



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년10월16일
(11) 등록번호 10-1191788
(24) 등록일자 2012년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B03D 1/02 (2006.01) B03D 103/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0035638
(22) 출원일자 2011년04월18일
심사청구일자 2011년04월18일
(56) 선행기술조사문헌
US04606817 A
US5795466 A
KR101036653 B1
US5078860 A

(73) 특허권자
한국지질자원연구원
대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
(72) 발명자
전호석
대전광역시 서구 둔산북로 160, 103동 1004호 (둔산동, 한마루아파트)
김병곤
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 207동 1303호 (전민동, 엑스포아파트)
(74) 대리인
남충우, 노철호

전체 청구항 수 : 총 8 항

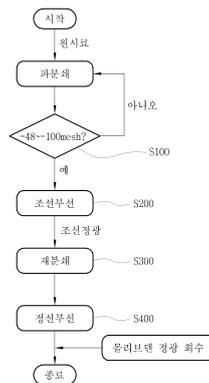
심사관 : 박요창

(54) 발명의 명칭 다단분쇄에 의한 폴리브덴광의 부유선별 방법

(57) 요약

폴리브덴광의 부유선별 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 폴리브덴광의 부유선별 방법은 원시료를 파분쇄하여 48~100메쉬(mesh) 이하의 크기를 가지도록 입도를 조절하는 제 1 단계; 및 상기 시료를 조선부선하여 조선정광을 얻는 제 2 단계; 상기 조선정광을 재분쇄 하는 제 3 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박철현

대전광역시 유성구 가정로 65, 106동 1108호 (신성동, 대림두레아파트)

백상호

대전광역시 유성구 신성남로95번길 49, 203호 (신성동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NP2010-029

부처명 지식경제부

연구사업명 에너지자원기술개발사업

연구과제명 국내부존 희유금속광 고도선광 및 신 체련기술 개발

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2010.06.01 ~ 2013.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

몰리브덴광의 부유선별 방법에 있어서,

원시료를 파분쇄하여 48 메쉬(mesh) 이하의 크기를 가지도록 입도를 조절하는 제 1 단계;

상기 시료를 조선부선하여 조선정광을 얻는 제 2 단계;

상기 조선정광을 재분쇄 하는 제 3 단계; 및

재분쇄된 상기 조선정광을 대상으로 정선부선을 수행하여 몰리브덴 정광을 회수하는 제 4 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다단분쇄에 의한 몰리브덴광의 부유선별 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제 2 단계는,

상기 시료를 부유선별기의 셀(cell)에 넣어 광액을 교반하는 단계; 및

상기 광액에 부선시약을 첨가하는 단계를 포함하고,

상기 부선시약은 pH 조절제, 규산소다(Na_2SiO_3), 등유(kerosene) 및 기포제(AF65)를 포함하는 것을 특징으로 하는 다단분쇄에 의한 몰리브덴광의 부유선별 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 pH 조절제를 통해 상기 광액의 pH를 8 내지 10으로 조절하는 것을 특징으로 하는 다단분쇄에 의한 몰리브덴광의 부유선별 방법.

청구항 4

제 2항 또는 제 3항에 있어서,

상기 규산소다(Na_2SiO_3)의 첨가량은 1.25 kg/t 내지 1.50 kg/t이고,

상기 등유(kerosene)의 첨가량은 25 g/t 내지 75 g/t인 것을 특징으로 하는 다단분쇄에 의한 몰리브덴광의 부유선별 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제 3 단계는,

상기 조선정광을 3분 내지 4분 동안 재분쇄 하는 것을 특징으로 하는 다단분쇄에 의한 몰리브덴광의 부유선별 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 제 4 단계는,

상기 조선정광을 부유선별기의 셀(cell)에 넣어 광액을 교반하는 단계; 및

상기 광액에 부선시약을 첨가하는 단계를 포함하고,

상기 부선시약은 pH 조절제, 규산소다(Na_2SiO_3), 등유(kerosene) 및 기포제(AF65)를 포함하는 것을 특징으로 하는 다단분쇄에 의한 몰리브덴광의 부유선별 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 pH 조절제를 통해 상기 광액의 pH를 8 내지 10으로 조절하는 것을 특징으로 하는 다단분쇄에 의한 몰리브덴광의 부유선별 방법.

