

“Khai thác đô thị” đất hiếm: Từ phế thải công nghệ đến nguồn tài nguyên chiến lược

Trong cuộc đua toàn cầu nhằm đảm bảo an ninh chuỗi cung ứng cho các ngành công nghệ cao, một cuộc cách mạng thầm lặng đang diễn ra trong các phòng thí nghiệm và nhà máy trên khắp thế giới. Thay vì chỉ tập trung vào việc tìm kiếm các mỏ địa chất mới, giới khoa học và công nghiệp đang hướng sự chú ý vào một nguồn tài nguyên khổng lồ và ngày càng gia tăng: phế thải công nghệ. Việc thu hồi và tái chế đất hiếm từ các sản phẩm đã hết vòng đời, hay còn gọi là “khai thác đô thị”, đang nổi lên như một hướng đi chiến lược, không chỉ giải quyết bài toán môi trường mà còn định hình lại bản đồ tài nguyên của thế kỷ 21.

"Mỏ trong thành phố" - Nguồn tài nguyên bị lãng quên

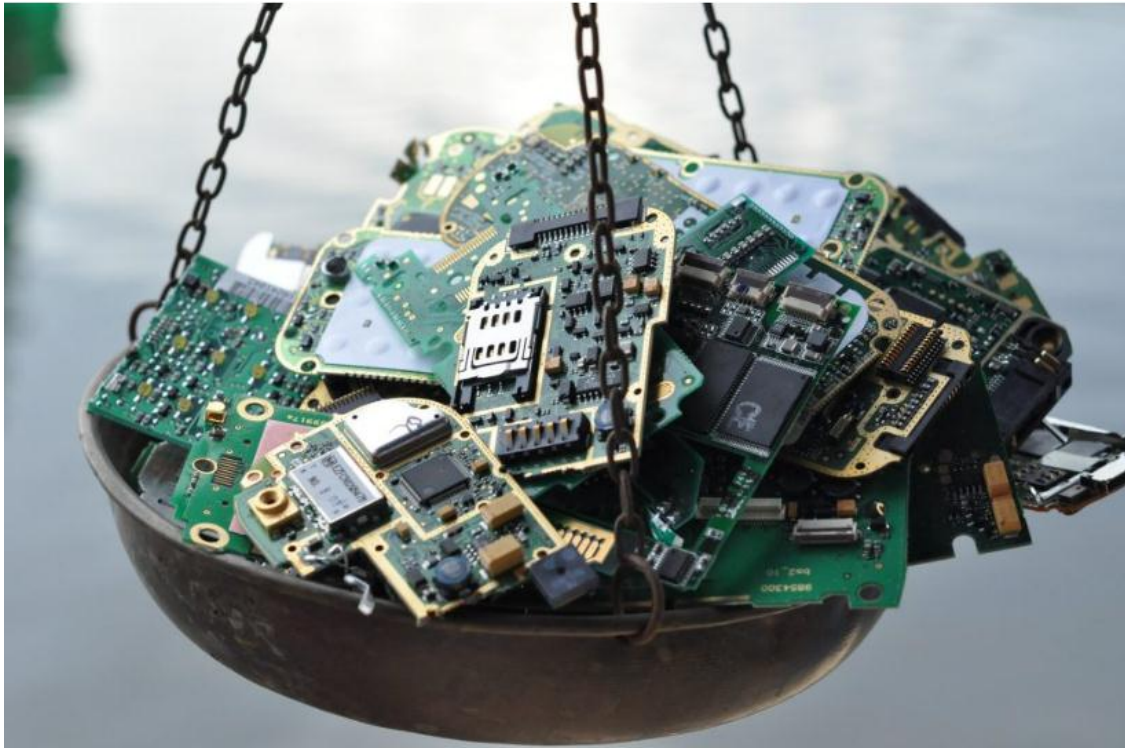
Hàng năm, hàng triệu tấn rác thải điện tử (e-waste), động cơ cũ và các thiết bị công nghiệp bị loại bỏ, mang theo một lượng lớn các nguyên tố đất hiếm có giá trị. Nguồn tài nguyên "đô thị" này tập trung chủ yếu ở ba loại phế thải chính:

Nam châm vĩnh cửu NdFeB đã qua sử dụng: Đây là "vĩa quặng" giàu đất hiếm nhất, chứa hàm lượng Neodymium (Nd), Praseodymium (Pr) và Dysprosium (Dy) rất cao. Chúng có mặt trong các ổ cứng máy tính, động cơ xe điện, tua-bin gió, máy điều hòa không khí, loa và nhiều thiết bị khác. Theo ước tính, thị trường tái chế nam châm đất hiếm toàn cầu có thể đạt giá trị hàng tỷ USD trong thập kỷ tới.

