



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

HÀ NỘI 14 - 11 - 2024

ERSD 2024



ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG)

CÁC ĐƠN VỊ PHỐI HỢP TỔ CHỨC

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam

Tổng hội Địa chất Việt Nam

Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam

Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu

Hội Cơ học Đá Việt Nam

Hội Công trình ngầm Việt Nam

Hội Dầu khí Việt Nam

Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam

Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam

Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam

Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam

Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam

Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam

Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban

GS.TS Trần Thanh Hải, *Trường Đại học Mở Địa - chất*

Phó Trưởng ban

PGS.TS Triệu Hùng Trường, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Ủy viên

GS.TS Võ Chí Mỹ, *Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam*

GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*

GS.TS Nguyễn Quang Phích, *Hội Công trình ngầm Việt Nam*

GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS. TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Văn Lâm, *Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam*

PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo, *Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam*

PGS.TS Đặng Trung Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*

PGS.TS Lê Đức Tình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Như Trung, *Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam*

PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Trần Thị Phúc An, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*

TS Đào Hồng Quảng, *Viện Khoa học Công nghệ Mỏ*

TS Nguyễn Quốc Thập, *Hội Dầu khí Việt Nam*

TS Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Lê Ái Thu, *Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam*

TS Bùi Yên Tĩnh, *Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu*

BAN KHOA HỌC

Trưởng ban

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Phó trưởng ban

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Ủy viên

GS.TSKH Hoàng Ngọc Hà, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
GS.TS Võ Trọng Hùng, *Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam*
GS.TS Trương Xuân Luận, *Tổng Hội Địa chất Việt Nam*
GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mở Việt Nam*
GS.TS Đỗ Như Tráng, *Hội Cơ học Đất Việt Nam*
PGS.TS Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Lê Ngọc Ánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Đỗ Văn Bình, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Nguyễn Quang Minh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Xuân Núi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Khổng Cao Phong, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Ngô Xuân Thành, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Lê Minh Thống, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*

PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Nguyễn Văn Xô, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

PGS.TS Đỗ Như Ý, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*

TS Lê Quang Duyến, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Cao Khải, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Văn Phóng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Bách Thảo, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

BAN BIÊN TẬP

Trưởng ban

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Phó Trưởng ban

PGS.TS Nguyễn Việt Nghĩa, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS. TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

BAN THƯ KÝ

Trưởng ban

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Phó Trưởng ban

TS Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
PGS.TS Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Khắc Long, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*
TS Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

TS Dương Thành Trung, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

ThS Hoàng Thu Hằng, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

ThS Nguyễn Thanh Hải, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

ThS Phạm Đức Nghiệp, *Trường Đại học Mở - Địa chất*

WEBSITE HỘI THẢO

Thông tin chi tiết của Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững - ERS2024 được đăng tải trên trang Website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: <http://ersd.humg.edu.vn/>

ĐỊA CHỈ LIÊN HỆ

Phòng Khoa học công nghệ, Trường Đại học Mở - Địa chất, số 18 phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội, Việt Nam. ĐT: (+84) 24.3838643

