

몽골 에르덴솜 텅스텐광 개발을 위한 선별시스템 개발

Mongolia Erden-soum tungsten development

김수강(Su-Gang Kim)¹ · 전호석(Ho-Seok Jeon)^{1*} ·
백상호(Sang-Ho Baek)² · 김병곤(Byoung-Gon Kim)¹

¹한국지질자원연구원 광물자원연구본부
(Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)
²과학기술연합대학원대학교(UST) 자원순환공학
(University of Science Technology(UST)-Resource recycling)

*Corresponding author : hsjeon@kigam.re.kr

요약

본 연구에서는 몽골에서 채취한 텅스텐으로부터 고품위 텅스텐 정광을 생산 할 수 있는 선별공정 개발연구를 수행하였다. 선별비용 절감과 선별효율 향상을 위해 먼저 조립 산물에서 지그선별에 의해 정광산물을 회수한 다음, 단체분리도의 향상을 위해 재 분쇄 하였다. 이것을 가지고 shaking table을 적용하여 비중이 낮은 맥석광물들을 제거하였다. 이때 회수된 중광물에는 텅스텐과 비중은 비슷하나, 비자성인 주석이 함께 수반되어 있어 이들의 제거를 위하여 건식 자력선별법을 적용하여 최종 텅스텐 정광을 회수하는 공정을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 선별공정을 적용한 실험결과, 최적실험 조건에서 WO₃의 품위와 회수율이 각각 67.63%와 86.07%인 최종 정광을 얻었다.

주요어 : 텅스텐, 철중석, 비중선별, 자력선별

Abstract

In this study, it was carried out separation process research and development to be able to produce high-grade tungsten concentrate form tungsten taken form Mongolia. In order to reduce treatment cost and increase separation efficiency the jig separation at first was applied for recovering the concentrate. Which reground would make the degree of liberation increase. Which was treated by shaking table to reject the gangue minerals from the first concentrate. Because the heavier product contains not only ferberite but also cassiterite, the product was treated by further dry magnetic separation to obtain the ferberite concentrate. Finally, the high-grade ferberite concentrate of 67.63% WO₃ could be obtained with recovery of 86.07% through the separation process developed in this study.

Key words : Tungsten, Ferberite, Gravity separation, Magnetic separation

● 서론

고도의 산업화 사회로 진입함에 따라 사회의 지속적인 발전을 위해서는 자원의 안정적 공급과 효율적 활용이 필수적이다. 국내 자원이 부족한 우리나라의 현실을 고려할 때, 해외 자원개발의 활성화는 중요한 과제이다. 특히 희유금속의 경우 매장과 생산이 특정 국가에 편재되어 있는 경우가 많아, 국제 자원시장 변화에 취약하다. 국제 자원시장 변화에 민감한 우리나라 경제구조를 고려할 때, 희유금속의 안정적 공급방안 확보는 시급한 문제이다(Park et al., 2014).

몽골은 석탄을 비롯한 구리, 금, 형석, 철, 납, 몰리브덴, 은, 텅스텐, 우라늄 그리고 아연 등 약 80개 광물자원들을 보유하고 있으며(박종국 2010; 주동주 et al., 2008; Boldbayar 2012; 강수연 2012), 세계 10위의 광물자원 부국이다. 국제 광물 가격이 상승함에 따라 몽골의 천연 자원에 대한 세계적 관심이 집중되고 있는 상황이다. 몽골은 수요가 높고 국가안보와 국가 지역경제 및 사회발전에 영향을 미칠 수 있는 광물을 선정하여 전략광종으로 지정함으로써 적극적인 자원개발을 추진하고 있다. 그러나 이처럼 풍부한 광물자원을 보유하고 있음에도 불구하고 몽골은 선광기술 미비로 효율적인 생산이 이루어지지 못하고 있는 실정이며, 열악한 물류여건으로 인하여 제대로 수출조차 이뤄지지 못하고 경제발전과 연계하는데 어려움을 겪고 있다. 이에 대하여 정부도 문제점을 인식하고 해결하기 위한 인프라 구축사업을 진행하고 있으나, 여전히 철도 및 도로 등의 기

본적인 시설이 절대적으로 부족한 실정이며, 정부의 지속적인 노력이 진행되고 있는 상황이다(강재홍, 김영운 2011; 강수연 2012; 주몽골대사관 2015).

본 연구는 몽골 수도인 울란바토르에서 1시간 거리에 위치한 에르텐숨에 대량 부존되어 있는 텅스텐광 시료를 대상으로, 텅스텐 정광을 생산할 수 있는 선별공정을 개발하는데 있다. 특히, 선별비용이 낮고 선별효율이 높은 비중선별 공정을 개발하기 위하여 조립자에서 대량처리가 가능한 지그선별 기술개발과 지그 선별에서 회수된 조선정광으로부터 고품위 텅스텐 정광을 회수하기 위한 테이블 비중선별 기술을 개발하였다. 또한 비중선별로 회수된 정광중에는 일정량의 주석이 함유되어 있어, 주석정광을 회수하기 위한 자력선별 기술을 개발하여, 텅스텐과 주석 정광을 함께 생산하는 공정을 개발하였다.

