chế kim loại quý. Thiết bị hoạt động liên tục nên nâng cao tốc độ và lượng kim loại quý được tái chế.

2.1.1.5 Phương pháp xử lý pin axit-chì thải, bao gồm việc tách, nghiền và xử lý các mảnh nhựa trong pin

Số sáng chế: VN68438A

Chủ sáng chế: Chang Y (Trung Quốc)

Tóm tắt sáng chế: Phương pháp xử lý pin axit-chì gồm 4 bước: (1) nghiền, (2) phân loại, (3) xử lý mảnh nhựa và (4) tái chế nhựa. Qua 4 bước, pin axit-chì được biến thành các mảnh chì, mảnh nhựa, có thể tái chế làm vật liệu tái sử dụng. Hơn nữa, chất lỏng thải và khí thải trong pin axit-chì lần lượt được gửi đến thiết bị xử lý chất lỏng thải và thiết bị xử lý khí thải để xử lý. Do đó, phương pháp này có thể tái chế một cách thích hợp các vật liệu hữu ích của pin axit-chì và ngăn chất lỏng thải và khí thải gây ô nhiễm môi trường.

2.1.2 Sáng chế hồi vật liệu từ chất thải điện tử

2.1.2.1 Phương pháp thu hồi đồng từ chất thải lỏng thải khi khắc bảng mạch in

Số sáng chế: VN10026030B

Chủ sáng chế: Ebara Engineering Service Co. Ltd (Nhật Bản)

Tóm tắt sáng chế: Phương pháp thu hồi đồng từ chất thải lỏng thải khi khắc bảng mạch in bằng cách trộn chất lỏng thải với chất oxy hóa (ví dụ: hydrogen peroxide), trước khi trộn hỗn hợp lỏng với dung dịch kiềm-hóa chất, trong đó mức độ pH của hỗn hợp tạo thành được kiểm soát để không giảm xuống 7 hoặc thấp hơn. Chất rắn do đồng oxit tạo thành được tách ra khỏi hỗn hợp nhờ quá trình điện phân.

2.1.2.2 Hệ thống thu gom các kim loại như niken, coban, vàng, bạc, bạch kim và paladi

Số sáng chế: VN10024651B

Chủ sáng chế: Matsuda Sangyo Co. Ltd (Nhật Bản)

Tóm tắt sáng chế: Hệ thống thu gom các kim loại như niken, coban, vàng, bạc, bạch kim và paladi từ chất thải lỏng trong quá trình sản xuất linh kiện điện tử và thiết bị bán dẫn. Hệ thống có bộ phận xử lý thông tin để xác định kim loại đang tiếp nhận và cảnh báo sự bất thường của thiết bị thu nhận kim loại.

2.1.2.3 Thu nhận kim loại từ quặng khoáng sử dụng các hợp chất dithiocacamat

Số sáng chế: VN10018587B

Chủ sáng chế: Cytec Technology Corp (Mỹ)

Tóm tắt sáng chế: Thu nhận kim loại (ví dụ: đồng, niken, molybden, chì, kẽm, vàng, bạc, bạch kim, paladi) từ quặng khoáng sử dụng các hợp chất dithiocacbammat. Các hợp chất này thể hiện hiệu suất thu nhận kim loại tốt trong nhiều điều kiện pH khác nhau và tạo ra những cải tiến đáng kể trong việc thu hồi kim loại so với các chất thông thường (như thionocarbamat). Các hợp chất được sử dụng với liều lượng nhỏ hơn giúp tiết kiệm chi phí cho mỗi đơn vị kim loại được thu hồi.

2.1.2.4 Phương pháp thu hồi đồng từ dung dịch phân hủy bằng mạch in của chất thải điện tử gia dụng

Số sáng chế: VN46130A

Chủ sáng chế: School Enviromental Sci & Technology (Việt Nam)

Tóm tắt sáng chế: Phương pháp thu hồi đồng từ dung dịch phân hủy bằng mạch in của chất thải điện tử gia dụng, trong đó cực dương là than chì, từ đó kim loại đồng điện phân bám vào cực âm và được thu hồi. Nồng độ đồng trong dung dịch điện phân khi bắt đầu điện phân là 0,4M và cuối cùng là 0,21M. Quá trình điện phân được chia thành ba giai đoạn với mật độ dòng điện lần lượt là 4, 3 và 2A / dm²; và nồng độ đồng trong dung dịch tương ứng với từng giai đoạn đã chọn nằm trong khoảng 0,4 - 0,3M; 0,3 - 0,25M; và 0,25 - 0,21M. Thời gian điện phân của từng giai đoạn được xác định theo công thức Faraday trong từng trường hợp cụ thể.

2.1.2.5 Phương pháp thu hồi đồng từ chất thải lỏng có tính axit chứa đồng, bao gồm việc trộn chất thải lỏng với chất oxy hóa, trước khi trộn hỗn hợp chất lỏng với dung dịch kiềm với mức độ pH được kiểm soát

Số sáng chế: VN24756A

Chủ sáng chế: Ebara Corp (Nhật Bản)

Tóm tắt sáng chế: Phương pháp thu hồi đồng từ chất thải lỏng có tính axit chứa đồng (ví dụ: chất lỏng thải ăn mòn tạo ra từ quá trình ăn mòn của nền mạ đồng với clorua ete hoặc chất lỏng thải do thay bể mạ trong sản xuất lá đồng điện phân). Phương pháp này bao gồm các bước: đổ hỗn hợp chất thải lỏng có tính axit chứa đồng và chất oxy hóa vào dung dịch kiềm, đồng thời điều chỉnh độ pH của dung dịch kiềm sau khi bổ sung hỗn hợp chất lỏng để không giảm xuống 7; cô lập chất rắn thu được có chứa đồng oxit làm thành phần chính.

