

산화니켈광의 품위향상을 위한 물리적 선별 특성

Physical Separation for Upgrade of Nickel Oxide Ore

최도영(Do Young Choi)¹ · 양희동(Hee Dong Yang)² · 김완태(Wan Tae Kim)²

김상배(Sang Bae Kim)^{2,*}

¹전남대학교 지구시스템공학과

^{2,*}한국지질자원연구원 비금속활용연구실(sbkim@kigam.re.kr)

1. 서언

니켈은 스테인리스/내열강, 니켈합금, 전기도금, 배터리 및 촉매제 등 금속 산업분야에서 매우 중요한 소재이다¹⁾. 니켈광은 비교적 여러 나라에 부존되어 있으며, 세계 매장량은 약 6,700만 톤으로 알려져 있다²⁾. 경제적으로 채굴 가능한 니켈광은 황화광(Sulphide ore)과 라테라이트광(Laterite ore)으로 분류된다. 황화광은 지하 수천 미터에서 형성된 것이며, 라테라이트광은 니켈함유 모암이 오랜 기간 풍화에 의해 형성된 것으로 알려져 있다. 세계 부존량 중 황화광은 30%, 라테라이트광은 70% 정도이나 황화광에서 60%, 라테라이트광에서 40%가 생산되고 있다³⁾. 라테라이트광은 물리적인 방법으로는 품위향상이 곤란한 것으로 알려져 있어 대부분 건식 또는 습식 제련을 통해 니켈을 회수하고 있다. 라테라이트광의 니켈 함량은 약 2% 전후로 품위향상 기술이 개발된다면 운반비는 물론 제련비용의 저감에도 커다란 기여가 예상된다. 본 연구에서는 뉴칼레도니아산 라테라이트광을 대상으로 입도에 따른 구성광물 및 화학조성 등을 조사하고 자력선별과 같은 물리적 선별기술의 적용가능성을 검토하였다.

2. 시료 채취 및 실험 방법

본 연구에서는 뉴칼레도니아(New Caledonia)산 니켈광을 자연 건조한 후 조 크러셔(Jaw crusher) 및 콘 크러셔(Gyratory cone crusher)를 사용하여 파쇄한 후 시료채취기로 일정량씩 분리하여 실험용 시료로 사용하였다. 입도분포는 일정량의 시료를 해쇄기(Scrubber)를 사용하여 10분간 해쇄한 후 체가름하여 칭량하였다. 건식 자력선별은 Nd계 영구자석(High intensity magnetic roll separator)을 사용하여 자성 및 비자성 산물을 분리하였으며 분리된 자성산물에 대하여 구성광물 입자의 자력 감응력에 따른 자력선별(Induced magnetic roll separator)을 행하였다. 습식 자력선별(Wet high Intensity magnetic separator)은 미립자를 대상으로 자력의 세기를 변화시키며 행하였다. 분리된 산물의 화학조성과 조암광물은 X-선 형광분석법(XRF)과 X-선 회절분석법(XRD)을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

○ 원광의 특성

Table 1은 원광의 화학조성을 나타낸 것으로 니켈의 함량은 2.81wt.%이었다. 또한 SiO₂는

Table 1. Chemical composition of raw ore

Chemical composition (wt.%)										
SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	NiO	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	Co ₂ O ₃	CaO	ZnO	CuO
36.65	25.87	19.61	2.81	1.16	0.98	0.38	0.13	0.15	0.02	0.01

36.65wt.%로 가장 많은 함량을 나타내었고 Cr₂O₃와 Al₂O₃은 각각 1.16wt.%, 0.98wt.%를 나타내었다. 그 외에 MnO, ZnO, CuO 등이 미량 함유되어 있었다.

Fig. 1은 원광의 X-선 회절 분석 결과로 주 구성광물은 석영(Quartz, SiO₂)과 리자다이트(Lizardite, Mg₃Si₂(OH)₄O₅)로 나타났다. 입도에 따른 구성광물을 확인한 결과 65 mesh 이상의 굵은 입자에는 리자다이트의 함량이 낮고 석영의 함량이 높은 것을 알 수 있다. 또한 65 mesh 이하의 입자에서는 침철석(Goethite)이 확인 되었으나 그보다 굵은 입자에서는 확인되지 않았다. 그러나 자철석(Fe₃O₄)은 모든 입도에 분포되어 있는 것으로 확인되었다. 즉, 입자크기에 따라 조암광물의 종류 및 함량이 상이함을 알 수 있었다. 분석 결과를 종합하면 적절한 과분쇄 기술을 적용하여 입도축소 후 입도분리에 의해서도 품위향상이 가능할 것으로 기대된다.