MỤC LỤC

Bàn về khả năng khai thác nước dưới đất của nhà máy cấp nước khu công nghiệp Sa Đéc tỉnh Đồng Tháp <i>Đỗ Văn Bình, Trần Thị Thanh Thủy, Dương Thị Thanh Xuyên</i>	732
Đánh giá sự phân bố vi nhựa trong trầm tích tại cửa sông Cái (Khánh Hòa) <i>Tạ Lê Đăng Khôi, Nguyễn Thị Thanh Hoài, Lê Hùng Phú, Trần Anh Quân, Hoàng Văn Lương, Vu Ngọc Toan, Trần Thị Thu Hương</i>	737
Đánh giá tính hợp lý của các giếng khai thác nước dưới đất tại trạm cấp nước Dương Nội, Hà Đông <i>Đỗ Văn Bình, Dương Thị Thanh Xuyên, Đỗ Thị Hải, Trần Thị Kim Hà</i>	743
Kết quả khảo sát hoạt độ phóng xạ trong nước biển khu vực Hải Phòng - Quảng Ninh <i>Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Thị Thu Trang, Lê Anh Thơ, Bùi Chí Tiến</i>	749
Đánh giá chất lượng môi trường đất và nước tại một số làng nghề chế tác kim loại và cơ kim khí <i>Nguyễn Mai Hoa</i>	754
Đánh giá lan truyền bụi từ trạm nghiền xi măng Norcem Yên Bình, Lai Châu sử dụng ứng dụng mô hình METI-LIS <i>Trần Anh Quân, Phạm Đức Bình</i>	760
Tối ưu hóa quá trình hòa tách bộ phận nam châm trong ổ cứng đã qua sử dụng để thu hồi kim loại đất hiếm <i>Phạm Khánh Huy</i>	767
Nghiên cứu hiệu quả dự báo chất lượng nước mặt bằng các mô hình học máy: ứng dụng tại sông Ba Chẽ, tỉnh Quảng Ninh <i>Nguyễn Thị Hồng, Nguyễn Thị Thu Huyền, Đào Trung Thành</i>	773
Nghiên cứu vai trò của chủng nấm <i>Curvularia lunata</i> trong kích thích sinh trưởng và xử lý ô nhiễm môi trường <i>Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Hồng, Trần Thị Ngọc, Nguyễn Phương Đông, Nguyễn Thị Nhạn</i>	779
Ảnh hưởng của bộ rễ thực vật đến việc loại bỏ hợp chất 4-Nitrophenon trong nước <i>Nguyễn Hoàng Nam, Nguyễn Hoàng Nam Anh, Nguyễn Mạnh Hà, Phạm Việt Đức</i>	784
Nghiên cứu đánh giá vai trò của chủng vi nấm <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Thị Nhạn</i>	790
Hiệu quả xử lý Benzen, Methyl- <i>tert</i> -butylether trong nước ngầm của hệ thống constructed wetland dòng chảy ngang dưới bề mặt <i>Nguyễn Hoàng Nam, Nguyễn Hoàng Nam Anh, Nguyễn Việt Hùng, Phạm Việt Đức</i>	796
Chuyển đổi số với ngành công nghiệp môi trường ứng dụng với các doanh nghiệp khai khoáng ở Việt Nam <i>Nguyễn Ngọc Bảo, Nông Việt Hùng, Dương Phi Hùng, Nguyễn Thị Thu Hương, Nông Việt Trung, Nguyễn Hồng Thái, Ngô Thái Vinh, Dương Mai Yến</i>	803
Nghiên cứu công nghệ phân tách, thu hồi bụi than, sắt và khoáng silica từ tro bay nhà máy nhiệt điện hướng đến sản xuất nguyên liệu công nghiệp theo mô hình kinh tế tuần hoàn <i>Nông Việt Hùng, Nguyễn Ngọc Bảo, Dương Phi Hùng, Nguyễn Thị Thu Hương, Nông Việt Trung, Vũ Mạnh Anh, Nguyễn Ngọc Trục, Ngô Thái Vinh, Dương Mai Yến</i>	807
Đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải và sức chịu tải của sông Ngũ Huyện Khê thuộc địa bàn tỉnh Bắc Ninh <i>Nguyễn Thị Hoà</i>	812

Tối ưu hóa quá trình hòa tách bộ phận nam châm trong ổ cứng đã qua sử dụng để thu hồi kim loại đất hiếm

Phạm Khánh Huy*
Trường Đại học Mở - Địa chất

TÓM TẮT

Trong lĩnh vực môi trường, việc tái chế, thu hồi kim loại có trong chất thải điện tử được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau. Trong số đó, phương pháp thủy luyện hiện đang được sử dụng phổ biến và nhiều hơn do quá trình thu hồi tạo ra lượng chất thải ít hơn, sản phẩm thu hồi có mức tinh khiết tốt hơn và ít tốn năng lượng hơn như so với phương pháp hòa luyện. Để đưa ra được một bộ thông số công nghệ cho quá trình hòa tách, thông thường ta sẽ phải tiến hành một số lượng thực nghiệm rất lớn với chi phí cao và mất nhiều thời gian. Mục tiêu của nghiên cứu là giảm chi phí cho thực nghiệm nhưng đạt kết quả đáng tin cậy, đánh giá hiệu suất hòa tách nam châm đất hiếm NdFeB trong các ổ cứng máy tính thải bỏ để thu hồi kim loại đất hiếm. Nghiên cứu được dựa trên phương pháp mô hình hóa thực nghiệm bậc hai tâm xoay của Box – Hunter và được mô phỏng bằng phần mềm mô hình MODDE 5.0. Kết quả mô phỏng cho thấy các giá trị tối ưu cho quá trình hòa tách bột nam châm đất hiếm NdFeB đạt được khi nồng độ axit sunphuric là 1,2 M, thời gian hòa tách là 14,9 phút, đường kính bột nam châm là 0,2 mm ở điều kiện cố định tốc độ khuấy 200 vòng/phút, tỉ lệ rắn/lỏng là 2 g/100 ml. Hiệu suất hòa tách thu hồi lý tưởng theo mô hình Modde 5.0 có thể đạt tới 99,9% và được xác định lại bằng kiểm nghiệm thực tế đạt từ 97,8 đến 99,3%, kết quả này có thể là cơ sở cho việc triển khai các mô hình pilot và sản xuất thực tế sau này để thu hồi kim loại đất hiếm.

Từ khóa: Chất thải điện tử; NdFeB - Nam châm đất hiếm; Thu hồi; MODDE 5.0.