2.2 Các giải pháp công nghệ trong nước sẵn sàng chuyển giao

2.2.1 Quản lý chất thải điện tử tại Việt Nam theo định hướng kinh tế tuần hoàn

Tác giả: GS.TS. Huỳnh Trung Hải; PGS.TS Nguyễn Đức Quảng – Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

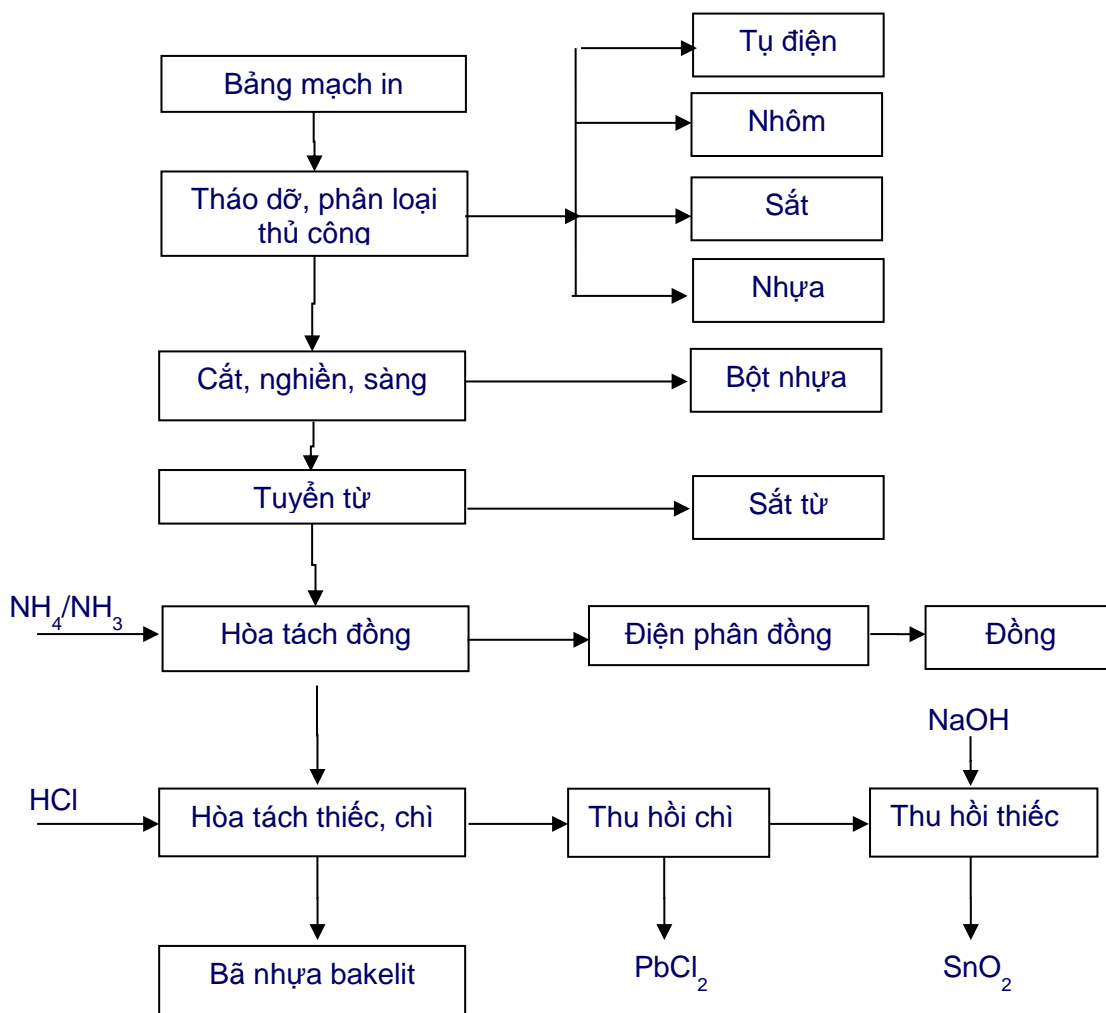
Nội dung: Để quản lý chất thải điện tử theo định hướng kinh tế tuần hoàn, cần xây dựng và triển khai giải pháp tổng thể, bao gồm: (1) Phát triển các công nghệ tiền xử lý, tháo dỡ chất thải điện tử có hiệu quả cao; (2) Phát triển hệ thống thu gom tốt; (3) Phát triển các công nghệ xử lý chất thải nguy hại phát sinh; (4) Phát triển các quy trình thủy luyện thu hồi kim loại từ bảng mạch điện tử (PCB); và (5) Phát triển các công nghệ tái chế thủy tinh.



Hình 1: Quản lý chất thải điện tử theo xu thế kinh tế tuần hoàn

Trong các nội dung của giải pháp tổng thể nêu trên, chi tiết hóa nguyên lý vận hành của quy trình công nghệ thu hồi kim loại từ bảng mạch điện tử như sau: bảng mạch điện tử, sau khi được tháo dỡ, phân loại và tách các thành phần như nhựa, sắt, nhôm, tụ điện sẽ được đưa vào xay nghiền và sử dụng phương pháp trọng lực (sàng) để tách riêng bột nhựa. Hỗn hợp kim loại còn lại được tách riêng nhờ các phương pháp hóa lý. Sắt từ được tách ra nhờ công nghệ tuyển từ. Với việc ứng

dùng NH_4/NH_3 và quá trình điện phân, sẽ cho phép thu hồi đồng kim loại đồng (Cu). Ứng dụng HCl, sẽ thu hồi được chì (Pb), kẽm (Zn), thiếc (Sn),... nhờ các phản ứng hóa học. Việc kết hợp các phương pháp điện phân với hóa lý sẽ cho sản phẩm kim loại thu nhận được có độ tinh khiết cao.