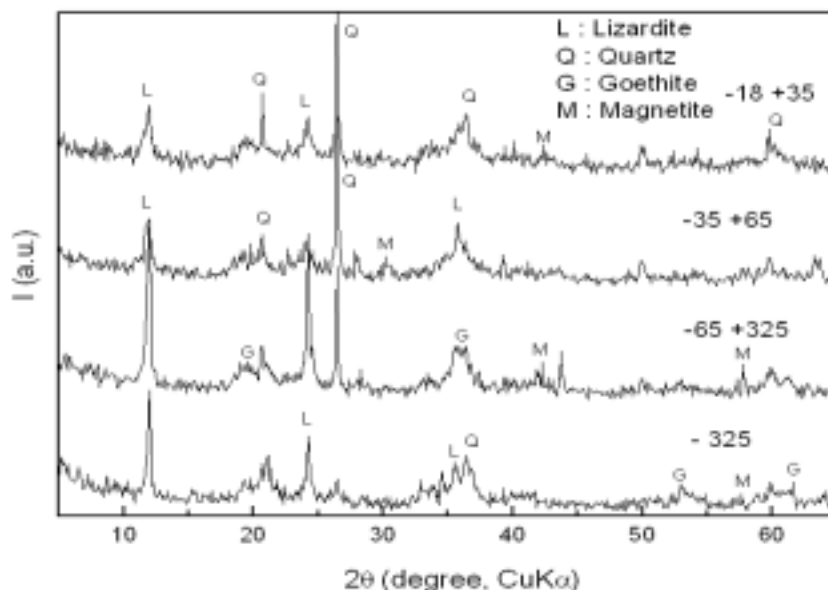


Fig. 1. 원광의 X-선 회절분석 결과

○ 건식 자력선별 특성

X-선 회절분석 결과 함철광물은 리자다이트, 자철석, 침철석 등으로 확인되었다. 이러한 광물들은 약자성 광물로 알려져 있으나 적절하게 조절된 자력선별기에 의하여 회수가 가능할 것으로 판단된다. 따라서 자력선별에 의하여 함철광물을 회수하여 니켈의 품위향상 가능성을 검토하였다. 건식 자력선별에 사용된 시료는 -35+65 mesh 크기의 입자로 자속밀도가 12,000G(Gauss)인 자력선별기를 사용하여 1차 자성 및 비자성 산물을 분리하였다. 분리한 자성산물은 자력의 세기를 달리하여 2차 자력선별을 실시하였다. 자력의 세기는 2,000G에서 8,000G로 조절하였으며 각각의 자력세기로부터 분리된 산물에 대하여 X-선 회절분석을 행

하였다. 그 결과 1차 자력선별에서 분리된 비자성 산물은 대부분 석영으로 확인되었다. 2차 자력선별을 통해 분리된 강자성 산물(2,000G)에서는 자철석이 확인 되었으며 자력의 세기가 높아질수록 침철석이 분리됨을 알 수 있었다. 또한 8,000G에서 비자성으로 분리된 산물의 주 구성광물은 석영으로 확인되어 대상 시료 중 단체분리 된 석영 입자는 자력선별에 의해 분리가 가능함을 알 수 있었다.

○ 습식 자력선별 특성

습식 자력선별은 볼밀을 이용해 325 mesh 이하로 분쇄한 시료를 대상으로 행하였다. 자성의 세기를 2,000G에서 8,000G로 조절하여 자력세기에 따라 자성 및 비자성 산물을 분리하였다. 분리한 산물의 X-선 회절분석 결과 강자성 산물에는 리자다이트, 적철석, 자철석 및 침철석이 확인되었으며 약자성 산물에서는 리자다이트, 적철석 및 침철석이 확인되었다. 비자성 산물에서는 석영과 리자다이트가 확인되었다.

4. 결론

원광의 주 구성광물은 석영과 리자다이트로 나타났으며 65 mesh 이상의 굵은 입자에는 리자다이트의 함량이 낮고 석영의 함량이 높음을 알 수 있었다. 65 mesh 이하의 입자에서는 침철석이 확인되었으나 그보다 굵은 입자에서는 확인되지 않았다. 그러나 자철석은 모든 입자에 분포되어 있는 것으로 확인되었다. 건식 자력선별 결과 1차 자력선별에서 분리된 비자성 산물은 석영으로 확인되었다. 2차 자력선별을 통해 분리된 강자성 산물에서는 자철석이 확인되었으나 자력감응력이 낮은 산물에서는 침철석이 일부 확인되었다. 습식 자력선별 결과 자성 산물에 자철석이 일부 포함되어 있음을 확인하였으며 비자성 산물은 대부분 석영과 리자다이트로 구성되어 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

- 1) 한국자원정보서비스(KOMIS).
- 2) USGS, 2008, Mineral Commodity Summaries
- 3) A. D. Dalvi, W. G. Bacon and R. C. Osborne, 2004, The Past and the Future of Nickel Laterites, PDAC 2004 International Convention