● 시료 및 실험방법

시료의 특성

본 연구에 사용된 시료는 몽골 에르텐숨 텅스텐 광산에서 채취한 것이다. 표 1은 본 연구에 사용된 시료의 성분분석 결과를 나타낸 것으로, 원광 중 WO₃의 함량은 3.96% 정도이고, SiO₂ 함량이 86.15%로 매우 높아 석영이 주요 불순 광물임을 알 수 있다. Al₂O₃와 Fe₂O₃ 성분이 각각 5.52%와 2.59%로 존재하지만, 그 외 성분은 0.1% 미만으로 존재하는 것을 알 수 있다. 그림 1은 XRD 광물감정 결과를 나타낸 것으로, 텅스텐은 철중석(Ferberite)으로 존재함을

표 1. 텅스텐 원광에 대한 XRF 성분분석 결과

chemical composition, %											
WO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Sn	CaO	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Igloss
3.96	86.15	5.52	2.59	0.7	0.06	0.03	0.05	0.03	0.17	0.03	1.41

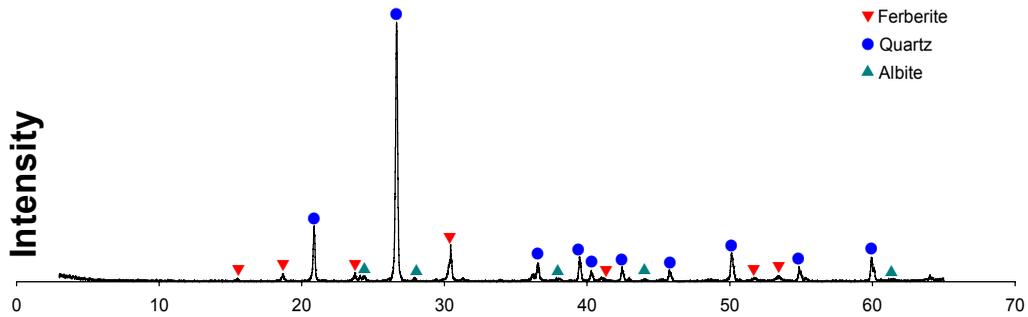


그림 1. 텅스텐 원광에 대한 XRD 광물감정 결과.

표 2. 구성광물의 화학식 및 비중

Mineral	Chemical formula	Specific gravity
Ferberite	FeWO ₄	7.6
Quartz	SiO ₂	2.65
Albite	NaAlSi ₃ O ₈	2.6 ~ 2.65

확인하였으며, 주요 불순물로는 석영이 다량 존재하지만 조장석도 일부 존재함을 확인하였다.

표 2는 XRD 분석을 통해 규명된 구성광물들의 화학식 및 비중을 나타낸 것으로, 텅스텐을 함유하고 있는 철중석이 다른 맥석광물들에 비해 월등히 비중이 높기 때문에 비중선별법을 이용한 텅스텐광의 품위향상이 효과적일 것으로 판단하였다. 철중석은 물리적, 화학적 노출에 민감한 특성을 가지며 특히, 벽개특성에 의해 물리적 풍화에 취약하고 경도가 약하다(Lee et al., 2013). 따라서 해당 시료의 단체분리 향상을 위해 파분쇄 과정에서 비중선별 효율에 나쁜 영향을 미치는 과분쇄를 막아 미분발생량을 줄이는 기술이 필요할 것으로 생각된다. 또한 굵은 입도에서 단체분리가 이루어지는 철중석을 사전 회수 할 수 있는 기술을 적용하면 처리비용 절감 및 선별효율 향상이 이루어 질 것으로 기대된다.

실험방법

그림 2는 몽골 텅스텐광의 품위향상을 위한 비중선별 실험공정도를 나타낸 것으로, 먼저 원광을 파분쇄하여 4 mesh 이하로 제조한 다음, 체를 이용하여 -4/+35 mesh 산물과 -35 mesh 산물로 입도를 분리하였다. 입도가 굵은 -4/+35 mesh 산물은 선별비용 절감과 선별효율 향상을 위해 먼저 지그선별(Jig separation)을 수행하였으며, -35 mesh 산물은 지그선별에서 회수된 정광산물과 혼합하여 -65 mesh로 재 분쇄하여 단체분리를 높인 다음, 테이블 비중선별(Shaking table)에 의해 텅스텐 정광을 회수하였다. 이때 회수된 텅스텐 정광 산물에는 주석(Cassiterite)과 같이 비중이 높은 광물들이 포함되어 있어, 자력선별법을 적용하여 최종 텅스텐 정광산물을 회수하였다.

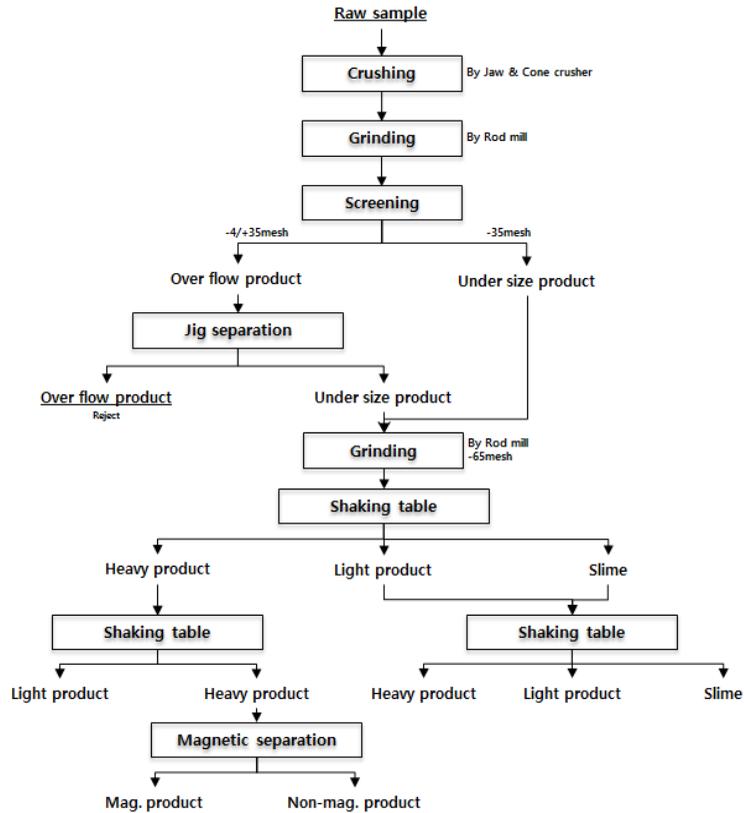


그림 2. 텅스텐광의 품위향상을 위한 비중선별-자력선별 혼합공정도.

