

신덕 중정석의 품위 향상 연구

김상배¹⁾, 조건준¹⁾, 조성백¹⁾, 이호섭²⁾

1. 서론

본 연구의 목적은 신덕 중정석광으로부터 고무 및 페인트용 충전제와 바륨화합물 원료를 생산하기 위한 정제기술 및 공정을 개발함으로써 국내 부존자원의 활용도 제고 및 부가가치 향상 그리고 전량 수입에 의존하는 관련제품의 일부 수입대체를 하기 위함이다.

중정석의 품위향상에 지금까지 개발된 정제기술로는 부유선별, 비중선별이 주를 이루고 있다. 그러나 미국 등 중정석 정제기술을 선도하는 국가에서는 주로 부유선별에 의하여 중정석을 정제한 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서도 가장 보편화된 부유선별법을 적용하여 고무, 타이어 등의 충전제로 사용 가능한 품위인 95%BaSO₄ 이상의 품위를 유지한 정광의 생산 가능한 조건을 규명하고자 하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 원광석은 괴상으로 조 크러셔를 사용하여 1차 파쇄 후 린 크러셔를 사용하여 3mm 이하로 파쇄하였다. 파쇄된 시료는 시료 채취기를 사용, 일정량씩 채취하여 별도로 보관, 실험용 시료로 사용하였다.

먼저 원료광물의 광물학적 특성을 검토하기 위하여 X선 회절분석 및 광학현미경 감정을 하였으며, X선 형광분석을 이용하여 정량분석을 행하였다. 파쇄된 시료는 유용광물과 불순물과의 단체분리를 위하여 자밀을 사용하여 습식 마광을 수행하였다.

부유선별 실험은 단체분리 가능 입도를 규명하기 위한 입도 비교실험(48, 65, 100, 150mesh), 중정석의 표면을 소수성화 시켜 부유 가능케 하는 포수제로서 지방산 계통인 Aero-825와 Aero-827의 첨가량 비교실험(600~1200gr./t), 포수제를 활성화시키는 역할을 하는 kerosene 첨가량 변화실험(120~240gr./t), 소수성화된 입자를 부착하여 광액 상부로 상승시키는 기포제인 F-515 첨가량 비교실험(20~80gr./t), 중정석에 수반되어 품위를 저하시키는 규산염 광물을 분산시켜 품위를 향상시키고자 분산제 첨가량(Na₂SiO₃, 200~1000gr./t) 비교실험과 포수제로 사용하는 지방산의 고화를 고려하여 광액온도(10~25°C) 비교실험 등을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

X선 회절분석 결과 신덕시료의 주 구성광물은 중정석, 석영, 백운모 등이었으며, 광학 현미경 감정결과 이외에 장석, 장석이 풍화된 견운모, 황철석 그리고 Amphibole이 부산물로 확인되었다. 포수제(Aero-825) 1,000gr./t, 기포제 60gr./t, 포수활성제 200gr./t을 첨가하고 마광입도를 48mesh 이하로 조절하여 중정석을 부유한 결과, 정광의 생산율은 52.6wt.%, 품위는 98.3%BaSO₄로 실수율은 88.7%로 본 연구의 목표인 95%BaSO₄를이상의 중정석 정광이 생산 가능하였다. 입도를 가늘게 조절하면 정광의 품위는 향상되지만 생산율이 감소하여 정광의 실수율이 감소되어 150mesh 이하로 마광한 시료의 정광 생산율은 47.0wt.%, 정광의 품위는 99.4%BaSO₄, 실수율은 80.1%이었다.

원료광물의 입도를 65mesh 이하로 조절하고 기포제 60gr./t, kerosene 200gr./t을 첨가시킨 조건에서 포수제(Aero-825) 첨가량을 600~1,200gr./t으로 200gr./t씩 변화시키며 실험한 결과, 포수제 첨가량이 적을 경우 정광의 품위는 향상되지만 생산율 및 실수율이 낮아짐을 알 수 있었다. 이러한 현상은 포수제 첨가량이 적을 경우 단체 미분리된 입자들이 완전히 소수성화 되지 못하여 광미로 배출되고, 첨가량이 많을 경우 반대로 단체 미분리 입자 까지도 정광으로 회수되기 때문에 생산율은 증가하지만 품위가 저하되기 때문으로 판단된다. 정광의 품위 및 실수율은 고려하면 포수제 첨가량은 1,000gr./t은 되어야 할 것이며, 이때의 정광의 생산율은 51.2wt.%, 품위는 99.2%BaSO₄ 이었으며, 실수율은 87.1%이었다.

주요어 : 부유선별, 중정석, 정제

1) 한국자원연구소 활용연구부, 2) 한국자원연구소 활용연구부 인턴연구원

포수제의 종류를 Aero-825 대신에 Aero-827로 바꾸어 그 첨가량을 변화시키며 비교실험한 결과, 포수제 첨가량이 적을 경우 정광의 품위는 향상되지만 생산율 및 실수율이 낮아지는 경향은 Aero-825와 유사하였으나 동일한 첨가량에서도 정광의 품위, 생산율 및 실수율이 우수함을 알 수 있었다. 따라서 포수제 선택은 정광의 품위와 가격 등을 면밀히 조사 후 선택하여야 할 것이다. 정광의 품위 및 실수율은 고려하면 포수제 첨가량은 1,000gr./t은 되어야 할 것이며, 이때의 정광의 생산율은 53.7wt.%, 품위는 99.6%BaSO₄ 이었으며, 실수율은 91.7% 이었다.