청구항 9

제 7항 또는 제 8항에 있어서,

상기 규산소다(Na_2SiO_3)의 첨가량은 100 g/t 내지 200 g/t이고,

상기 등유(kerosene)의 첨가량은 10 g/t 내지 30 g/t인 것을 특징으로 하는 다단분쇄에 의한 몰리브덴광의 부유선별 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 부유선별 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다단분쇄에 의한 몰리브덴광의 부유선별 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 몰리브덴(Mo)은 철강합금, 전기전자, 반도체, 윤활제, 촉매 등 첨단 성장 동력 산업에 다양하게 활용되고 있으며, 관련 산업의 발전에 따라 매년 10%이상의 수요 증가 추세에 있다.

[0003] 부유선별법은 광중간의 소수성, 친수성의 성질 그리고 첨가시약의 조합에 의해 단체분리 입도가 작은 광물까지도 분리가 가능한 선별기술이다. 몰리브덴광의 경우, 광석광물인 휘수연석(Molybdenite, MoS_2)이 다른 황화광물들에 비하여 벽개가 잘 발달되어 있어 자연부유도가 상대적으로 높다. 따라서, 부유선별법은 몰리브덴 정광 회수 방법으로 사용하기에 적합하다.

[0004] 그러나, 종래 부유선별법을 이용하여 몰리브덴 정광 회수를 하는 경우에는 Mo 품위 52%, 회수율 90.5% 정도에 그치고 있는 바, 상기 Mo 품위 및 회수율을 보다 높일 수 있는 방안이 모색되고 있다. 특히, 몰리브덴광은 세계 5개국에 95%이상 확보하고 있어 향후 자원무기화와 기술독과점에 따른 수급 불균형이 예상되므로, 몰리브덴의 자급 수급을 위한 국내 몰리브덴광 개발 및 선별기술 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시예들은 Mo 품위 55.5% 및 Mo 회수율 94% 이상 달성 가능한 몰리브덴광의 부유선별 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따르면, 몰리브덴광의 부유선별 방법에 있어서, 원시료를 과분쇄하여 48~100 메쉬(mesh) 이하의 크기를 가지도록 입도를 조절하는 제 1 단계; 및 상기 시료를 조선부선하여 조선정광을 얻는 제 2 단계; 상기 조선정광을 재분쇄 하는 제 3 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 몰리브덴광의 부유선별 방법이 제공될 수 있다.

[0007] 또한, 상기 제 2 단계는, 상기 시료를 부유선별기의 셀(cell)에 넣어 광액을 교반하는 단계; 및 상기 광액에 부선시약을 첨가하는 단계를 포함하고, 상기 부선시약은 pH 조절제, 규산소다(Na_2SiO_3), 등유(kerosene) 및 기포제(AF65)를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 규산소다(Na_2SiO_3)의 첨가량은 1.25 kg/t 내지 1.50 kg/t이고, 상기 등유(kerosene)의 첨가량은 25 g/t 내지 75 g/t인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 제 3 단계는, 상기 조선정광을 3분 내지 4분 동안 재분쇄 하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 제 3 단계 이후에, 재분쇄된 상기 조선정광을 대상으로 정선부선을 수행하여 몰리브덴 정광을 회수하는 제 4 단계를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 제 4 단계는, 상기 조선정광을 부유선별기의 셀(cell)에 넣어 광액을 교반하는 단계; 및 상기 광액에 부선시약을 첨가하는 단계를 포함하고, 상기 부선시약은 pH 조절제, 규산소다(Na_2SiO_3), 등유(kerosene) 및 기포제(AF65)를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 pH 조절제를 통해 상기 광액의 pH를 8 내지 10으로 조절하는 것을 특징으로 하는 몰리브덴광의 부유선별 방법.

[0013] 또한, 상기 규산소다(Na_2SiO_3)의 첨가량은 100 g/t 내지 200 g/t이고, 상기 등유(kerosene)의 첨가량은 10 g/t 내지 30 g/t인 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 실시예들은 조립자를 대상으로 비교적 회수율이 높은 조선정광을 1차로 회수함에 따라 맥석광의 미분쇄를 방지할 수 있어 분쇄비용을 절감하고, 조선정광만을 재분쇄하기 때문에 단체분리도 및 선별효율을 높일 수 있다.