● 실험결과 및 고찰

Jig separation 실험결과

볼의 재질

현장에서는 지그선별 시 급광의 조립산물을 직접 베드(Bed)로 사용하는 경우도 있으나, 본 연구에서는 정광을 망하 배출하는 방식의 실험실용 지그에 볼을 사용하여 베드 층을 만들어 실험하였다. 본 연구에서는 세라믹 볼과 철 볼을 사용하여 베드 층을 만들어 비교 실험 하였다. 실험조건은 5 mm 직경의 볼을 사용하여 지그 선별조(Chamber) 내에 6 cm 높이까지 베드 층을 만들고 물의 공급량을 1,000 ml/min.으로 고정하였다. 그리고 준비된 시료를 급광하

여 지그에서 상향류 되어 나오는 저 비중의 산물과 베드 층을 뚫고 침강하여 지그의 밑바닥(Hutch)에 모이는 고 비중의 산물로 각각 분리 회수하였다. 그 결과를 그림 3에 나타내었다.

철 볼(7.1 S.G)의 비중이 세라믹 볼(5.8 S.G)보다 높기 때문에 지그선별 시 철 볼로 이루어진 베드 층의 공격율(Porous)이 낮아져서 유용산물이 비교적 적게 농축된 것으로 볼 수 있다. 반면, 세라믹 볼은 비중이 다소 낮아 지그선별 시 베드 층의 공격율을 약간 증가 시켜서 자연히 맥석산물의 양을 좀 더 회수한 것으로 판단된다. 품위와 회수율을 고려하였을 때, 철 볼을 이용하여 실험을 진행하였다.

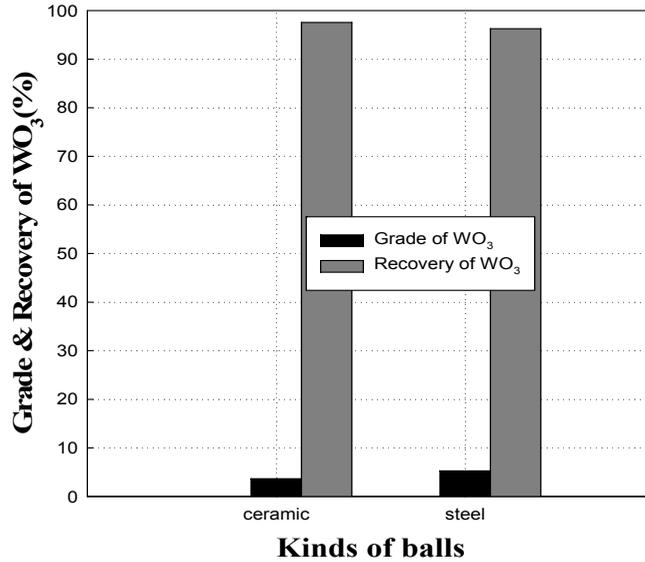


그림 3. 지그선별 시 볼의 종류에 따른 선별효율.

베드층 높이

지그 선별조 안에 형성된 베드 층의 높이 변화에 따라 베드 층이 높으면 고 비중의 유용 광물의 침강이 쉽지 않아 수류의 흐름과 수압에 따라 선별조 밖으로 유실 될 우려가 커질 것이다. 반대로 베드 층이 너무 낮으면 저 비중

의 맥석광물들 까지도 쉽게 침강하여 유용 광물의 농축율을 저하 시킬 우려가 있다. 따라서 지그 선별에서의 베드 층의 높이는 중요하다.

그림 4는 베드 층의 높이가 선별효율에 미치는 영향을 관찰한 것이다. 실험결과, 베드 층의 높이가 낮아지면 회수율은 높아지는 반면, 품

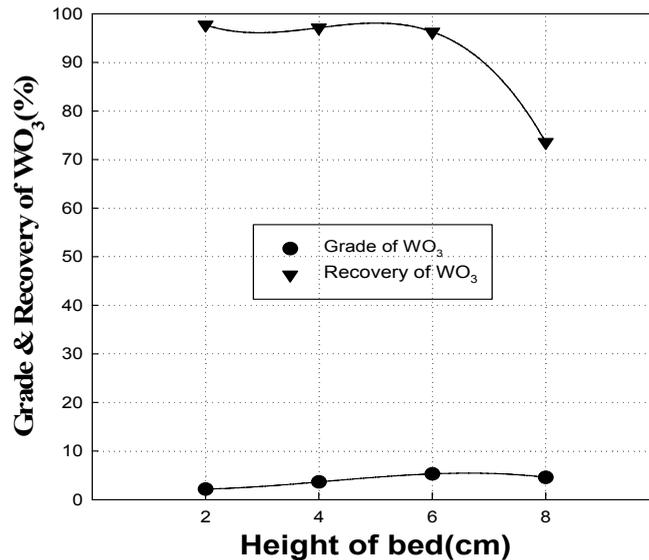


그림 4. 지그선별 시 베드층 높이에 따른 선별효율.