1. Đặt vấn đề

Đi cùng với sự phát triển của xã hội sẽ là một lượng lớn chất thải từ quá trình sinh hoạt, sản xuất kinh doanh, một trong số đó là nhóm chất thải điện tử. Trong chất thải điện tử có chứa nhiều thành phần khác nhau như nhựa, gỗ, thủy tinh, hợp chất hữu cơ khó phân hủy, đồng, nhôm, các loại kim loại nặng như chì, thủy ngân, cadimi và các kim loại quý như vàng bạc,... Khi các thiết bị này bị vứt bỏ, không được quản lý đúng cách sẽ là điều kiện cho các hợp chất hữu cơ khó phân hủy, kim loại nặng nguy hại có thể phát tán, xâm nhập vào môi trường gây ra sự ô nhiễm hay các chứng bệnh nguy hiểm tới con người và động vật. Bên cạnh đó các loại vật liệu không tái tạo có ích do không được thu hồi sẽ dẫn đến sự suy giảm và cạn kiệt nguồn tài nguyên không tái tạo trong tương lai. Nhóm kim loại đất hiếm là một trong những loại vật liệu có đặc tính đặc biệt được ứng dụng trong hầu hết lĩnh vực công nghệ cao như công nghệ điện tử, bán dẫn, nam châm, xúc tác,... Hiện nay giá của loại vật liệu này trên thị trường ngày càng trở nên đắt đỏ do bởi nhiều yếu tố như nguồn cung bị giới hạn, các vấn đề chính trị thế giới. Do vậy, việc tìm nguồn cung bằng giải pháp thu hồi, tái chế, tái sử dụng từ chất thải là một trong những định hướng chính trong những năm gần đây.

Phương pháp thủy luyện là một trong những phương pháp được dùng để xử lý và thu hồi các thành phần có giá trị, đã và đang được áp dụng phổ biến hơn do lượng chất thải phát sinh ít hơn, tiêu hao ít năng lượng hơn và vật liệu thu hồi có độ tinh khiết tốt hơn so với phương pháp hòa luyện. Trong phương pháp này, hỗn hợp các kim loại sẽ được hòa tách bằng các loại axit, với các thông số công nghệ khác nhau. Tuy nhiên để có được bộ thông số công nghệ phù hợp sẽ cần phải thực hiện một lượng thực nghiệm rất lớn, điều này là rất tốn kém và mất nhiều thời gian.

Trong nghiên cứu này, bộ phận nam châm đất hiếm trong ổ cứng máy tính thải bỏ tại Việt Nam là đối tượng được hướng đến. Hiện tại, thế giới có hai hệ nam châm đất hiếm, thứ nhất là hệ nam châm đất hiếm SmCo với hai nhóm là SmCo₅ và Sm₂(Co,Fe)₁₇ có thành phần chính chủ yếu là Sm chiếm đến 36,09%, còn lại là Co và các kim loại khác. Thứ hai là hệ nam châm đất hiếm R₂Fe₁₄B hoặc R₂Co₁₄B với các nguyên tố đất hiếm chính là Nd, Pr, Dy... trong đó Nd chiếm tới 31,62% (N. Sato và nnk, 1998). Trong nghiên cứu

* Tác giả liên hệ

Email: phamkhanhhuy@humg.edu.vn

của tác giả thực hiện ở giai đoạn trước cho thấy tổng khối lượng kim loại đất hiếm chiếm 26%, nhiều nhất là Nd 20,87%; tiếp đến Pr là 3,56%; Dy là 1,25% và Tb là 0,14% còn lại là sắt và một số kim loại khác (Phạm Khánh Huy và nnk, 2017). Một số nghiên cứu trên thế giới, để hòa tách thu hồi kim loại này được tiến hành bằng việc sử dụng riêng rẽ các loại axit như là clohidric (HCl), sunfuric (H₂SO₄), nitric (HNO₃), hoặc bằng hỗn hợp axit ở nồng độ rất cao (N. Sato và nnk, 1998; Cui và Zhang, 2008; Önal và nnk, 2015) và cũng đã phân nào đánh giá đơn lẻ những yếu tố có ảnh hưởng trong quá trình hóa tách.