Hình 2: Quy trình công nghệ thu hồi kim loại từ bảng mạch điện tử

Trong các điều kiện tối ưu, việc áp dụng công nghệ thủy luyện (dùng các kim loại mạnh đẩy các kim loại yếu ra khỏi dung dịch) để thu hồi, tái chế một số nhóm kim loại từ bảng mạch cho phép thu hồi được kim loại rất cao: hiệu suất hòa tách thiếc oxit (SnO_2) là 92%, hòa tách muối chì (PbCl_2) là 81%. Riêng với kim loại đồng (Cu), hiệu suất hòa tách có thể lên tới 99%.

Giải pháp cho phép gia tăng hiệu lực, hiệu quả quá trình tiền xử lý và xử lý chất thải điện tử. Khi kết hợp đồng thời nhiều phương pháp, cho hiệu suất hòa tách các kim loại như thiếc, chì, đồng đều trên 80%.

2.2.2 Lò đốt bằng mạch và tái chế kim loại trong xử lý rác thải điện tử

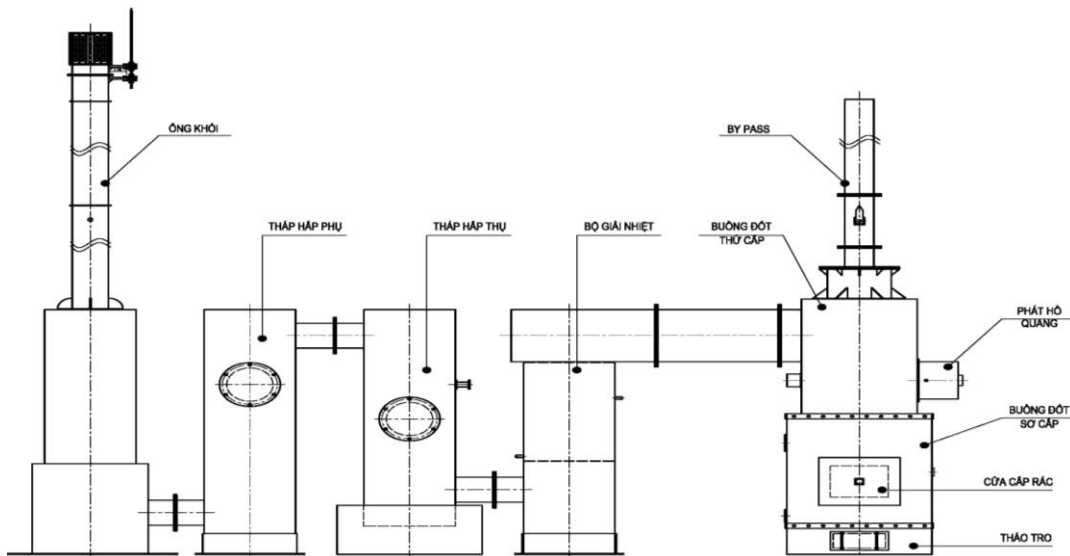
Tác giả: PGS.TS. Lê Văn Lữ – Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM

Nội dung: Là một dạng chất thải nguy hại, bằng mạch điện tử, sau khi tháo dỡ và phân tách các cấu kiện (như IC, tụ điện, điện trở,...) sẽ được xử lý bằng lò đốt và tái chế kim loại.

Lò đốt

Với các lò đốt thông thường, các loại khí thải như lưu huỳnh dioxide (SO_2), oxyde nitơ (NO_x), carbon oxide (CO), acid hydrochloric (HCl), hydro fluoride (HF) phát sinh do đốt cháy không hoàn toàn hoặc do thành phần của rác sẽ được xử lý bằng hệ xử lý khí ứng dụng phương pháp hấp thụ, với dung dịch kiềm natri hydroxide (NaOH), natri carbonate (Na_2CO_3), hoặc hấp phụ bởi các khoáng chất vôi (CaO) kết hợp với dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$); dùng than hoạt tính (activated carbon) để xử lý triệt để dioxin, furans còn sót trong khói thải trước khi thoát ra môi trường.

