

모나자이트 회수율 향상을 위한 부유선별 기술개발

전호석¹⁾ · 신선명¹⁾ · 임길재²⁾ · 문영배¹⁾ · 김준수¹⁾

1. 서 론

전략광물로 분류된 희토류 광물은 국내 생산이 이루어지지 않아 전량을 수입에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 희토류 광물 생산국에서는 광물 자체로 수출을 억제하고 가급적 원소군으로 분류하여 고가로 판매하고 있기 때문에 우리나라와 같이 전량 수입에 의존하고 있는 국가는 관련 산업에 큰 영향을 받을 수 밖에 없다. 특히 우리나라는 전자산업의 발달로 희토류 광물의 사용량이 매년 크게 증가하고 있기 때문에, 원료확보를 위한 장기적인 대책 수립이 필요한 실정이다. 따라서 우리나라도 국내에서 희토류광물을 생산하기 위하여 오래 전부터 지질광상 및 선광기술 개발에 대한 연구를 수행하고 있으나, 경제성 있는 광체 발견이 이루어지지 않아 현재는 연구가 거의 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

이러한 희토류 원소들은 일반적으로 Lanthanides라고도 불리워지는데, 주기율표에서 III B족에 속하는 원소로써 원자번호 57번인 란타넘으로부터 71번인 루테튬까지의 15원소에 동족 원자번호 스칸디움과 이트륨을 포함한 총 17개 원소들을 말한다. 이들 희토류 원소들은 화학적 성질이 매우 유사하여 원소간의 분리가 어려워, 그 동안 각 원소별로 분리하지 않고 혼합희토류 및 미시메탈(mischmetal)의 상태로 이용되어 왔다. 그러나 최근 분리정제 기술이 발달하면서 원소별 고순도 희토류를 공업적으로 생산하여 첨단소재로 활용하고 있다. 특히 산업기술의 급속한 발전과 더불어 전자, 특수소재 등 첨단 산업이 괄목할만한 성장을 이루게 되어 원료 소재인 희토류 산업이 함께 발전하게 되었다. 또한 꾸준한 용도개발이 이루어져 컬러TV, 전기, 전자, 촉매, 광학, 특수 금속, 초전도체 물질, 원자력, 특수연마 등 다양한 분야에서 이용되고 있으며,²⁾ 특히 유로피움과 같이 특정 희토류 원소의 경우 가격이 매우 높고 구입이 어려워 세계적으로 이 원료의 구입에 혈안이 되어 있다.

본 연구에서는 강원도 홍천군 자은철광 내에 다량 부존 되어 있는 저품위 모나자이트 광물을 활용할 수 있는 선별기술을 개발하여, 국내에서도 일부라도 희토류 광물을 생산할 수 있는 기반을 확립하는데 있다. 이미 2년에 걸쳐 원광으로부터 TREO의 품위와 회수율이 각각 69.11%와 56.02%인 선별공정을 개발하였지만, 개발된 선별공정이 비중선별과 자력선별법을 채택하였기 때문에 200mesh 이하의 산물을 처리하지 못하여 회수율이 다소 낮은 상태이다. 따라서 본 연구에서는 처리되지 않은 200mesh 이하의 산물을 시료제조 과정에서 별도로 회수하여 부유선별에 의해 모나자이트를 회수할 수 있는 공정을 개발하였다. 연구결과 최적실험 조건에서 TREO 품위와 회수율이 각각 45.78%와 54.07%인 결과를 얻어, 이전 공정에서 얻은 실험결과와 합하면 TREO 품위와 회수율이 각각 63.24%와 69.53%의 매우 우수한 연구결과를 얻었다.