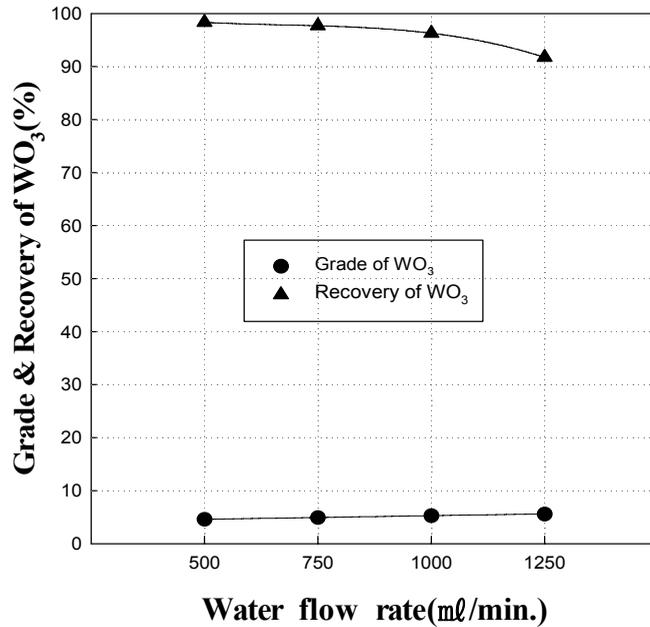


그림 5. 지그선별 시 공급수량에 따른 선별효율.

위는 낮아지는 것을 알 수 있다. 베드 층의 높이가 8 cm인 경우 6 cm와 비교하여 WO₃의 회수율면에서 급격히 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 이는 베드 층의 높이가 높아지면 급광이 되자마자 자유침강 및 간섭침강의 영향보다는 밖으로 상향류 되는 물의 영향을 더 많이 받기 때문이다. 반면, 베드 층의 높이가 낮아지면 급광된 굵은 입자들이 그 자리를 채워 베드 층의 역할을 대신하게 되어 충분한 간섭침강의 영향을 받을 수가 있다. 따라서 품위와 회수율을 고려하여 베드 층의 높이를 6 cm로 선정하였다.

공급 수량

그림 5는 5 mm 지름의 철 볼을 사용하여 지그 선별조 내에 베드 층을 6 cm까지 만들고 물의 공급량을 500 ml/min. - 1,250 ml/min.으로 변화하며 실험한 결과이다. 실험결과, 물의 공급수량이 적으면 회수되는 침하산물의 양이 많아지고 그 품위는 낮아짐을 볼 수 있다. 또한 물

의 공급수량을 증가 시키면 침하산물의 양은 적어지지만, 품위는 증가됨을 볼 수 있다. 이는 공급수량이 선별조 내에 전달되는 수압과 관련이 되어 베드 층의 공격율과 공급되는 급광의 입자 운동에 영향을 주어 수압이 높아지면 물의 흐름을 따라 침강하는 유용광물들 까지도 선별조 밖으로 유실되기 때문에 회수율이 떨어지는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 공급수량 1,000 ml/min.을 최적조건으로 선정하였으며, 이때 WO₃의 품위 및 회수율이 각각 5.3%와 96.29%인 정광을 회수하였다.

입자 크기

입자의 크기는 선광에서 선별효율뿐만 아니라 경제성 측면에서도 중요한 인자중의 하나이다. 본 실험에서는 시료를 4가지 입단 산물로 분리하고 각 입단 산물을 가지고 지그선별 실험을 수행하였다. 그림 6은 입자의 크기가 선별효율에 미치는 영향을 관찰한 것이다. 실

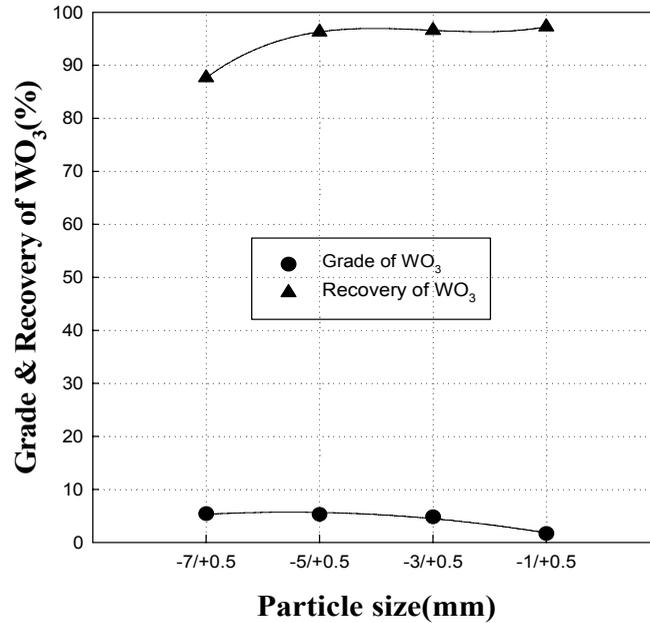


그림 6. 지그선별 시 입자크기에 따른 선별효율.

험결과, 입자크기가 작아질수록 WO₃의 품위는 감소하는 경향을 보이는 반면, 회수율은 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 즉 입도가 -3 mm까지는 WO₃의 품위가 큰 변화는 없으나, 그 이하의 입도로 내려가면 WO₃의 품위가 1.68%까지 감소하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 이유는 텅스텐이 파분쇄단계에서 미립자가 많이 발생을 하여 텅스텐뿐만 아니라 맥석광물들까지도 회수되었기 때문으로 판단된다. 본 연구에서는 WO₃의 품위 및 회수율을 고려하여 -5 mm를 최적 입도로 선정하였다.