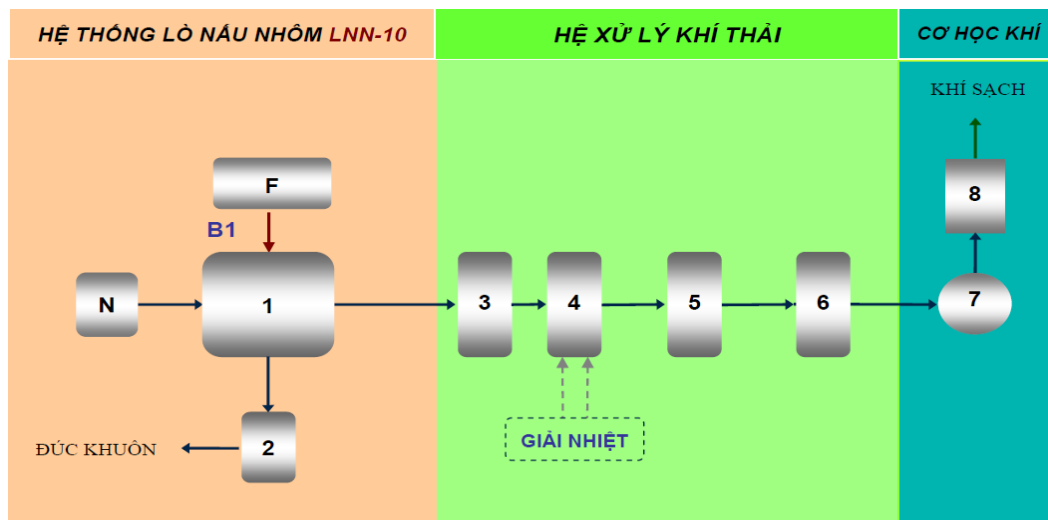
Sử dụng công nghệ đốt hồ quang, nhiệt độ ngọn lửa có thể lên đến 1.500°C , giúp thiêu đốt hoàn toàn các chất có chứa thành phần cháy carbon (C) và hydro (H) trong linh kiện. Với hiệu suất sử dụng nhiệt đạt 98%, lò đốt hồ quang còn giảm thiểu lượng dioxin, furans thoát ra môi trường (từ $5,9 \text{ ngTEQ/N.m}^3$ xuống $1,16 \text{ ngTEQ/N.m}^3$ - giảm 5 lần so với đốt thứ cấp thông thường); nồng độ carbon monoxide (CO) và bụi cũng giảm 2-3 lần. Nhờ nhiệt độ cao, nên lò đốt hồ quang rất thích hợp cho xử lý chất thải nguy hại. Lò có hiệu suất sử dụng cao, chi phí đầu tư, phí vận hành thấp hơn lò đốt thông thường.



Hình 4: Mô hình lò đốt rác hồ quang

Lò tái sinh kim loại

Phế liệu kim loại (chứa nhôm) sau khi phân loại, làm sạch được đưa vào lò tái sinh kim loại ở nhiệt độ khoảng 750-1.100°C để nấu nóng chảy.



Hình 5: Quy trình công nghệ lò nấu nhôm

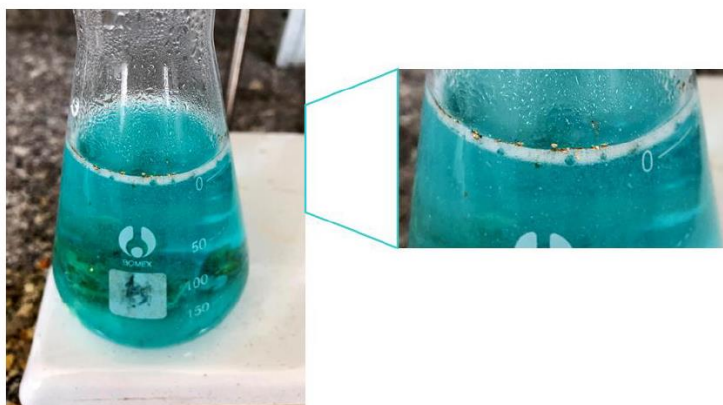
Các cặn bã, tạp chất được tách bỏ. Khí hydro (H) sinh ra trong quá trình tái sinh kim loại được khử bằng khí Chlor (Cl) và khí nitơ (N). Tùy theo yêu cầu đối với sản phẩm cuối cùng mà nhôm có thể được đúc thành thỏi, phôi, thanh, hình thành tấm lớn cho quá trình cán, phun thành bột, hoặc vận chuyển trong trạng thái nóng chảy đến các cơ sở chế biến khác. Khí thải thoát ra được xử lý, hấp thụ, hấp phụ, thải nhiệt,... qua các lớp than hoạt tính, rồi mới thải ra bên ngoài.

Lò nấu nhôm có thể đạt công suất 10 tấn/ngày, tiêu tốn ít năng lượng hơn so với sản xuất nhôm mới. Lò góp phần giảm thiểu việc sử dụng khoáng sản nhôm, tiết kiệm tài nguyên môi trường. Quá trình nấu nhôm tái chế không chuyển hóa các nguyên tố khác nên lượng nhôm tái chế cao.

2.2.3 Một số giải pháp tái chế vàng và ứng dụng vật liệu hấp phụ trong công nghệ tái chế rác thải điện tử

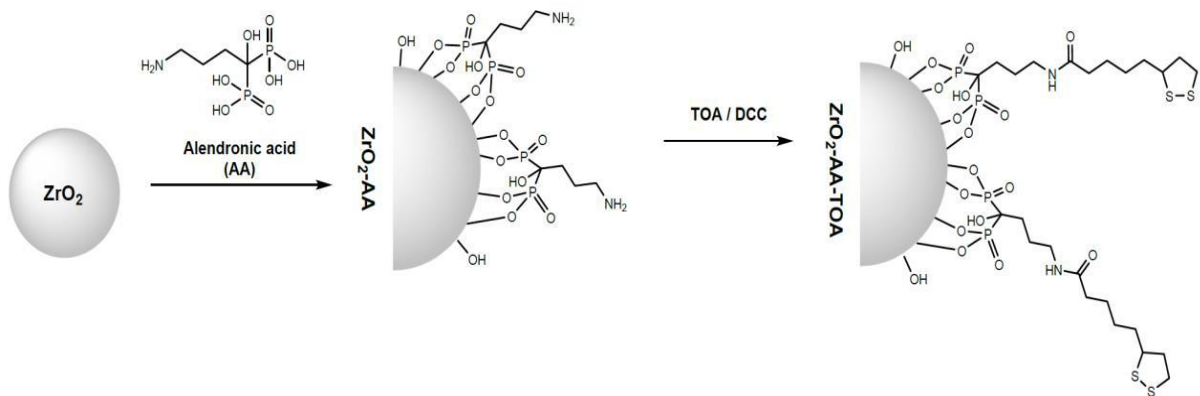
Tác giả: TS. Triệu Quốc An – Khoa Kỹ thuật Thực phẩm và Môi trường (Trường Đại học Nguyễn Tất Thành)