Bột huỳnh quang từ đèn thải: Các loại đèn huỳnh quang compact và đèn ống cũ chứa bột huỳnh quang (phosphors) là nguồn cung cấp quan trọng các nguyên tố đất hiếm nặng và đất tiền như Yttrium (Y), Europium (Eu) và Terbium (Tb).

Chất xúc tác thải: Các chất xúc tác cracking tầng sôi (FCC) từ ngành công nghiệp lọc hóa dầu chứa một lượng đáng kể Lanthanum (La) và Cerium (Ce).

Việc thu hồi đất hiếm từ các nguồn này không chỉ giúp giảm sự phụ thuộc vào khai thác mỏ truyền thống, vốn thường gây ra các vấn đề môi trường nghiêm trọng như phá hủy cảnh quan và ô nhiễm phóng xạ, mà còn tạo ra một nguồn cung thứ cấp ổn định, an toàn và có thể dự báo được ngay trong biên giới quốc gia.



Ảnh: Nguồn rác thải từ các bảng mạch điện tử (nguồn. en.reset.org)

Những đột phá trong công nghệ tái chế đất hiếm

Quá trình tái chế đất hiếm là một thách thức công nghệ lớn. Tuy nhiên, nhiều kết quả nghiên cứu đột phá gần đây đã mở ra triển vọng thương mại hóa ở quy mô lớn.

Thủy luyện (Hydrometallurgy) - Hướng đi chủ đạo: Đây là phương pháp được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi nhất. Các nhà khoa học tại Phòng thí nghiệm Ames (Hoa Kỳ) và Đại học KU Leuven (Bỉ) đã phát triển các quy trình thủy luyện hiệu quả để hòa tan bột nam châm NdFeB trong axit và sau đó sử dụng kỹ thuật chiết tách dung môi để thu hồi các oxit đất hiếm với độ tinh khiết trên 99,5%. Gần đây, các nghiên cứu tập trung vào việc sử dụng các axit hữu cơ yếu hơn (như axit citric, axit gluconic) để tăng tính chọn lọc và giảm tác động môi trường.

Các công nghệ mới và "xanh" hơn - Triển vọng tương lai:

+ Tái chế trực tiếp (Direct Recycling): Một hướng đi đầy hứa hẹn là tái sử dụng trực tiếp hợp kim từ nam châm cũ mà không cần tách riêng từng nguyên tố. Công ty Urban Mining Company (Mỹ) đã thương mại hóa một quy trình gọi là "Magnet-to-Magnet", trong đó nam châm phế thải được xử lý để loại bỏ lớp phủ, sau đó được nghiền thành bột và tái sản xuất thành nam châm mới. Quy trình này tiết kiệm năng lượng và chi phí đáng kể so với sản xuất từ quặng.

+ Sử dụng dung môi ion (Ionic Liquids): Các nhà nghiên cứu tại Đại học Queen's Belfast (Vương quốc Anh) đã chứng minh khả năng sử dụng một số loại dung môi ion để hòa tan chọn lọc các oxit đất hiếm từ bột huỳnh quang thải. Kết quả phòng thí nghiệm cho thấy hiệu suất thu hồi Europium có thể đạt trên 90% với độ tinh khiết cao. Mặc dù chi phí của dung môi ion còn cao, khả năng tái sử dụng và tính thân thiện với môi trường của chúng là một lợi thế lớn.