Shaking table 실험결과

입자 크기

그림 7은 입자의 크기가 선별효율에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 65 mesh와 100 mesh 이하로 제조된 시료의 비교실험 결과, 입자크기가 작아지면 품위는 증가하는 반면 회수율은 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 입자가 작아지

면 단체분리도가 높아져 선별효율이 높아 품위는 증가하나, 비중선별에 나쁜 영향을 미치는 미립자의 발생이 많아져 회수율은 감소하게 되기 때문이다. 즉, 입자가 적정 이하로 작아지면 비표면적이 증가되면서 겉보기 비중이 커져 상당량이 정광으로 회수되지 못하고 저 비중 산물로 처리되어 회수율이 감소하게 된다. 실험결과 WO₃의 품위와 회수율을 고려할 때 선별효율은 비슷하지만, 입자가 100 mesh 이하로 작아지면 시료제조 시 처리비용 증가와 slime 처리에 의한 문제가 발생할 수 있어, 65 mesh 이하로 제조된 시료를 최적실험 조건으로 하였으며, 이때 WO₃의 품위와 회수율이 각각 51%와 91.37%인 정광을 회수하였다.

반면 기울기

그림 8은 본 연구에 사용된 shaking table 비중선별기의 최적 반면 기울기를 규명하기 위한 실험결과를 나타낸 것이다. 1° - 3°까지는

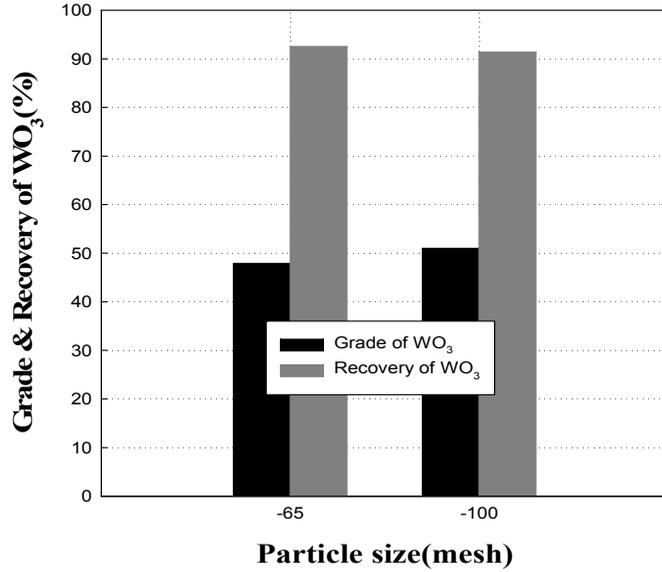


그림 7. 요동 테이블 선별에서 입자크기에 따른 선별효율.

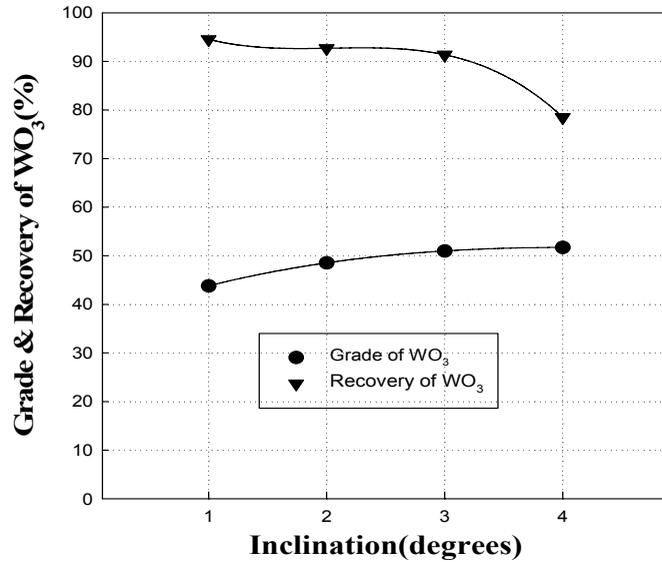


그림 8. 요동테이블 선별에서 반면의 기울기에 따른 선별효율.

WO₃의 뚜렷한 회수율의 감소 없이 품위가 증가하는 것을 알 수 있다. 하지만 3° 보다 기울기가 증가하면 품위는 소폭 증가하나 회수율이 크게 감소하여 효과적이지 못함을 확인하였다. 이는 반면의 기울기가 증가하면 중광물

과 경광물의 비중차가 뚜렷해져 품위는 증가하나, 일부 텅스텐이 반면의 큰 경사에 의해 경광물로 이동되기 때문이다. 따라서 WO₃의 품위 및 회수율을 고려하여 3° 를 최적 반면 기울기로 선정하였다.

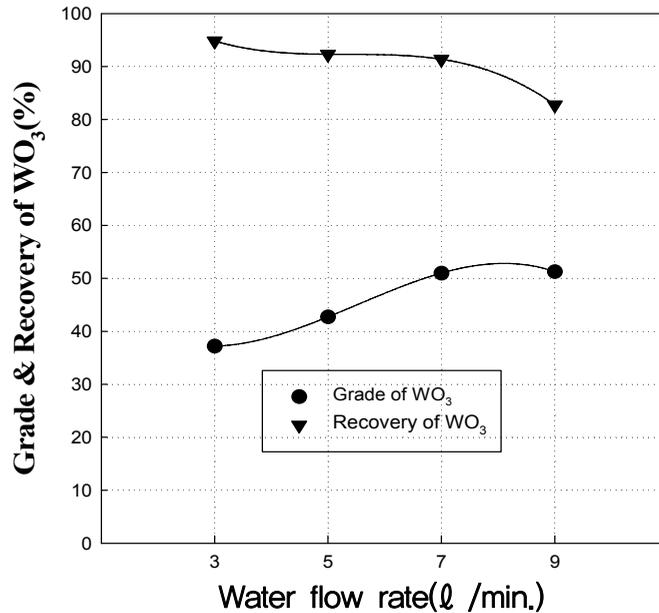


그림 9. 요동테이블 선별에서 공급수량에 따른 선별효율.