포수제 첨가량은 정광의 품위 및 생산율 등에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 포수제를 활성화 시키는 시약으로 알려진 kerosene의 첨가량 변화에 따른 부유선별 실험 결과, kerosene의 첨가량에 따라 정광의 생산율 및 실수율이 현저히 증가하여 200gr./t 첨가시 정광의 생산율은 51.2wt.%, 품위는 99.2%BaSO₄, 실수율은 87.1% 이었으나, kerosene의 첨가량을 240gr./t 첨가시에는 정광의 생산율은 53.1wt.%, 품위는 96.4%BaSO₄, 실수율은 87.7%로 정광의 품위가 현저히 낮아졌다. 이러한 경향은 포수작용의 활성화로 인하여 단체 미분리된 입자까지도 부유되기 때문으로 판단된다.

기포제는 단순히 소수성화된 입자를 부착시켜 광액 상부로 이동시키는 역할을 하지만 첨가량이 지나칠 경우 질긴(tough) 포말을 형성시킴으로써 미립의 분순광물을 포말에 부착시켜 부유시킴으로써 정광의 품위를 저하시키고, 너무 질긴 포말이 형성될 경우 외부로 배출된 포말이 깨지지 않아 작업여건을 악화시키기 때문에 적정량을 사용해야 품위향상과 좋은 작업여건의 조성이 가능하다. 따라서 비교적 좋은 조건인 포수제는 Aero-825를 1,000gr./t, kerosene 200gr./t, 마광입도는 65mesh로 조절하여 부유선별 실험을 수행하였다. 실험 결과, 기포제 첨가량을 20gr./t으로 조절하면 정광의 품위는 99.6%BaSO₄로 비교적 품위는 우수하였으나, 생산율은 46.7wt.%로 실수율이 77.8%로 상당히 낮았다. 이러한 현상은 소수성화된 비교적 굵은 입자가 너무 약한(soft) 포말로 인하여 상부로 이동하지 못하여 광미로 배출되기 때문에 실수율이 현저히 낮은 것으로 판단된다. 그러나 실수율을 고려하여 80gr./t까지 증가시키면 실수율은 91.3%까지 향상되지만 품위가 비교적 낮아짐을 볼 때 기포제의 첨가량은 60gr./t이면 충분할 것으로 나타났다.

앞에서도 언급하였듯이 실험 대상 시료에는 불순물로 실리카가 상당량 수반되었다. 이러한 실리카는 마광과정에서 미립화 되어 포말에 부착, 정광으로 회수됨으로써 정광의 품위를 저하시키게 된다. 따라서 정광의 품위향상을 위하여 미립의 실리카 분산을 위하여 규산소다를 800gr./t까지 200gr./t씩 추가하면서 실험을 진행하였다. 분산제를 첨가하지 않으면 정광의 생산율은 57.3wt.%, 품위는 93.8%BaSO₄로 실수율은 92.2%로 상당히 높은 실수율이었으나, 품위가 본 연구의 목표인 95%BaSO₄까지 도달하지 못하였다. 그러나 분산제를 800gr./t까지 증가시키면 품위는 99.4%BaSO₄로 향상되었으나 생산율 및 실수율이 48.6wt.%와 82.8%로 상당히 저하되었다.

이어서 본 실험에 사용된 포수제는 지방산 계통이므로 광액 온도가 너무 낮을 경우 고화되는 관계로 적정 광액 온도를 규명하기 위한 실험을 수행하였다. 실험조건은 앞의 조건과 동일하였으며, 광액 온도는 10, 15, 20, 25℃로 변화시켰다. 그 결과, 광액온도에 따라 정광의 생산율은 32.6wt.%로부터 54.3wt.%까지 증가되었다. 이러한 결과는 지방산의 경우 14℃에서 고화된다는 이론과 부합하는 결과로써 10℃에서 실험시 생산율이 32.6wt.%에 불과하였으나, 15℃로 가온하면 43.3wt.%, 20℃로 가온하면 51.2wt.%까지 향상되었으나 광액 온도를 그 이상 높더라도 생산율에는 큰 영향이 없었다.

결론

고무 및 페인트용 충전제와 바륨화합물 원료로 사용하기 위한 고품위의 중정석 분체를 생산하기 위하여 신덕 중정석광을 부유선별을 이용하여 정제실험을 행하였다. 본 연구결과 부유선별 단독 공정만으로도 포수제의 종류 및 첨가량, 기포제 및 분산제의 첨가량, 광액온도 등을 조절함으로써 99%BaSO₄ 품위를 유지하는 정광을 실수율 88.7%로 생산 가능함을 알 수 있었다.