주요어: 모나자이트, 희토류, 비중선별, 자력선별, 부유선별

1) 한국지질자원연구원 자원활용연구부(E-mail : hsjeon@kigam.re.kr)

2) 한국지질자원연구원 탐사개발부

2. 시료 및 실험방법

2-1. 시료의 특성

본 연구에 사용된 시료는 강원도 홍천군 두촌면 자은리에 위치한 홍천철광으로부터 채취한 것으로, 이 지역에 분포되어 있는 모나자이트의 평균품위는 지질조사결과 TREO 함량이 약 3~8%이다. 그러나 정제실험에 사용된 시료는 현장 시료채취 과정에서 Radio Activity Meter를 사용하여 TREO 품위가 11.24%(CeO₂ 5.99, La₂O₃ 3.69, Nd₂O₃ 1.56)인 시료를 사용하였으며, 이들 중 모나자이트 회수율 향상을 위해 본 연구에 사용된 시료는 시료제조 과정에서 회수된 200mesh 이하 산물로, 이들에 대한 화학분석 결과는 Table 1과 같이 TREO 함량이 14.98%로 매우 높은 시료이다. 그리고 Fig. 1은 200mesh 이하의 입도에 존재하고 있는 광물의 종류를 규명하기 위한 XRD 분석결과를 나타낸 것으로, monazite 이외에 quartz, dolomite, hematite, magnetite, talc, chlorite, albite 등 많은 광물이 관찰되어 부유선별에서 맥석광물들의 억제에 부선흐율에 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다.

Table 1. Chemical Analysis of -200mesh Products used in Flotation.

CeO ₂	La ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Pr ₆ O ₁₁	Y ₂ O ₃	Nb	Sm ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃
8.11	4.82	2.05	9.75	0.70	0.009	0.036	0.120	0.038	0.008

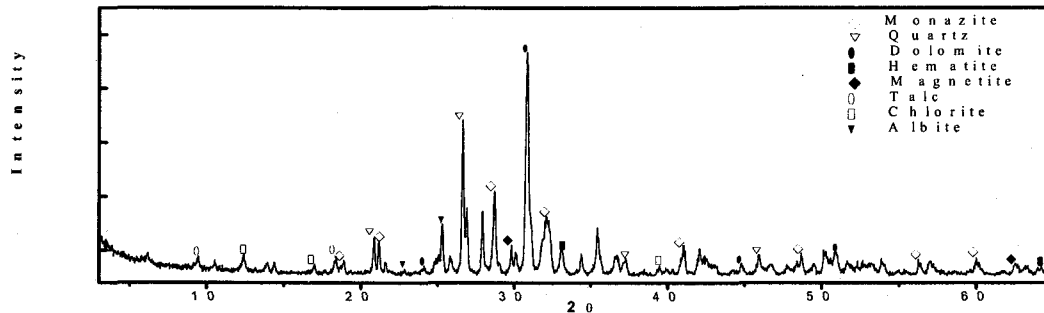


Fig. 1 XRD Diffraction on -200mesh Products used in Flotation Test.

2-2. 실험방법

Fig. 2는 모나자이트 회수율 향상을 위해 본 연구에서 개발한 실험공정도를 나타낸 것이다. 본 연구는 앞에서 언급하였듯이 원광을 파쇄하여 48mesh 이하로 만든 다음 200mesh screen으로 체질하여 screen 통과 산물만을 대상으로 하여 회수율 향상을 위한 부유선별 실험을 수행하였다. 이때 얻어진 정광산물은 공정도 오른쪽에 나타난 -48/+200mesh 입도를 대상으로 한 비중선별, 자력선별 그리고 부유선별에서 얻은 정광산물과 함께 최종 정광산물로 처리하였다.