Với mục tiêu để giảm khối lượng thực nghiệm, nhưng vẫn thu được các các bộ thông số công nghệ đảm bảo độ tin cậy, các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực công nghệ, hóa học, sinh học đã áp dụng phương pháp mô hình hóa quy hoạch thực nghiệm để có thể đánh giá được sự ảnh hưởng cùng lúc của nhiều yếu tố khác nhau trong quá trình hòa tách hay tổng hợp các hợp chất (Hà Vĩnh Hưng và Huỳnh Trung Hải, 2014; Hoàng Thị Yến và nnk, 2015; Nguyễn Mạnh Huy và nnk, 2017; Trần Thế Định và nnk, 2019), bên cạnh đó thu được khoảng giá trị tối ưu cho các thông số này để đạt được hiệu suất cao nhất và có thể áp dụng chúng vào trong sản xuất thực tế. Trong nghiên cứu này, sau khi tiến hành các thực nghiệm được xây dựng theo phương pháp mô hình hóa thực nghiệm bậc hai tâm xoay của Box - Hunter, các kết quả sẽ được thiết lập trên phần mềm MODDE 5.0 để mô phỏng, đánh giá tác động qua lại giữa các yếu tố được lựa chọn là nồng độ axit, kích thước bột nam châm và thời gian hòa tách tới hiệu suất hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm và qua đó xác định được khoảng thông số tối ưu cho quá trình này một cách nhanh và chính xác.

2. Hóa chất và phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất và điều kiện thực nghiệm

Bộ phận nam châm đất hiếm được tháo gỡ từ các ổ đĩa cứng đã qua sử dụng của nhiều hãng khác nhau bị thải bỏ tại Việt Nam. Sau khi được khử từ, sẽ được đem đi nghiền và sàng qua rây có các cấp mắt lưới là 0,2; 0,4 và 06 mm. Loại axit được sử dụng là axit sunfuric (H₂SO₄) của hãng Sigma-Aldrich được chuẩn bị ở nồng độ thấp là 0,5; 1,0 và 1,5 mol/l. Thời gian hòa tách thu hồi ở các khoảng thời gian là 5; 10 và 15 phút. Quá trình thực nghiệm hòa tách được tiến hành trong thiết bị phản ứng hai vỏ, có thiết bị ổn định nhiệt độ bằng tuần hoàn nước ở 25°C, thiết bị đảo trộn có cánh khuấy teflon với tốc độ 200 vòng/phút, tỉ lệ rắn lỏng là 2 g/100 ml. Nồng độ kim loại đất hiếm được phân tích bằng phương pháp phổ khối plasma trên thiết bị ICP-MS ELAN 9000 thuộc Viện công nghệ xạ hiếm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Dựa trên các kết quả khảo sát từ giai đoạn trước cho thấy, có rất nhiều yếu tố có thể ảnh hưởng tới hiệu suất thu hồi trong quá trình hòa tách, tuy nhiên trong phạm vi của nghiên cứu này tác giả chỉ tập trung thiết lập mô hình tính toán, đánh giá cho 3 yếu tố là nồng độ axit, thời gian hòa tách và kích thước hạt, một số yếu tố khác cố định và không thay đổi. Đây là các yếu tố có thể có ảnh hưởng mạnh nhất đến hàm mục tiêu Y - hiệu suất hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm. Các bước trong nghiên cứu gồm có: (1) Xây dựng kế hoạch thực nghiệm; (2) Tiến hành thực nghiệm hòa tách thu hồi theo kế hoạch; (3) Nhập dữ liệu vào mô hình MODDE 5.0 để tính toán và đánh giá. Tiếp đến sử dụng tiêu chuẩn Student và Fisher để kiểm tra mức độ tương thích của phương trình hồi quy cho hiệu suất hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm.

Số lượng thực nghiệm được xác định theo phương pháp mô hình quy hoạch hóa thực nghiệm với kế hoạch hỗn hợp bậc hai tâm xoay của Box – Hunter. Dưới đây là Bảng 1. Ma trận kế hoạch thực nghiệm hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm (Nguyễn Minh Tuyên, 2005).

Bảng 1. Ma trận kế hoạch thực nghiệm hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm.

Thông số	Ký hiệu	Giá trị thực tế			Giá trị mã hóa		
		Mức dưới	Mức Cơ sở	Mức trên	Mức dưới	Mức Cơ sở	Mức trên
Nồng độ axit (mol/L)	Z1	0,5	1,0	1,5	-1	0	1
Thời gian hòa tách (phút)	Z2	5	10	15	-1	0	1
Kích thước hạt (mm)	Z3	0,2	0,4	0,6	-1	0	1

Với phương pháp bậc 2 tâm xoay, phương trình hồi quy được lựa chọn có dạng như sau (Nguyễn Minh Tuyên, 2005):

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{\substack{j,u=1 \\ j \neq u}}^k b_{ju} x_j x_u + \dots + \sum_1^k b_{jj} x_j^2$$

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 \quad (1)$$

Trong đó:

y - hiệu suất hòa tách tổng kim loại đất hiếm (%);

b₀, b_j, b_{ju} (j, u = 1 - 3), (u ≠ j) - hệ số hồi quy của mô hình thống kê;

x_j, x_u ($j, u = 1 - 3$) các giá trị được mã hóa (từ -1 đến 1) của nồng độ axit (X_1), thời gian hòa tách (X_2), và kích thước hạt của bột nam châm (X_3).