공급 수량

그림 9는 물의 공급량이 선별효율에 미치는 영향을 관찰한 것이다. 3 l/min. - 9 l/min.까지 변화하며 실험한 결과 물의 공급량이 감소할수록 회수율은 94.83%까지 증가하였고, 품위는 37.21%까지 감소하는 것을 확인하였다. 7 l/min.를 기준으로 이보다 물의 공급량이 증가할수록 품위는 소폭 상승하였지만, 회수율이 급격히 떨어지는 경향을 나타내었다. 이는 물의 공급량이 증가할수록 일부 텅스텐 광이 경광물 쪽으로 이동되어 회수율이 감소되었다고 판단된다. 따라서 7 l/min.를 최적의 공급수량으로 선정하였으며, 이때 WO₃의 품위와 회수율이 각각 51%와 91.37%인 정광을 회수하였다.

충적 횟수

그림 10은 충적 횟수가 선별효율에 미치는 영향을 관찰한 것으로 충적 횟수를 210 strokes/min. - 300 strokes/min.까지 변화하며 실험

하였다. 실험결과, 충적 횟수가 줄어들수록 품위는 감소하고 회수율은 증가하는 경향을 나타내었다. 반대로 충적 횟수가 늘어날수록 품위는 증가하고 회수율은 감소하는 경향을 나타내었다. 충적 횟수에 따라 품위와 회수율이 변화하는 이유는 충적 횟수가 높아질수록 비중이 높은 산물과 비중이 낮은 산물이 충분히 분리되고, 비중이 높은 산물의 일부가 비중이 낮은 산물로 회수되기 때문이다. 따라서 품위와 회수율을 고려하여 충적 횟수 270 strokes/min.을 최적 선별조건으로 판단하였으며, 이때 WO₃의 품위와 회수율이 각각 51%와 91.37%인 정광을 회수하였다.

그림 11은 shaking table 선별과정에서 고 비중과 저 비중 산물이 분리되는 모습을 나타내었다. 무겁고 작은 광물은 테이블의 운동방향으로 거동하여, 반면의 전진 방향으로 모이게 된다. 반대로 가볍고 입자가 큰 광물은 물의 영향을 많이 받게 되어 수류 방향으로 거동하여, 테이블의 하류 방향으로 흘러 분리가 이루어

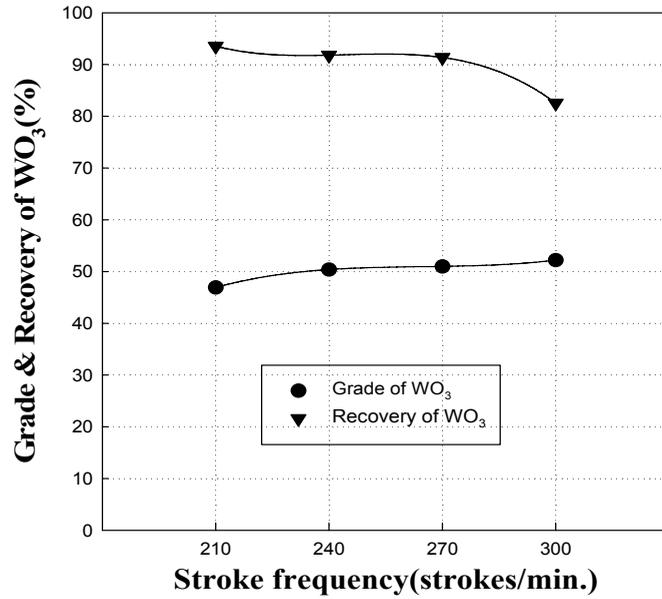


그림 10. 요동테이블 선별에서 총적회수에 따른 선별효율.

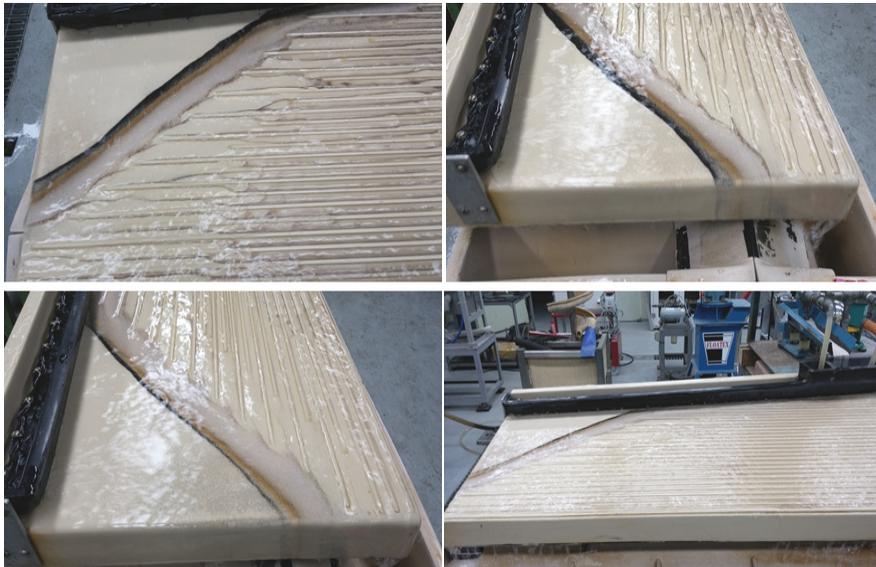


그림 11. 요동테이블에서 고 비중산물과 저 비중산물이 분리되는 과정.