[0015] 또한, 조립자에서 대부분의 맥석광물이 제거되기 때문에 2차 부유선별(정선부선)에서 부선시약의 절감 효과가 있다.

[0016] 또한, 적절한 부선시약의 양을 제시함에 따라, Mo 품위 및 회수율이 각각 55.5% 및 94%에 해당하는 몰리브덴 최종 정광을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 몰리브덴광의 부유선별 방법의 순서도이다.

도 2는 도 1의 몰리브덴광의 부유선별 방법에서 조선정광 제조에 적용할 입도를 결정하기 위한 조선부선 실험결과를 나타낸 그래프이다.

도 3은 도 2에서 48mesh 이하로 제조된 시료를 조선부선하여 얻은 조선정광을 대상으로 재분쇄 시간이 부선효율에 미치는 영향을 나타낸 그래프이다.

도 4는 도 2에서 48mesh 이하로 제조된 시료를 대상으로 조선부선 및 정선부선에서의 포수제 첨가량의 영향을 나타낸 그래프이다.

도 5는 도 2에서 48mesh 이하로 제조된 시료를 대상으로 조선부선 및 정선부선에서의 억제제 첨가량의 영향을

나타낸 그래프이다.

도 6은 도 2에서 48mesh 이하로 제조된 시료를 대상으로 조선부선 및 정선부선에서의 pH 변화의 영향을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하에서는, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 몰리브덴광의 부유선별 방법의 순서도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 몰리브덴광의 부유선별 방법은 우선, 원시료를 파분쇄하여 48~100 메쉬(mesh) 이하의 크기를 가지도록 입도를 조절한다. 여기에서 mesh(메시)는 체의 구멍이나 입자의 크기를 나타내는 단위로, 타일러 표준체(Tyler Standard Sieve)에서는 1 인치(inch) 길이 안에 들어 있는 눈금의 수로 나타낸다. 따라서, 숫자가 높을수록 원시료가 미분쇄됨을 의미한다.
- [0020] 종래 몰리브덴광의 부유선별 방법에서는 원시료를 150 mesh(약 100 μ m) 이하의 크기로 단일분쇄하였으나, 본 발명의 일 실시예에 따른 몰리브덴광의 부유선별 방법에서는 원시료를 48~100 메쉬(mesh) 이하의 크기를 가지도록 1차 분쇄하여 부유선별에 의해 조선정광을 회수하고, 상기 회수된 조선정광만을 대상으로 재분쇄가 이루어진다는 점에서 차이가 있다.
- [0021] 원시료를 파분쇄하는 방법은 예를 들면, 원시료를 조크러셔(Jaw crusher), 콘크러셔(Cone crusher), 롤 크러셔(Roll crusher), 펄버라이저(Pulverizer, single runner mill) 및/또는 로드밀(rod mill)을 이용하여 파분쇄 하는 것을 들 수 있다.
- [0022] 이후에는, 48~100 메쉬(mesh) 체(sieve)를 이용하여 입도를 조절하고, 상기 범위에 해당하지 않는 굵은 입자(상기 48~100 메쉬 체를 통과하지 않는 입자를 의미함)의 경우에는 반복하여 분쇄를 수행한다(이상 S100).
- [0023] 다음으로, 48~100 메쉬(mesh) 이하의 크기를 갖는 입도로 조절된 상기 시료를 조선부선하여 조선정광을 얻는다. 예를 들어, 상기 시료를 부유선별기의 셀(cell)에 넣고 광액의 농도 20%에서 5분간 1500 rpm의 속도로 교반할 수 있다. 다음으로, pH 조절제, 억제제(depressant)로는 규산소다(Na_2SiO_3), 수포제(collector)로는 등유(kerosene), 기포제로는 Aeroforth 65(AF 65) 등의 각 부선시약을 차례로 첨가하여 일정시간 동안 조건을 부여할 수 있다. 그리고, 소수성의 휘수연석을 기포에 부착시켜 조선정광을 회수한다.
- [0024] 한편, 상기 pH 조절제를 통해 상기 광액의 pH를 8 내지 10으로 조절할 수 있다. 상기 pH 조절제는 산성 영역에서는 황산(H_2SO_4)을 사용할 수 있고, 알칼리 영역에서는 규산소다(Na_2SiO_3)를 사용하는 것이 가능하다.
- [0025] 또한, 상기 규산소다(Na_2SiO_3)의 첨가량은 1.25 kg/t (kilogram per ton) 내지 1.50 kg/t 이고(억제제 첨가량), 상기 등유(kerosene)의 첨가량은 25 g/t (gram per ton) 내지 75 g/t 일 수 있다. 상술한 광액의 pH, 규산소다의 첨가량 및 등유의 첨가량은 실험결과로부터 도출된 것으로, 상기 실험결과에 대해서는 후술하기로 한다(이상 S200).
- [0026] 다음으로, 회수한 상기 조선정광을 재분쇄 한다. 재분쇄하는 방법은 상술한 파분쇄 방법과 동일 또는 유사하므로 설명은 생략하도록 한다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 몰리브덴광의 부유선별 방법은 조립자를 대상으로 비교적 회수율이 높은 2% 정도만의 조선정광을 회수함에 따라 98% 이상인 맥석광의 미분쇄를 방지할 수 있어 분쇄비용을 절감할 수 있고, 조선정광만을 재분쇄하기 때문에 단체분리도 및 선별효율을 높일 수 있다. 또한, 상기 조립자에서 대부분의 맥석광물이 제거되기 때문에 2차 부유선별(정선부선)에서 억제제 등의 부선시약을 절감할 수 있다.
- [0028] 한편, 상기 재분쇄하는 시간은 3분 내지 4분일 수 있다. 상기 재분쇄 시간은 실험결과로부터 도출된 것으로, 상기 실험결과에 대해서는 후술하기로 한다(이상 S300).
- [0029] 다음으로, 재분쇄된 상기 조선정광만을 대상으로 정선부선(2차 부유선별)을 수행하여 몰리브덴 정광을 회수하도록 한다. 예를 들어, 상기 조선정광을 부유선별기의 셀(cell)에 넣고 광액의 농도 20%에서 5분간 1500 rpm의 속도로 교반할 수 있다. 다음으로, pH 조절제, 억제제(depressant)로는 규산소다(Na_2SiO_3), 수포제(collector)로는 등유(kerosene), 기포제로는 Aeroforth 65(AF 65) 등의 각 부선시약을 차례로 첨가하여 일정 시간 동안 조건을 부여할 수 있다.