Nội dung: Các linh kiện như thanh ram, chip xử lý và các chân tiếp xúc trong bảng mạch điện tử có chứa nhiều hàm lượng vàng. Áp dụng phương pháp bóc tách vàng trực tiếp từ board mạch điện tử thông qua phản ứng oxy hóa chọn lọc, sử dụng hỗn hợp persulfate/hydroxy peroxide ($S_2O_8^{2-}/H_2O_2$). Các kim loại cơ bản như sắt (Fe), niken (Ni), nhôm (Al), đồng (Cu) sẽ bị hòa tan một phần. Vàng (Au) hầu như không bị hòa tan, nên có thể giải phóng ra khỏi bề mặt của bảng mạch điện tử. Hiệu suất thu hồi có thể đạt đến 98%, độ tinh khiết lên đến 95%.



Hình 6: Quá trình bóc tách vàng trực tiếp từ bảng mạch điện tử

Dung dịch sau khi hòa tan kim loại (vẫn còn tồn đọng một lượng vàng nhất định) sẽ được tiếp tục phân tách trong quá trình thủy luyện, sử dụng vật liệu hấp phụ là zirconia (ZrO_2) biến tính bề mặt. Nhờ quá trình biến tính bề mặt sử dụng tác nhân thioctic acid (TOA), zirconia có khả năng bắt giữ chọn lọc ion Au (III) và ion Pd(II). Bề mặt zirconia gắn các tác nhân alendronic acid (AA) và tạo nối hóa trị với TOA nhờ phản ứng ghép cặp amide sẽ hạn chế việc rửa trôi các nhóm chức.



Hình 7: Quá trình biến tính bề mặt vật liệu ZrO_2

Dung lượng hấp phụ của vật liệu sau khi biến tính cho phép thu hồi tối đa 4,3 mg Au/g vật liệu và 6,3 mg Pd/g vật liệu.

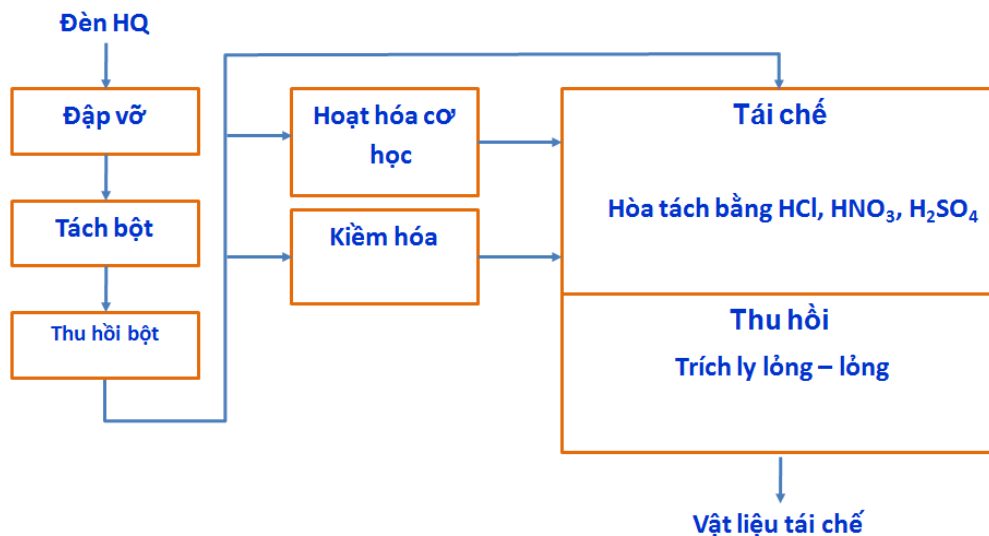
Quy trình bóc tách vàng trực tiếp đơn giản, hiệu quả và ít tác động môi trường, khả năng mở rộng quy mô dễ dàng. Vật liệu có khả năng phân tách chọn lọc ion Au(III) và ion Pd(II) và có thể tái sử dụng.

2.2.4 Công nghệ thu hồi Yttri và Europi từ đèn huỳnh quang sau sử dụng

Tác giả: TS. Hà Vĩnh Hưng – Viện Khoa học và Công nghệ Môi trường (Trường Đại học Bách khoa Hà Nội)

Nội dung: Yttri và Europi là những thành phần trong bột huỳnh quang, góp phần tạo nên ánh sáng khả kiến (nhìn thấy được). Việc thu hồi Yttri và Europi sẽ góp phần hạn chế việc phát tán ra môi trường, gây tác hại đến sức khỏe con người.

Bóng đèn huỳnh quang, sau khi được đập vỡ (bằng phương pháp cơ học hoặc phương pháp siêu âm) phân tách thu hồi được bột huỳnh quang. Bột huỳnh quang được tiến hành kiềm hóa nhằm giúp quá trình hòa tách dễ dàng hơn, qua thiết bị thùng quay (nhiệt độ 950°C trong 2 giờ). Sau khi kiềm hóa, bột huỳnh quang được đưa vào thiết bị hòa tách, rửa (trong 15 phút) để loại bỏ các hóa chất tồn dư, sau đó tiến hành hòa tách bằng cách khuấy và gia nhiệt (50°C trong 20 phút), sử dụng axit ví dụ (HCl, nồng độ 3,5M) rồi lọc và thu dung dịch hòa tách.