진다. 비중이 크고 작은 입자의 ferberite의 질은 검은 때가 반면의 전진방향 쪽에 모여 분리되는 모습을 확인 할 수 있다.

그림 12는 shaking table을 이용한 비중선별

실험에서 회수된 각 산물에 대한 XRD 광물감정 결과를 나타낸 것이다. 비중선별에서 고 비중으로 회수된 정광의 경우 대부분이 텅스텐과 주석 광물의 피크만 확인되어 선별이 잘 되

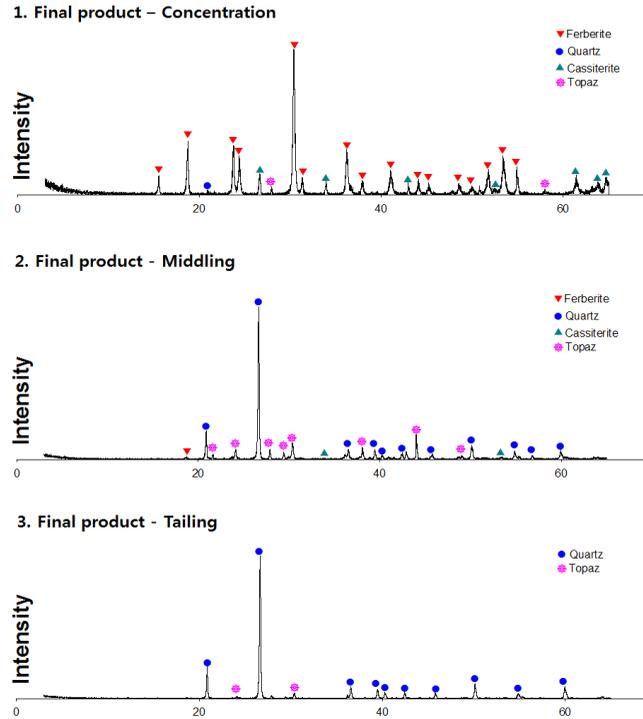


그림 12. 최종 정광 산물에 대한 XRD 분석결과.

있음을 알 수 있다. 중광물 중에는 아주 미미한 텅스텐과 주석광물의 결정피크가 보이지만 대부분 석영과 황옥 이었으며, 광미에서도 석영과 황옥 이외에는 텅스텐과 주석이 보이지 않는 것을 알 수 있다. 따라서 비중선별에 의하고 비중 산물과 저 비중 산물의 분리가 효율적으로 이루어 졌음을 알 수 있고, 회수율을 높이기 위해서는 중광물로 처리된 산물을 재차 *shaking table*에 의해 선별을 수행하던가 아니면 재 분쇄 후 단체분리도를 높인 다음, *shaking table*에 의한 선별과정이 필요할 것으로 판단된다.

자력선별에 의한 실험결과

비중선별에서 회수된 최종 텅스텐 정광의 품위와 회수율이 각각 51%와 91.37%로 회수율은 높지만 품위가 다소 낮은 것을 알 수 있다. 이는 원광에 대한 성분분석에서 확인 하였듯이 원광중 주석이 0.7%정도 존재하여 이들의

대부분이 텅스텐 정광으로 함께 이동되었기 때문으로 판단된다. 따라서 텅스텐 정광으로 회수된 주석을 분리하기 위하여 건식 *cross-belt type*의 자력선별 실험을 수행하였다. 즉, 본 연구에 사용된 텅스텐의 경우 철중석으로 자성강도가 높은 광물이기 때문에, 자력선별에 의해 주석과 쉽게 분리할 수 있을 것으로 생각된다.

그림 13은 비중선별에서 회수된 정광산물과 이들을 대상으로 자력선별을 수행한 실험결과를 나타낸 것으로, 비중선별의 경우 WO_3 의 품위와 회수율이 각각 51%와 91.37%로 회수율은 높지만, 품위가 낮아 여전히 텅스텐 정광 중 불순물이 다량 존재함을 알 수 있다. 비중선별 정광산물을 대상으로 자력선별을 수행한 결과 WO_3 의 회수율은 91.37%에서 86.07%로 감소되었지만, 품위는 51.01%에서 67.63%로 크게 증가하여 대부분의 주석이 분리되었음을 알 수 있다. 실험결과 비중선별에서 텅스텐과 주석

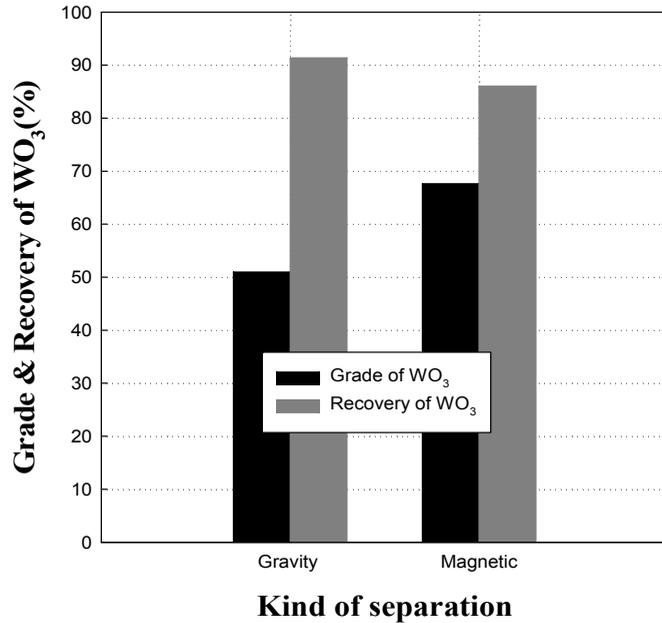


그림 13. 비중선별과 자력선별에 따른 선별효율 비교.