Số lượng thực nghiệm cần thiết và ma trận kế hoạch thực nghiệm theo kế hoạch hỗn hợp bậc hai tâm xoay Box - Hunter (Nguyễn Minh Tuyên, 2005) được trình bày trong Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 2. Giá trị α và số thực nghiệm điểm tâm tính trước cho loại mô hình.

Số nhân tố khảo sát (n)	2^n	Số thực nghiệm ở gốc ($N_{gốc}$)	Số thực nghiệm ở điểm sao (N^*)	Số thực nghiệm ở tâm (N_o)	Khoảng cách từ tâm đến điểm sao (α)
2	2^2	4	4	5	1,414
3	2^3	8	6	6	1,682
4	2^4	16	8	7	2,000

Do nghiên cứu có số yếu tố độc lập $k = 3$; nên giá trị khoảng cách từ tâm đến điểm sao $\alpha = 2^{k/4} = 1,682$; số thực nghiệm ở nhân kế hoạch = 8; số thực nghiệm ở tâm kế hoạch $N_o = 6$; số thực nghiệm ở điểm sao $N^* = 6$. Tổng số thực nghiệm cần thiết cho công tác tối ưu hóa các thông số cho quá trình hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm là 20 thí nghiệm.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm

Kiểu, cơ cấu thông số thực nghiệm thiết kế cho qui trình hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm và giá trị hiệu suất thu hồi tương ứng với mỗi thực nghiệm được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Ma trận kế hoạch thực nghiệm và hiệu suất hòa tách thu hồi theo kế hoạch thực nghiệm.

	Giá trị biến thực			Ma trận kế hoạch thực nghiệm mã hóa									
	(Z1) H_2SO_4	(Z2) Thời gian	(Z3) Cấp hạt	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	Y%
Nhân kế hoạch	0,5	5	0,2	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	72,4
	1,5	5	0,2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	78,8
	0,5	15	0,2	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	94,3
	1,5	15	0,2	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	99,4
	0,5	5	0,6	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	26,8
	1,5	5	0,6	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	39,4
	0,5	15	0,6	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	73,4
	1,5	15	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	78,2
Các điểm sao	0,159	10	0,4	-1,682	0	0	0	0	0	2,8291	0	0	60,2
	1,841	10	0,4	1,682	0	0	0	0	0	2,8291	0	0	86,8
	1,0	3,295	0,4	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,8291	0	41,3
	1,0	11,705	0,4	0	1,682	0	0	0	0	0	2,8291	0	90,3
	1,0	10	0,0636	0	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,8291	99,3
	1,0	10	0,7364	0	0	1,682	0	0	0	0	0	2,8291	52,3
Tâm Kế hoạch	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79,6
	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81,2
	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80,1
	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80,6
	1,0	10	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82,3
	1,0	7,5	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81,6

Kết quả thực nghiệm cho thấy, hiệu suất thu hồi tổng kim loại đất hiếm đạt từ 26,8 đến 99,4%, ta có thể nhận định rằng các thông số có sự ảnh hưởng và tác động lẫn nhau trong quá trình hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm có trong bộ phận nam châm thải bỏ.

3.2. Kết quả xác định phương trình tối ưu hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm

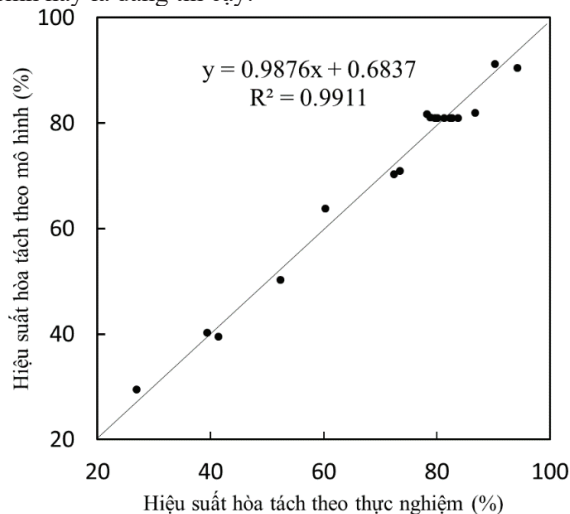
Kiểu, cơ cấu thông số thực nghiệm và giá trị hiệu suất thu hồi trên Bảng 3 ma trận kế hoạch thực nghiệm và hiệu suất hòa tách thu hồi theo kế hoạch thực nghiệm sẽ được thiết lập vào phần mềm MODDE 5.0 để mô phỏng, đánh giá sự ảnh hưởng và mối tương quan lẫn nhau của thông số nồng độ axit, kích thước hạt và thời gian hòa tách trong quá trình hòa tách thu hồi tổng đất hiếm. Tiếp đó chuẩn số Fisher và Student sẽ được sử dụng để kiểm định mức độ phù hợp cho phương trình hồi quy của quá trình hòa tách ở mức có nghĩa $P = 0,05$, bậc tự do phương sai dư $f_1 = N - L = 13$, số bậc tự do $f_2 = n_o - 1 = 5$, giá trị F_b trong bảng tra là 4,61 và giá trị F tính toán theo công thức 2 là 2,49.