Hình 8: Quy trình tái chế đèn huỳnh quang

Dung dịch hòa tách sau khi trích ly Yttri, Europi và pha hữu cơ sẽ chuyển sang công đoạn giải trích ly để thu hồi hai sản phẩm riêng biệt là Yttri và Europi, với hiệu suất thu hồi trên 90%, sản phẩm thu được có độ tinh khiết cao.

Công nghệ có tính ổn định, dễ vận hành. Ngoài áp dụng cho thu hồi Yttri và Europi từ bóng đèn huỳnh quang, có thể vận dụng công nghệ cho nhiều loại chất thải điện tử khác như màn hình LCD (Tivi, máy tính) hoặc đèn LED.

2.2.5 Thiết bị nghiền cắt trong quy trình xử lý và tái chế linh kiện điện tử

Tác giả: ThS. Hoàng Xuân Dương - Công ty CP Phát triển công nghệ HiTech Việt Nam

Nội dung: Để đảm bảo chất thải điện tử có kích thước cần thiết trong các quá trình xử lý, giải pháp thường được sử dụng là nghiền cắt (bằng máy cắt ép thủy lực hoặc máy nghiền). Sau công đoạn nghiền cắt, các sản phẩm lớn (như laptop, máy fax và những sản phẩm điện tử khác) sẽ được phân nhỏ thành nhiều phần. Ứng dụng các nguyên lý cơ học, nhờ sự khác biệt về trọng lực, vật liệu sau khi được cắt nhỏ sẽ được chuyển qua sàng rung (một hoặc nhiều tầng), hệ thống lắng và hệ thống rửa để tách sơ bộ các thành phần kim loại, thủy tinh, nhựa, nilon,... và đất.



Hình 9: Quy trình xử lý, tái chế rác thải điện tử

Máy nghiền thô thường được sử dụng là máy nghiền 2 trục tốc độ chậm, máy nghiền 4 trục tốc độ chậm và máy nghiền bào thủy lực.



Hình 10: Các loại máy nghiền thường sử dụng: a) Máy nghiền 2 trục; b) Máy nghiền 4 trục; c) Máy nghiền bào thủy lực

Đối với máy nghiền bào thủy lực, sản phẩm sau khi nghiền có kích thước rất nhỏ. Tuy nhiên, loại máy này chỉ dùng cho loại chất thải điện tử có thành kim loại dày dưới 3mm.

Các thiết bị nghiền cắt hỗ trợ tốt cho các công đoạn phân loại và tách vật liệu nhựa ra khỏi kim loại, tiết kiệm nhân lực nhưng có chi phí bảo dưỡng, thay thế thấp, mang lại lợi ích cao cho doanh nghiệp.

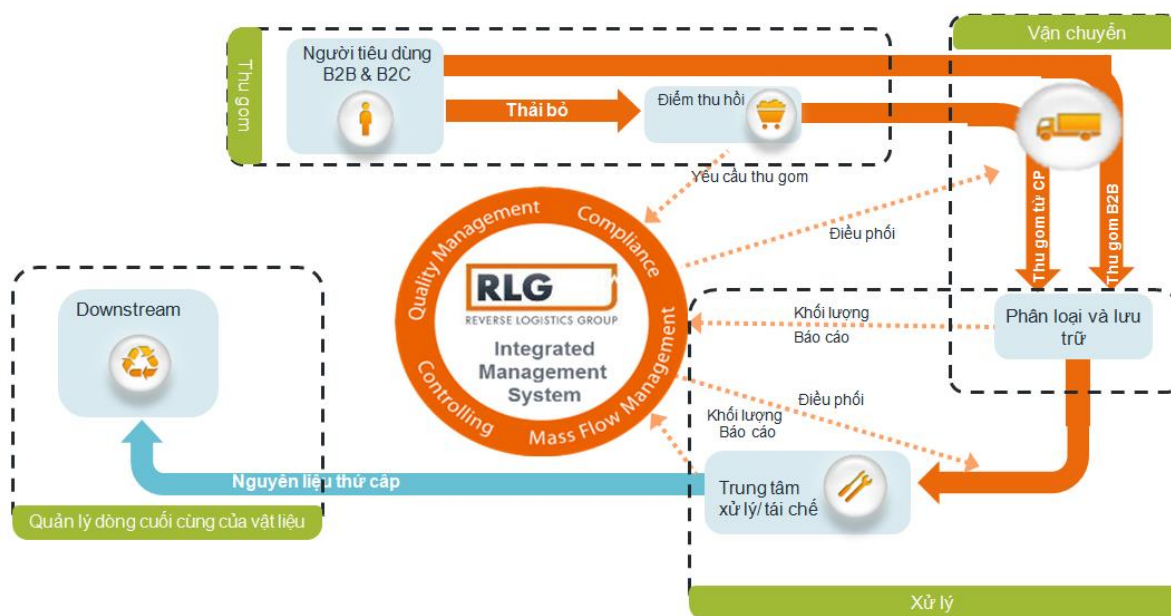
2.2.6 Chương trình Việt Nam tái chế

Thông tin: Bà Mai Thị Thu Hằng – Công ty TNHH Reverse Logistics Việt Nam

Nội dung: Là giải pháp phi công nghệ, Chương trình Việt Nam tái chế được thành lập và vận hành bởi Nền tảng tái chế Việt Nam (VRP), dưới sự tư vấn của Công ty TNHH Công Nghệ HP Việt Nam và Công ty TNHH Apple Việt Nam. Với tiêu chí giảm thiểu rác thải điện tử, tăng cường việc tái chế và quản lý các tác động của chất thải điện tử cuối vòng đời sử dụng đến môi trường và sức khỏe cộng đồng.