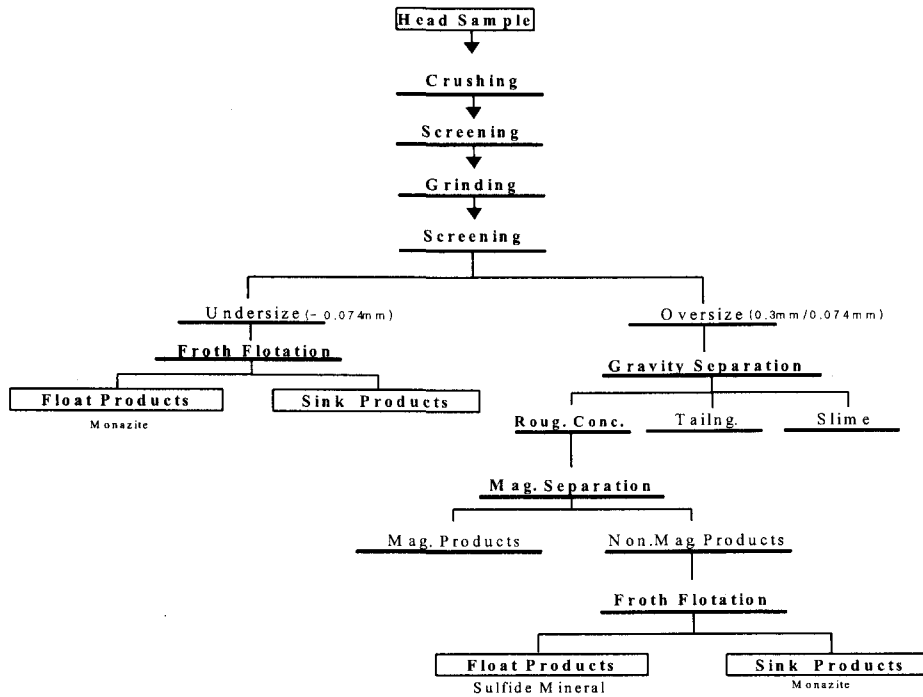
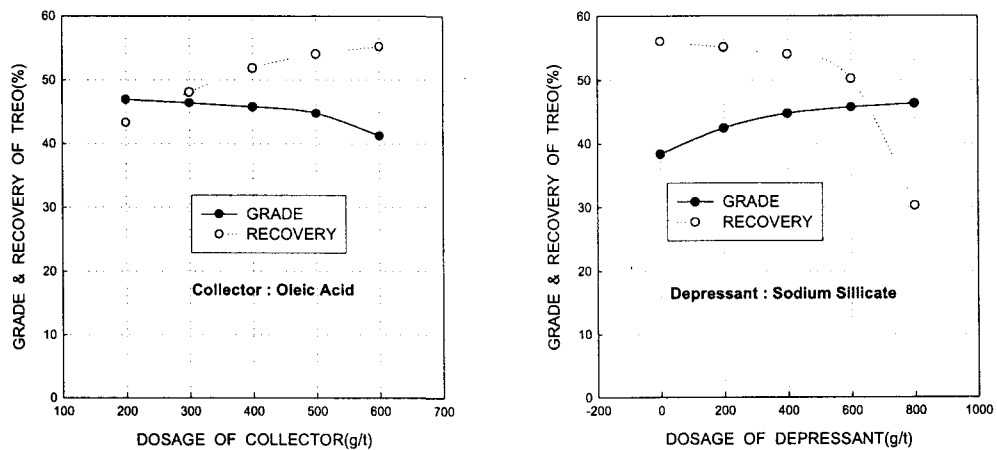


Fig. 2 Flowsheet for Increasing of Monazite Recovery from Raw Sample.

3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 비중선별 및 자력선별 공정에서 제외되었던 200mesh 이하 산물을 대상으로 모나자이트 회수율을 높이기 위한 부유선별 실험결과를 나타낸 것이다. 실험결과 최적 실험조건은 포수제(Oleic Acid) 첨가량의 경우 500g/t이며, 억제제(Sodium Sillicate)는 400g/t이 가장 효과적임을 알 수 있다. 그리고 광액의 pH는 약 알카리 영역인 pH 9가 모나자이트 폼위와 회수율을 고려할 경우 최적 실험조건임을 알 수 있으며, 광액의 농도는 모나자이트 폼위에 큰 영향을 미치지 않는 범위에서 처리용량이 가장 높은 20%solids가 가장 좋은 조건임을 알 수 있다.