$$F = \frac{S_1/f_1}{S_2/f_2} \quad (2)$$

Phương trình hồi quy cho hiệu suất hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm trong bộ phận nam châm của ổ cứng máy tính thải bỏ có được sau tính toán như sau:

$$y = 80,97 + 5,39x_1 + 15,39x_2 - 15,08x_3 + 5,36x_2x_3 - 2,80x_1^2 - 5,52x_2^2 \quad (3)$$

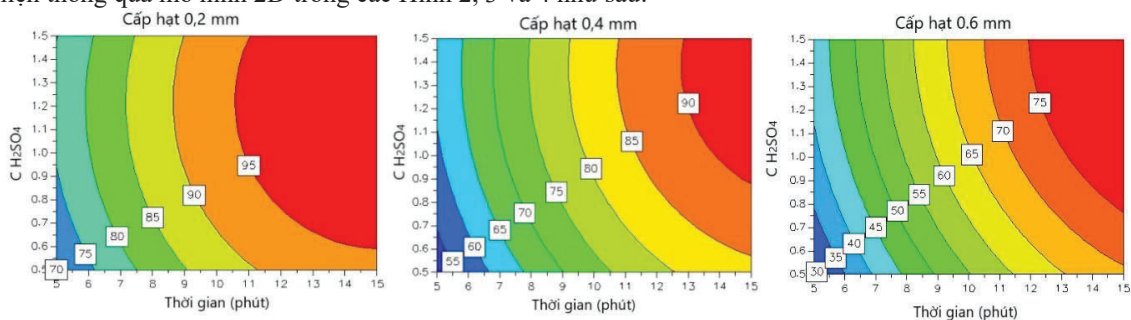
Giá trị $F = 2,49 < F_b$ cho thấy phương trình hồi quy thu được là tương thích với thực nghiệm. Hệ số tương quan tuyến tính giữa hiệu suất hòa tách kim loại đất hiếm theo ma trận kế hoạch thực nghiệm đạt tới 99,1%, cho thấy phương trình này là đáng tin cậy.



Hình 1. Đồ thị biểu diễn hiệu suất hòa tách theo mô hình và thực nghiệm.

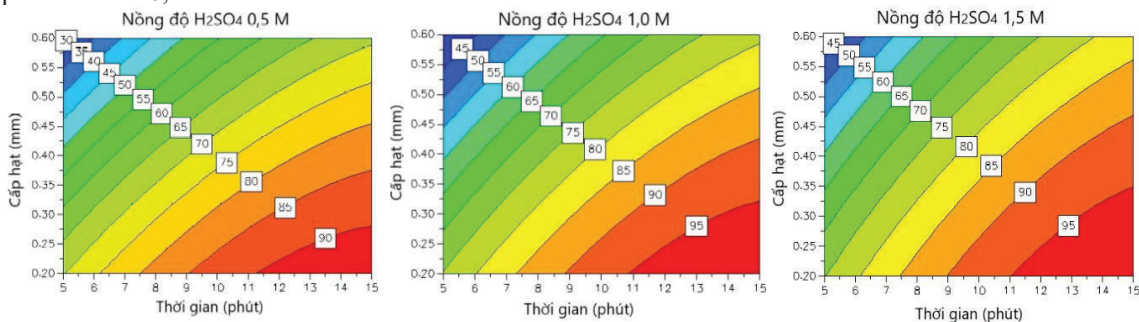
3.3. Kết quả đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố thực nghiệm với nhau tới hiệu suất thu hồi

Trong nghiên cứu này, phần mềm MODDE 5.0 đã được sử dụng để mô phỏng và xác định ảnh hưởng của các yếu tố đến các hàm mục tiêu hiệu suất hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm. Kết quả được thể hiện thông qua mô hình 2D trong các Hình 2, 3 và 4 như sau:



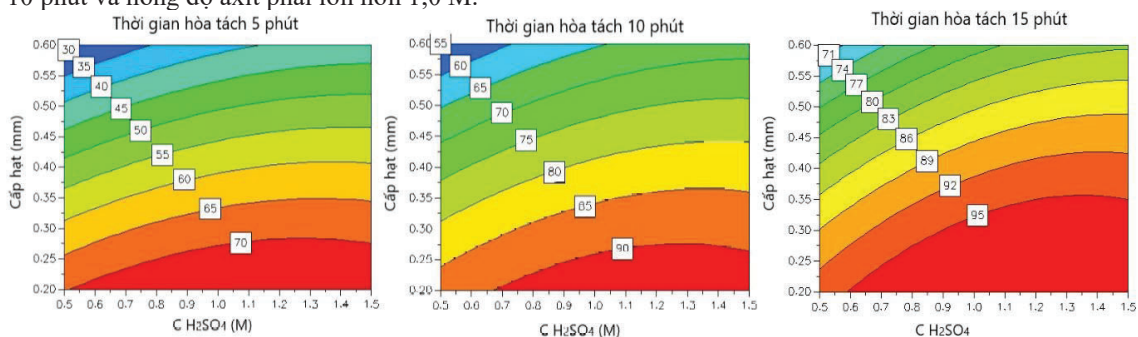
Hình 2. Phân bố hiệu suất hòa tách theo thời gian hòa tách và nồng độ axit ở các cấp hạt.

Hình 2 biểu diễn mối tương quan giữa thời gian hòa tách và nồng độ axit ở từng cấp kích thước bột nam châm cho thấy vùng hiệu suất cao nằm phía trên góc bên phải của đồ thị. Kết quả mô phỏng cho thấy để đạt được hiệu suất cao hơn 90 % thì thời gian hòa tách phải lớn hơn 10 phút và kích thước bột nam châm phải nhỏ hơn 0,4 mm.



Hình 3. Phân bố hiệu suất hòa tách theo thời gian hòa tách và cấp hạt ở các nồng độ axit.

Tương tự, Hình 3 biểu diễn mối quan hệ giữa kích thước bột nam châm và thời gian hòa tách ở từng khoảng thời gian hòa tách cho thấy vùng hiệu suất cao nằm phía dưới góc bên phải của đồ thị. Kết quả mô phỏng của phần mềm cho thấy có thể đạt được hiệu suất cao hơn 90 % khi thời gian hòa tách phải lớn hơn 10 phút và nồng độ axit phải lớn hơn 1,0 M.



Hình 4. Phân bố hiệu suất hòa tách theo cấp kích thước hạt và nồng độ axit ở các khoảng thời gian.

Tiếp theo mối tương quan giữa kích thước hạt và nồng độ axit ở các khoảng thời gian hòa tách được thể hiện trong Hình 4, cho thấy vùng hiệu suất cao nằm phía dưới góc bên phải của đồ thị. Mô phỏng cho thấy để đạt được hiệu suất cao hơn 90% thì cấp hạt phải nhỏ hơn 0,2 mm, nồng độ axit phải lớn hơn 0,7 M và thời gian hòa tách phải lớn hơn 10 phút

Kết quả mô phỏng đã đưa ra được điều kiện tối ưu lý tưởng cho việc hòa tách thu hồi tổng kim loại đất hiếm trong bộ phận nam châm thải có thể lên tới 99,9% với các thông số công nghệ như sau: nồng độ axit H_2SO_4 là 1,2 M, thời gian hòa tách thu hồi là 14,9 phút, kích thước bột nam châm là 0,2 mm cùng với các điều kiện cố định khác là tốc độ khuấy 200 vòng / phút, tỉ lệ rắn lỏng 2 g/100 ml. Để đánh giá mức độ tin cậy từ kết quả mô phỏng, tác giả đã tiến hành kiểm nghiệm thực tế lại với 3 mẫu thí nghiệm, kết quả hiệu suất thực tế với mẫu TN01 là 97,8%, TN02 là 99,3% và TN03 là 98,2%. Giá trị hiệu suất thu hồi thực tế đạt được là rất cao, lớn hơn 97,8%, có phạm vi sai khác nhỏ hơn 5% so với điều kiện lý thuyết lý tưởng của mô hình đưa ra, chỉ với số lượng khảo sát thực nghiệm là 20 lần với các kiểu, cơ cấu thông số đầu vào được định sẵn. Đây có thể là tiền đề cho việc triển khai các mô hình pilot hay sản xuất thử dựa trên bộ số công nghệ này.

4. Kết luận

Bằng việc xây dựng kế hoạch thực nghiệm theo phương pháp bậc hai tâm xoay của Box - Hunter với lượng thực nghiệm tối đa là 20 lần và được mô phỏng tính toán trên phần mềm MODDE 5.0, đã đánh giá được ảnh hưởng qua lại của các thông số đầu vào và đưa ra khoảng giá trị tối ưu cho các thông số công nghệ cho quá trình hòa tách là nồng độ axit sunphuric là 1,2 M; thời gian hòa tách là 14,9 phút; đường kính hạt đối với bột nam châm là 0,2 mm; với điều kiện cố định khác là tốc độ khuấy 200 vòng / phút và tỉ lệ rắn lỏng 2 g/100 ml. Hiệu suất thu hồi kiểm nghiệm thực tế đạt hơn 97,8%.