+ Sinh học thủy luyện (Bioleaching): Đây là lĩnh vực nghiên cứu mới mẻ nhưng đầy tiềm năng. Các nhà khoa học tại Đại học Idaho (Hoa Kỳ) đã phát hiện ra rằng vi khuẩn *Gluconobacter* có khả năng sản xuất axit gluconic, giúp hòa tan đất hiếm từ nam châm đã được xử lý nhiệt. Kết quả phòng thí nghiệm cho thấy có thể thu hồi tới 70% lượng Neodymium. Mặc dù quá trình này còn chậm và hiệu suất chưa cao, nó mở ra một hướng đi hoàn toàn bền vững, sử dụng năng lượng tối thiểu và không phát sinh hóa chất độc hại.



Ảnh: Tái chế từ nam châm đất hiếm (nguồn. <https://eco-recycle.co.uk/>).

Thực trạng, thách thức và lộ trình cho Việt Nam

Đối với Việt Nam, "khai thác đô thị" đất hiếm là một lĩnh vực gần như còn bỏ ngỏ. Hiện tại, chúng ta chưa có một hệ thống thu gom, phân loại và xử lý rác thải điện tử, phế thải công nghiệp chứa đất hiếm một cách bài bản. Các hoạt động tái chế (nếu có) chủ yếu dừng ở mức độ thủ công, quy mô nhỏ, chủ yếu thu hồi các kim loại thông thường như đồng, nhôm, sắt, trong khi các nguyên tố đất hiếm quý giá bị thất thoát và thải ra môi trường.

Tuy nhiên, đây chính là cơ hội để Việt Nam xây dựng một ngành công nghiệp tái chế đất hiếm ngay từ đầu theo hướng hiện đại và bền vững. Để làm được điều đó, cần có một lộ trình rõ ràng với các bước đi cụ thể:

Xây dựng khung chính sách và hệ thống thu gom: Nhà nước cần ban hành các chính sách khuyến khích và quy định bắt buộc về việc thu hồi các sản phẩm chứa đất hiếm đã hết vòng đời. Xây dựng một hệ thống thu gom và phân loại rác thải điện tử, phế thải công nghiệp hiệu quả trên toàn quốc là bước đi tiên quyết.

Đầu tư mạnh mẽ vào R&D: Cần có một chương trình khoa học công nghệ cấp quốc gia về tái chế vật liệu chiến lược, trong đó ưu tiên nguồn lực cho các viện nghiên cứu, trường đại học để:

+ **Nghiên cứu và làm chủ các công nghệ tái chế cơ bản:** Tập trung vào việc tối ưu hóa quy trình thủy luyện, phù hợp với các loại phế thải đặc thù tại Việt Nam. Với kinh nghiệm sẵn có về thủy luyện và chiết tách quặng nguyên sinh, các đơn vị như Viện Công nghệ xạ hiếm có thể nhanh chóng tiếp cận và làm chủ công nghệ này.

+ **Nghiên cứu các công nghệ mới, đi tắt đón đầu:** Dành nguồn lực để nghiên cứu các hướng đi tiên tiến như sử dụng dung môi ion, sinh học thủy luyện. Mặc dù đây là các nghiên cứu dài hạn, việc bắt đầu ngay từ bây giờ sẽ giúp Việt Nam không bị tụt hậu về công nghệ.

Xây dựng các cơ sở xử lý và tái chế thí điểm (Pilot Plant): Sau khi có kết quả R&D khả quan, cần đầu tư xây dựng các nhà máy tái chế thí điểm để kiểm chứng công nghệ, đánh giá hiệu quả kinh tế và hoàn thiện quy trình trước khi triển khai ở quy mô công nghiệp.

Tăng cường Hợp tác Quốc tế: Học hỏi kinh nghiệm từ các quốc gia đi trước trong việc xây dựng chính sách, hệ thống thu gom và chuyển giao công nghệ tái chế tiên tiến.

Việc phát triển ngành công nghiệp tái chế đất hiếm không chỉ là một giải pháp kinh tế - môi trường mà còn là một vấn đề an ninh tài nguyên. Bằng cách "khai thác" chính những sản phẩm công nghệ đã qua sử dụng, Việt Nam có thể tạo ra một nguồn cung đất hiếm thứ cấp ổn định, giảm sự phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài và đóng góp vào việc xây dựng một nền kinh tế tuần hoàn, xanh và bền vững.

Viện Công nghệ xạ hiếm, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam

Nguồn: Bộ Khoa học và Công nghệ (MST)