[0030] 한편, 상기 pH 조절제를 통해 상기 광액의 pH를 8 내지 10으로 조절할 수 있다. 상기 pH 조절제는 산성 영역에서는 황산(H₂SO₄)을 사용할 수 있고, 알칼리 영역에서는 규산소다(Na₂SiO₃)를 사용하는 것이 가능하다.

[0031] 또한, 상기 규산소다(Na₂SiO₃)의 첨가량은 100 g/t (gram per ton) 내지 200 g/t 이고(억제제 첨가량), 상기 등유(kerosene)의 첨가량은 10 g/t (gram per ton) 내지 30 g/t 일 수 있다. 상술한 광액의 pH, 규산소다의 첨가량 및 등유의 첨가량은 실험결과로부터 도출된 것으로, 상기 실험결과에 대해서는 후술하기로 한다(이상 S400).

[0032] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시예들은 조립자를 대상으로 비교적 회수율이 높은 조선정광을 1차로 회수함에 따라 맥석광의 미분쇄를 방지할 수 있어 분쇄비용을 절감하고, 조선정광만을 재분쇄하기 때문에 단체 분리도 및 선별효율을 높일 수 있다.

[0033] 또한, 조립자에서 대부분의 맥석광물이 제거되기 때문에 2차 부유선별(정선부선)에서 부선시약의 절감 효과가 있으며, 적절한 부선시약의 양을 제시함에 따라, Mo 품위 및 회수율이 각각 55.5% 및 94%에 해당하는 몰리브덴 최종 정광을 얻을 수 있다.

[0034] 이하에서는, 실험과정 및 실험결과를 통하여 본 발명을 보다 상세하게 설명하도록 한다. 다만, 하기의 실험과정 및 실험결과는 본 발명을 상세하게 설명하기 위하여 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 권리범위를 한정하지 않는다.