그림 14. 실험공정도를 통해 회수된 산물.

이 함께 중광물로 회수됨을 알 수 있었으며, 텅스텐의 경우 철중석이기 때문에 자력선별에 의해 효율적으로 주석과 분리할 수 있음을 확인하였다.

그림 14는 실험공정에서 회수된 각 산물들에 대한 사진을 각각 나타낸 것이다. Shaking table을 통해 나온 고 비중 산물에는 텅스텐 이외에 주석과 같이 비중이 높은 광물들이 포함되어 있어, 자력선별법을 적용하여 최종 텅스텐 정광산물을 회수하였다. 자성산물이 최종

정광으로 Fe성분을 많이 함유하고 있어 진한 검은색을 나타내고 있으며, 이때 WO₃의 품위와 회수율이 각각 67.63%와 86.07%인 정광을 회수하였다. 그리고 비 자성 산물에는 cassiterite가 많이 함유되어 있어 갈색 빛을 띠고 있으며, 이때 Sn의 품위가 40.75%인 고품위 주석정광을 회수하였다. 비중선별 저 비중 산물인 광미의 경우는 규산염광물들이 많이 함유되어 있어 밝은 색을 띠고 있는 것으로 판단된다.

● 결론

본 연구에서는 몽골 에르덴숨 지역에서 채취한 텅스텐 시료를 대상으로 정광을 회수하기 위한 비중선별(Jig separation, Shaking table)과 자력선별(Cross-belt)을 혼합한 공정을 개발하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 몽골 에르덴숨 지역에서 채취한 텅스텐 원광시료의 WO_3 품위는 3.96%이며, SiO_2 와 Al_2O_3 성분이 각각 86.15%와 5.52%로 대부분의 불순물들이 텅스텐보다 비중이 낮은 규산염 광물로 존재함을 확인하였다. 또한 텅스텐과 비중이 비슷한 Sn 성분이 0.7% 함유되어 있어 비중선별 시 텅스텐과 함께 회수 될 것으로 판단된다.
2. 조립자 크기에서 다량의 맥석광물들을 제거하기 위한 1차 비중선별(Jig separation)의 최적 실험조건인 입자크기 -4/+35 mesh, 물의 공급량 1,000 ml/min., 베드 높이 6 cm, ball 종류는 철 볼에서 WO_3 의 품위와 회수율이 각각 5.3%와 96.29%인 정광을 회수하였다.
3. 지그선별에서 회수된 1차 정광 산물을 -35 mesh 산물과 혼합하여 -65 mesh로 재 분쇄한 후, shaking table의 최적 실험조건인 입자크기 -65 mesh, 반면의 기울기 3°, 물의 공급수량 7 l /min., 충격 횟수 270 strokes/min.에서 WO_3 의 품위와 회수율이 각각 51%와 91.37%인 정광을 회수하였다.
4. 비중선별에서 회수된 텅스텐 정광산물에는 주석과 같은 비중이 높은 광물들이 포함되어 있어, 자력선별법을 사용하여 텅스텐과 주석을 분리하였다. 이때 WO_3 의 품위와 회수율이 각각 67.63%와 86.07%인 최종 텅스텐 정광을 회수하였다. 비 자성 산물로 회수된 Sn의 품위 또한 40.75%로 높아 향후 텅스텐과 주석을 동시에 회수할 수 있는 공정연구가 필요할 것으로 판단된다.

● 시사

본 연구는 산업통상부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 "국내 희유금속자원 탐사 및 활용기술 개발" 사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

● 참고문헌

- 강수연 (2012) www.koreaexim.go.kr, 몽골의 자원 및 인프라 개발 현황과 시사점.
- 강재홍, 김영운 (2011) 몽골 에너지 자원의 남북연결 수송방안, 남북물류포럼 훈춘 지역 학술 세미나.
- 박종국 (2010) www.koreaexim.go.kr, 몽골의 광업부문 현황과 전망.
- 주동주, 김학기, 김석환, 김계환, 김경유 (2008) www.kiet.re.kr, 신흥전략시장 자원개발과 산업협력 확대방안.
- 주몽골대사관 (2015) mng.mofa.go.kr, 몽골 철도인프라 계획 및 자원개발 현황.
- Boldbayar, M. (2012) A study on the economic development of mongolia through the developing a resources. Master's Thesis, Chonbuk National University, Chonbuk, 1p (in Korean with English abstract).
- Lee, B.H., Kim, I.J., and Heo, C.H., (2013) Characteristics of W-Mo Mineralization in Dulaankhaikhan area, Mongolia. Minerals and Industry, 26, 22-31 (in Korean with English abstract).
- Park, G.S., Lee B.H., Kim, I.J., and Heo, C.H., (2014) A study on the Characteristics of W-Mo Ore Deposit in Bayan-Onjuul, Mongolia Using Magnetic Data, Geophysics and Geophysical Exploration, 17, 4, 202-208.