Chương trình thu hồi tất cả các thiết bị điện tử cuối vòng đời sử dụng (từ các thiết bị lớn như máy fax, máy scan, máy photocopy; các thiết bị phổ thông như điện thoại di động, máy tính bảng, máy vi tính, máy in; cho đến các linh phụ kiện như pin laptop và điện thoại, dây sạc, tai nghe, chuột, bàn phím, loa, bảng mạch chủ, quạt tản nhiệt, bộ phát wifi,...), hoặc các thiết bị điện tử bị lỗi để đưa về nhà máy xử lý, tái chế đúng theo các quy định về bảo vệ môi trường.

Các thiết bị điện tử sẽ được thu gom tận nơi phát thải (thu gom tại nhà, tại doanh nghiệp hoặc tại các điểm thu gom của chương trình) và vận chuyển trực tiếp đến nhà máy xử lý.



Hình 11: Quy trình thu gom và xử lý theo Chương trình Việt Nam tái chế

Mỗi thiết bị điện tử thu gom đều được ghi nhận cụ thể. Sau khi thu gom, chất thải điện tử sẽ được phân loại theo từng danh mục sản phẩm và tháo dỡ thành các phần vật liệu khác nhau (như nhựa, kim loại, thủy tinh, chất độc hại). Sau khi được phân loại, các vật liệu khác nhau sẽ được đóng gói và ghi nhận lại lần nữa trước khi chuyển đến các địa chỉ tái chế thích hợp (ví dụ, đồng được tách ra từ các loại dây cáp sẽ được chuyển đến nhà máy sản xuất đồng; nhựa được chuyển đến nơi tái chế nhựa để tạo ra các sản phẩm mới). Chất thải nguy hại phát sinh trong quá trình xử lý sẽ được đưa đến các hệ thống chuyên xử lý cho từng loại chất thải.

Tạo điều kiện cho người dân dễ dàng loại bỏ rác thải điện tử một cách có trách nhiệm, đồng thời giúp các nhà sản xuất nâng cao trách nhiệm với cộng đồng trong việc thu gom, xử lý và tái chế rác thải điện tử, quy trình đóng góp hữu hiệu vào nỗ lực giảm thiểu tác hại của chất thải điện tử đến môi trường và sức khỏe cộng đồng.

PHẦN 3 - KẾT LUẬN

3.1 Về các xu hướng phát triển công nghệ xử lý chất thải điện tử trên thế giới

Các sáng chế xử lý chất thải điện tử ra đời rất sớm (từ năm 1906), nhưng chỉ bắt đầu phát triển mạnh từ sau năm 1992. Số lượng sáng chế được công bố ngày càng tăng cho thấy vấn đề xử lý chất thải điện tử ngày càng được thế giới quan tâm nhiều hơn.

Xét về mặt địa lý, sáng chế xử lý chất thải điện tử được đăng ký bảo hộ nhiều nhất ở Châu Á. Trong đó, Trung Quốc và Nhật Bản là 2 quốc gia có nhiều nghiên cứu về vấn đề này. Mặc dù Trung Quốc là quốc gia sở hữu sáng chế về xử lý chất thải điện tử nhiều nhất, nhưng quốc gia này chỉ bắt đầu nghiên cứu vào năm 1985 (trễ hơn 20 năm so với Nhật Bản), số lượng sáng chế tăng rất mạnh từ sau năm 2006 (gấp hơn 20 lần so với giai đoạn trước đó). Trong khi đó, Nhật Bản nghiên cứu xử lý chất thải điện tử từ rất sớm (năm 1962), số lượng sáng chế tăng mạnh trong giai đoạn 1990-2000, nhưng đang có xu hướng giảm từ sau năm 2000.

Có rất nhiều nguồn chất thải điện tử khác nhau đã được các chuyên gia nghiên cứu, xử lý, nhưng pin/ắc quy là loại chất thải được quan tâm nghiên cứu nhiều nhất (chiếm hơn 70% tổng số sáng chế xử lý). Thứ hai là sáng chế để xử lý các loại dây cáp điện.

Ba kỹ thuật xử lý, tái chế chất thải điện tử được đề cập nhiều nhất là loại bỏ chất thải rắn, chiết tách bằng hóa chất và tinh luyện kim loại bằng điện phân. Trong thời gian gần đây, kỹ thuật chiết tách bằng máy tách chuyên dụng có tốc độ tăng trưởng tốt.

Kim loại màu là loại vật liệu được nghiên cứu thu hồi nhiều nhất từ chất thải điện tử, tiếp đến là nhựa và kim loại độc hại. Việc nghiên cứu thu hồi kim loại đen, mặc dù có số sáng chế không nhiều, nhưng đây là đối tượng có tốc độ tăng trưởng cao trong giai đoạn 2010-2019.

Sở hữu nhiều sáng chế xử lý chất thải điện tử, chủ yếu là các doanh nghiệp lớn của Nhật Bản và một số trường đại học, học viện của Trung Quốc. Trong đó, Nhật Bản đóng góp tới 16 đơn vị (15 doanh nghiệp và 1 học viện, trong đó có top 3 đơn vị sở hữu nhiều

sáng chế: Panasonic, Sumitomo Metal Mining, Nippon Mining & Metals). Tại các đơn vị này, pin/ắc quy là nguồn chất thải điện tử được đầu tư nghiên cứu, xử lý nhiều nhất. Kỹ thuật xử lý thường được các đơn vị này sử dụng là chiết tách bằng hóa chất. Mục tiêu chính của các nghiên cứu xử lý của các đơn vị này là để thu hồi kim loại màu.