[0035] **시료의 특성**

[0036] 본 실험에서 사용된 몰리브덴 원광은 충북 제천시 금성면 대장리 소재 동원 NMC 광산에서 채취한 시료이다. 상기 시료(원광)의 화학분석 결과, Mo 함량은 0.35%이고, 불순물에 해당하는 SiO₂와 CaO가 각각 46.07%, 27%를 이루고 있었다. 한편, 몰리브덴광 부유선별시 비슷한 표면특성을 가지고 있어 정광으로 회수가 이루어지는 Pb, Zn, Cu 불순물의 경우에는 각각 0.0005%, 0.042% 및 0.022% 이하로 매우 낮아 몰리브덴 정광에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

[0037] **실험과정**

[0038] 본 실험에서 사용된 부유선별 장치는 덴버 서브 A형(Denver sub-A type) 부선기였다. 1차 부선인 조선부선의 경우, 부선시약의 조건 부여시간은 각 3분이었으며 각 정광회수 시간은 10분이었다. 이후, 회수된 조선정광을 대상으로 각각 0.5, 1, 2, 3, 4, 5분간 재분쇄하였고, 이를 대상으로 2차 부선인 정선부선을 수행하여 최종 몰리브덴 정광을 회수하였다. 최종 정광은 1회의 정선과정을 통해 회수되었다. 실험순서는 상기에서 이미 하였던 바, 여기에서는 생략하기로 한다.

[0039] **실험결과**

[0040] **(1) 적용입도 결정**

[0041] 도 2는 도 1의 몰리브덴광의 부유선별 방법에서 조선정광 제조에 적용할 입도를 결정하기 위한 조선부선 실험결과를 나타낸 그래프이다.

[0042] 도 2를 참조하면, 실험조건은 포수제(kerosene) 75 g/t, 기포제(AF 75 g/t), 억제제(Na₂SiO₃) 1.25 kg/t, pH 10, 그리고 광액농도 20%이었다. 본 실험은 부선정광의 품위는 고려하지 않고 회수율이 95% 이상인 입도를 결정하기 위한 것이다. 조립자에서 몰리브덴광의 광석광물인 휘수연석을 1차 회수하면 재분쇄시 분쇄비용을 줄일 수 있고, 맥석광물의 과분쇄를 방지하여 부선효율을 높일 수 있기 때문이다.

[0043] 실험결과, 28 mesh와 35 mesh 이하로 제조된 입도의 경우 목적인 회수율 95%보다 낮아 적합하지 않은 입도임을 확인할 수 있다. 이는 단체분리가 안 된 조립자의 상당량이 부유하지 못하고 광미로 처리되었기 때문이다. 따라서, 회수율이 95% 이상이면서 조립자 입도인 48 mesh 이하의 시료를 대상으로 하여 부유선별 실험을 수행하였다.

[0044] (2) 재분쇄 시간의 영향

[0045] 도 3은 도 2에서 48mesh 이하로 제조된 시료를 조선부선하여 얻은 조선정광을 대상으로 재분쇄 시간이 부선희율에 미치는 영향을 나타낸 그래프이다.

[0046] 도 3을 참조하면, 재분쇄 시간이 증가할수록 품위와 회수율은 재분쇄 시간 3분까지는 크게 증가하고, 이보다 재분쇄 시간이 많아지면 더 이상 뚜렷한 부선희율의 증가 없이 분쇄비용만 증가됨을 알 수 있다.

[0047] 예를 들어, 조선정광을 30초 재분쇄하여 부유선별 한 결과 Mo 품위와 회수율이 각각 48.2%와 88%로 가장 낮지만, 재분쇄 시간이 증가할수록 품위와 회수율도 증가하여 재분쇄 시간 3분에서는 Mo 품위와 회수율이 각각 55.5%와 94.1%로 증가하였다. 따라서, 재분쇄 시간 3분(내지 4분)이 몰리브덴광의 부선희율을 높이는 최적 조건임을 확인하였다.

[0048] 이처럼 재분쇄에 의한 부유선별 효율이 증가하는 이유는 재분쇄에 의한 미립화 과정에서 단체분리 되지 못한 몰리브덴광의 단체분리도가 향상되기 때문이다. 조선정광(평균입도 35.6 μ m)을 30초 동안 재분쇄한 산물의 평균입도(D50)는 30.3 μ m으로 비교적 굵지만, 재분쇄 시간이 증가할수록 평균입도가 점차 작아져 3분의 경우 평균입도가 16.5 μ m로 미립화 됨을 확인할 수 있다.