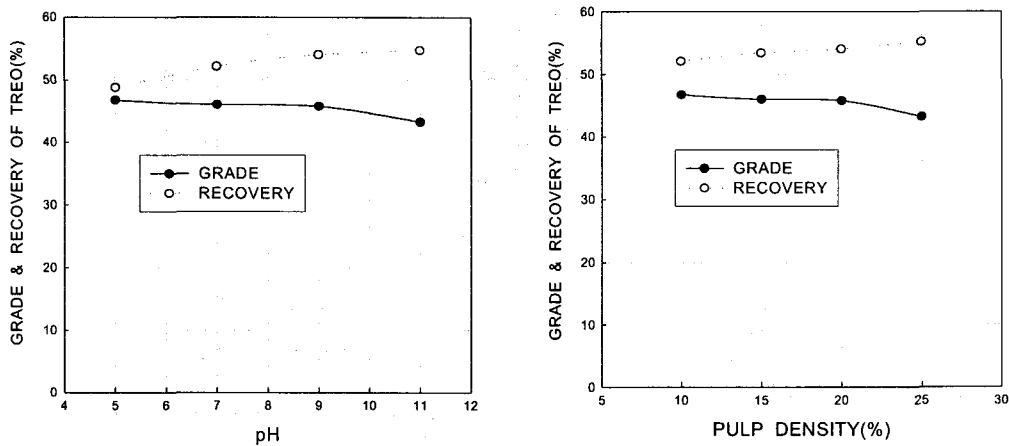


Fig. 2 Results of Froth Flotation for Increasing of Monazite Recovery from the Fine Particle under 200mesh

200mesh 이하 미립자를 대상으로 모나자이트 회수율을 높이기 위한 부유선별 실험결과 최적실험 조건에서 TREO 품위와 회수율이 각각 45.78%와 54.07%인 좋은 결과를 얻어, -48/+200mesh 입도를 대상으로 한 실험결과와 합칠 경우 Fig. 4에서와 같이 TREO 품위와 회수율이 각각 63.24%와 69.53%인 최종산물을 얻을 수 있었다.

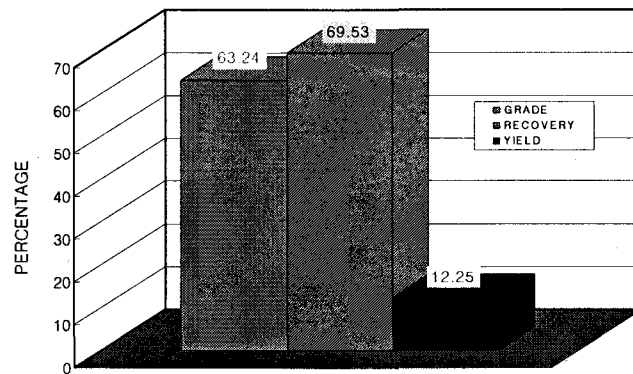


Fig. 4 Final Concentrate from Combination Process using Gravity, Magnetic Separation and Froth Flotation

4. 결론

모나자이트 회수율을 높이기 위하여 비중선별 및 자력선별 실험공정에서 제외되었던 200mesh 이하의 산물을 대상으로 한 부유선별 실험결과, 최적 실험조건인 포수제(Oleic Acid) 첨가량 500g/t, 억제제(Sodium Sillicate) 첨가량 400g/t, 광액의 pH 9, 광액의 농도 20%solids 그리고 정선회수 3회에서 TREO 품위와 회수율이 각각 45.78%와 54.07%인 결과를 얻어, 최종 모나자이트의 TREO 품위와 회수율이 각각 63.24%와 69.53%인 우수한 연구 결과를 얻었다.