Đã tìm được phương trình hồi quy biểu diễn hiệu suất hòa tách thu hồi kim loại đất hiếm trong bộ phận nam châm thải $y = 80,97 + 5,39x_1 + 15,39x_2 - 15,08x_3 + 5,36x_2x_3 - 2,80x_1^2 - 5,52x_2^2$.

Lời cảm ơn

Trong quá trình nghiên cứu, tác giả đã nhận được nhiều sự giúp đỡ, tạo điều kiện thuận và hỗ trợ một phần kinh phí từ trường Đại học Mỏ - Địa chất, cho phép sử dụng trang thiết bị thí nghiệm từ Đại học Bách khoa Hà Nội. Tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn chân thành đến sự hỗ trợ và hợp tác trên.

Tài liệu tham khảo

Trần Thế Định, Thân Văn Liên, Phạm Văn Thiêm, 2019. Nghiên cứu xây dựng mô hình thống kê để tối ưu quá trình agglomerat hóa ứng dụng trong hòa tách đồng quặng urani. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Việt Nam Kỹ thuật và Công nghệ, Tập 61, số 3, trang 48-52*.

Nguyễn Mạnh Huy, Nguyễn Thanh Đàm, Dương Hồng Anh, Phạm Hùng Việt, 2017. Sử dụng phương pháp mặt mục tiêu nhằm tối ưu hóa quy trình phân tích taurin trong một số loại thực phẩm chức năng bổ sung taurin bằng phương pháp điện di mao quản. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Tập 33, Số 4, trang 43-54*.

Phạm Khánh Huy, Nguyễn Thị Huyền, Trần Thị Thanh Thủy, Huỳnh Trung Hải, Mai Thanh Tùng, 2017. Recovery rare earth oxide from ndfeb magnet of waste hdds by leaching and selective precipitation methods. *Vietnam Journal of Science and Technology, 55: 257-264*.

Hà Vĩnh Hưng, Huỳnh Trung Hải, 2014. Mô hình hóa quy trình hòa tách thu hồi thiếc, chì từ bản mạch in thiết bị điện tử gia dụng thải bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm. *Tạp chí phân tích Hóa, Lý và Sinh học*, số 19, trang 16-21.

Nguyễn Minh Tuyên, 2005. Quy hoạch thực nghiệm. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội*.

Hoàng Thị Yến, Trịnh Thị Thùy Linh, Mai Chí Thành, Nguyễn Thị Thu Huyền, Lại Thị Ngọc Hà, Bùi Văn Ngọc, 2015. Tối ưu hóa điều kiện tách chiết các hợp chất polyphenol có tính chống oxi hóa cao từ cây sim thu thập ở vùng đồi núi Chí Linh, Hải Dương. *Tạp chí Sinh Học*, số 37, trang 509-519.

J. Cui, L. Zhang, 2008. Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 158: 228-256.

M. A. R. Önal, C. R. Borra, M. Guo, B. Blanpain, T. V. Gerven, 2015. Recycling of NdFeB Magnets Using Sulfation, Selective Roasting, and Water Leaching. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 1: 199-215.

N. Sato, Y. Wei, M. Nanjo, M. Tokuda, 1998. Recovery of samarium and neodymium from rare earth magnet scraps by fractional crystallization method. *Metallurgical Review of MMIJ (Mining and Metallurgical Institute of Japan)*, 15: 1-13.

ABSTRACT

Optimize the leaching process of magnet parts in HDD waste to recover rare earth metal

Pham Khanh Huy

Hanoi University of Mining and Geology

In the environmental field, metals in electronic waste were recycled and recovered by many different methods. Among them, the hydrometallurgical method is becoming more and more popular because it generates less waste, uses less energy and the recovered product has better purity than the pyrometallurgical method. Normally, we would have to conduct a very large number of experiments to come up with a set of technological parameters for the separation process, and the cost of this work is very expensive and takes a lot of time. The goal of the study is to reduce the cost of experiments but can achieve reliable results, and evaluate the separation efficiency of NdFeB rare earth magnets in discarded computer hard drives to recover rare earth metals. The study is based on the Box-Hunter experimental planning modeling method and is simulated by MODDE 5.0 modeling software. The simulation results showed that the optimum values for the separation process of NdFeB rare earth magnet powder are achieved when the concentration of acid is 1.2M; dissolution time is 14.9 minutes; magnet powder size is 0.2 mm; stirring speed and solid to liquid ratio (m/v) were kept constant at 200rpm and 2g/100mL respectively. The efficiency calculated according to the model can reach 99.9% and determined by actual experiments reaching from 97.8 to 99.3%, this result can be the basis for the implementation of pilot models and actual production in the future to recover rare earth metals.

Keywords: Electronic waste; Rare earth magnet; NdFeB; Recover; MODDE 5.0

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)



ISBN: 978-604-76-3040-0



9 786047 630400

SÁCH KHÔNG BÁN