[0049] (3) 포수제의 영향

[0050] 도 4는 도 2에서 48mesh 이하로 제조된 시료를 대상으로 조선부선 및 정선부선에서의 포수제 첨가량의 영향을 나타낸 그래프이다.

[0051] 도 4를 참조하면, 실험과정은 조선부선, 재분쇄, 그리고 정선부선 순이었다. 실험조건은 조선부선의 경우, 기포제(AF65) 75 g/t, 규산소다(Na_2SiO_3) 1.25 kg/t, pH 10, 그리고 광액농도 20%이었다. 한편, 정선부선의 경우, 재분쇄 3분, 기포제(AF65) 30 g/t, 규산소다(Na_2SiO_3) 200 g/t, pH 10, 그리고 정선횟수 1회 이었다.

[0052] 우선, 포수제 첨가량에 따른 조선부선 실험결과, 포수제 첨가량 75 g/t을 기준으로 그 이하에서 품위는 다소 감소하나 회수율은 크게 증가하는 것을 알 수 있고, 그 이상에서는 큰 변화 없이 일정하였다. 특히, 회수율의 경우 포수제 첨가량 75 g/t 이상에서 96% 이상으로 목적인 회수율인 95% 이상을 만족하였다.

[0053] 정선부선의 경우, 포수제 첨가량 10 g/t 기준으로 이보다 포수제 첨가량이 증가하면 뚜렷한 회수율의 증가 없이 품위만 감소하였다. 이는 조선부선과 정선부선의 포수제 첨가량 75 g/t과 10 g/t 이상에서 상기 포수제 첨가량의 증가에 따라 휘수연석 입자의 소수성이 증가하여 부유도가 증가하지만, 이때 단체분리 되지 못한 입자들과 일부 맥석들이 비선택적으로 부유되기 때문으로 판단된다.

[0054] 따라서, 조선부선의 경우 포수제 첨가량이 75 g/t에서, Mo 품위와 회수율이 각각 29.3% 및 96.2%인 정광을 회수할 수 있었고, 정선부선의 경우 포수제 첨가량이 10 g/t에서 Mo 품위와 회수율이 각각 55.5% 및 94%인 고품위 최종정광을 얻을 수 있었다.

[0055] (4) 억제제의 영향

[0056] 도 5는 도 2에서 48mesh 이하로 제조된 시료를 대상으로 조선부선 및 정선부선에서의 억제제 첨가량의 영향을 나타낸 그래프이다.

[0057] 도 5를 참조하면, 실험조건은 조선부선의 경우, 기포제(AF65) 75 g/t, 등유(kerosene) 75 g/t, pH 10, 그리고 광액농도 20%이었다. 한편, 정선부선의 경우, 재분쇄 3분, 기포제(AF65) 30 g/t, 등유(kerosene) 10 g/t, pH 10, 그리고 정선횟수 1회 이었다.

[0058] 우선 조선부선 실험결과, 억제제인 규산소다의 첨가량이 증가할수록 정광의 품위는 지속적으로 증가하고 회수율은 1.25 kg/t이후 감소하였다. 이는 억제제의 첨가량이 증가함에 따라 맥석광물인 규산염 광물의 슬라임이 분산되고, 이들의 부유가 억제되기 때문에 정광의 품위가 증가되는 것으로 판단된다. 그러나, 억제제 첨가량이 1.25 kg/t 이상으로 증가하면 품위가 지속적으로 증가하나 일부의 휘수연석도 함께 비선택적으로 억제되어 회수율은 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

[0059] 정선부선 실험결과, 규산소다의 첨가량 200 g/t까지 정광의 품위는 점차 증가하고 회수율은 감소하고 있으나 첨가량 200 g/t 이상에서는 회수율이 떨어지는 것을 알 수 있으며 품위는 일정해짐을 확인할 수 있다.

[0060] (5) pH의 영향

[0061] 도 6은 도 2에서 48mesh 이하로 제조된 시료를 대상으로 조선부선 및 정선부선에서의 pH 변화의 영향을 나타낸 그래프이다.