3.2 Đôi nét về tình hình nghiên cứu, ứng dụng công nghệ xử lý chất thải điện tử tại Việt Nam

Hầu hết trong số 10 sáng chế về xử lý chất thải điện tử đang được bảo hộ tại Việt Nam đề cập đến việc thu hồi kim loại màu (phần lớn là đồng). Chủ sở hữu các sáng chế này đến từ các quốc gia đang sở hữu nhiều sáng chế về xử lý chất thải điện tử, như Nhật Bản, Trung Quốc và Mỹ. Việt Nam mới chỉ có một đại diện, đó là Viện Khoa học, công nghệ và Môi trường của Đại học Bách khoa Hà Nội (sở hữu sáng chế “*Phương pháp thu hồi đồng từ dung dịch phân hủy bằng mạch in của chất thải điện tử gia dụng*”).

Tại Hội thảo phân tích xu hướng công nghệ “*Xử lý chất thải điện tử*”, được Trung tâm Thông tin và Thống kê KH&CN TP.HCM tổ chức vào ngày 15/10/2021, Đại học Bách khoa Hà Nội đã giới thiệu cụ thể các quy trình: “*Công nghệ thu hồi kim loại từ bảng mạch điện tử*” là giải pháp ứng dụng công nghệ thủy luyện, với các điều kiện tối ưu, cho phép thu hồi, tái chế một số nhóm kim loại từ bảng mạch với hiệu suất rất cao: hiệu suất hòa tách thiếc oxit là 92%, hòa tách muối chì là 81%. Riêng với kim loại đồng, hiệu suất hòa tách có thể lên tới 99%. Giải pháp cho phép gia tăng hiệu lực, hiệu quả quá trình tiền xử lý và xử lý chất thải điện tử. “*Công nghệ thu hồi Yttri và Europi từ đèn huỳnh quang sau sử dụng*”, là giải pháp để xử lý chất thải là bóng đèn huỳnh quang. Công nghệ cho hiệu suất thu hồi trên 90%, sản phẩm thu được có độ tinh khiết cao. Giải pháp này còn có ưu điểm là ổn định, dễ vận hành; ngoài áp dụng cho thu hồi Yttri và Europi từ bóng đèn huỳnh quang, có thể vận dụng cho nhiều loại chất thải điện tử khác như màn hình LCD (tivi, máy tính) hoặc đèn LED.

Cũng tại Hội thảo này, Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM giới thiệu giải pháp xử lý chất thải điện tử bằng công nghệ đốt, luyện. Công nghệ này đã được triển khai tại khá nhiều nơi, được đánh giá là khá hiệu quả, cho phép tận thu kim loại quý, nhưng vẫn đảm bảo yếu tố khí thải đáp ứng yêu cầu bảo vệ môi trường. Lò có hiệu suất sử dụng cao, chi phí đầu tư, phí vận hành thấp hơn lò đốt thông thường.

Đại học Nguyễn Tất Thành đóng góp với công nghệ ứng dụng vật liệu hấp phụ để tái thu hồi vàng trong băng mạch điện tử. Quy trình bóc tách vàng trực tiếp đơn giản, hiệu quả và ít tác động môi trường, khả năng mở rộng quy mô dễ dàng. Vật liệu có khả năng phân tách chọn lọc ion Au(III) và có thể tái sử dụng.

Các doanh nghiệp công nghệ cũng đã có những động thái bắt nhịp nhanh chóng vào các hoạt động nghiên cứu, xử lý, tái chế chất thải điện tử. HitechVietnam, với việc thiết kế, chế tạo các loại máy nghiền, cắt phục vụ công tác phân tách, sơ chế chất thải điện tử, là một ví dụ. Các thiết bị của HitechVietnam được xem là hỗ trợ tốt cho các công đoạn phân loại và tách vật liệu, tiết kiệm nhân công.

3.3 Một số khuyến nghị

Có thể thấy, các công nghệ xử lý, thu hồi chất thải điện tử tại Việt Nam đã được các nhà khoa học, các doanh nghiệp đầu tư, nghiên cứu. Tuy nhiên, so với thế giới, các sáng chế, các kết quả nghiên cứu, các công nghệ này chưa được nhiều. Đồng thời, việc triển khai xử lý chất thải điện tử ở quy mô công nghiệp tại Việt Nam còn rất hạn chế.

Một vấn đề hiện đang được nhiều chuyên gia cùng thống nhất, đó là bên cạnh việc tiếp tục phát triển các giải pháp công nghệ phù hợp để xử lý chất thải điện tử, cần phát triển cả các giải pháp phi công nghệ, nhất là yêu cầu thu gom các loại chất thải điện tử một cách tập trung. Theo các nhà nghiên cứu, chất thải điện tử vẫn chưa được quản lý một cách phù hợp và bền vững ở Việt Nam. Khối tư nhân còn đang kiểm soát dòng chất thải này. Đa phần chất thải điện tử được thu gom và tháo dỡ không theo quy cách và chỉ tập trung thu hồi các vật liệu dễ thu hồi và tái chế như một số kim loại, phần còn lại bị tiêu hủy hoặc đi vào các bãi chôn lấp chất thải rắn. Để giải quyết bài toán này, rất cần sự nỗ lực tổng hợp của toàn xã hội, từ hệ thống thu gom, người tiêu dùng đến hệ thống các nhà sản xuất.

Kinh nghiệm từ các quốc gia phát triển cho thấy, chất thải điện tử thường nằm trong danh mục phải thu hồi và xử lý theo cơ chế trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (Extended Producer Responsibility-EPR). Do vậy, trong thời gian tới, theo cơ chế EPR, nhà sản xuất cần có trách nhiệm trong việc thu hồi và tái chế chất thải điện tử, cùng với sự tham gia của các nhà tái chế và hệ thống thu gom cũng như cộng đồng, áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn để quản lý chất thải điện tử.