[0062] 도 6을 참조하면, 실험조건은 조선부선의 경우, 기포제(AF65) 75 g/t, 등유(kerosene) 75 g/t, 규산소다(Na_2SiO_3) 1.25 kg/t, 그리고 광액농도 20%이었다. 한편, 정선부선의 경우, 재분쇄 3분, 기포제(AF65) 30 g/t, 등유(kerosene) 10 g/t, 규산소다(Na_2SiO_3) 200 g/t, 그리고 정선횟수 1회 이었다.

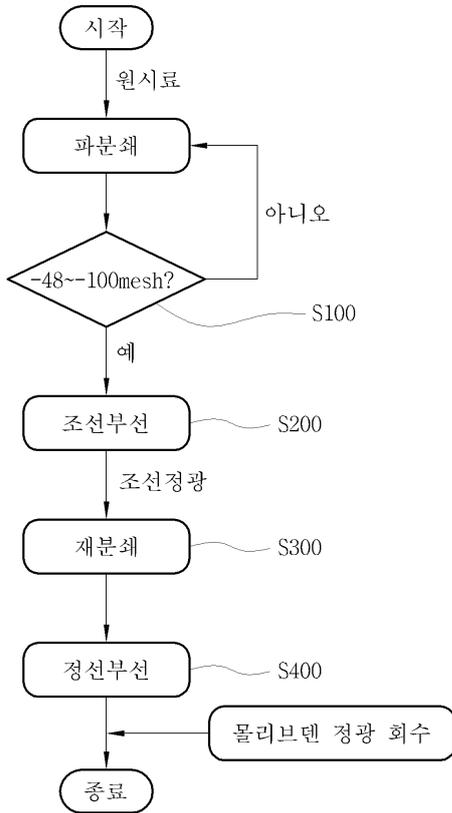
[0063] 조선부선 실험결과, pH는 산성영역에서 알칼리 영역으로 증가할수록 품위는 일정해지나 회수율은 점차 증가함을 알 수 있다. 예를 들어, Mo의 회수율의 경우, 산성 영역인 pH 4에서 Mo 회수율이 82%로 낮으나, pH 6에서 94%이상으로 증가하고, 알칼리 영역인 pH 10에서 회수율이 96.2%로 증가하는 것을 확인할 수 있다(품위는 29.3%).

[0064] 정선부선 실험결과, pH가 산성영역에서 알칼리 영역으로 증가할수록 정광의 품위와 회수율은 점차 증가함을 알 수 있다. 예를 들어, 산성 영역인 pH 4에서 품위와 회수율이 46%와 84%로 낮으나, pH 6에서 품위와 회수율이 51%와 90.5% 이상으로 증가하고, 알칼리 영역인 pH 10에서 회수율이 94%로 증가하는 것을 확인할 수 있다(품위는 55.5%).

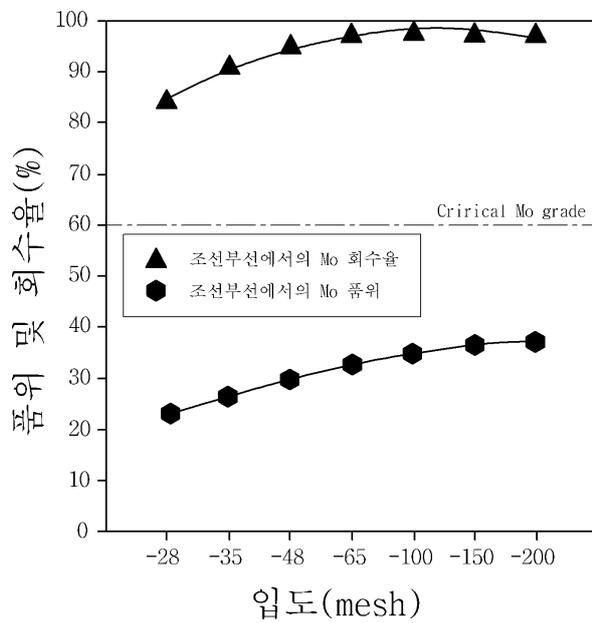
[0065] 이상, 본 발명의 실시예들에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할 것이다.

도면

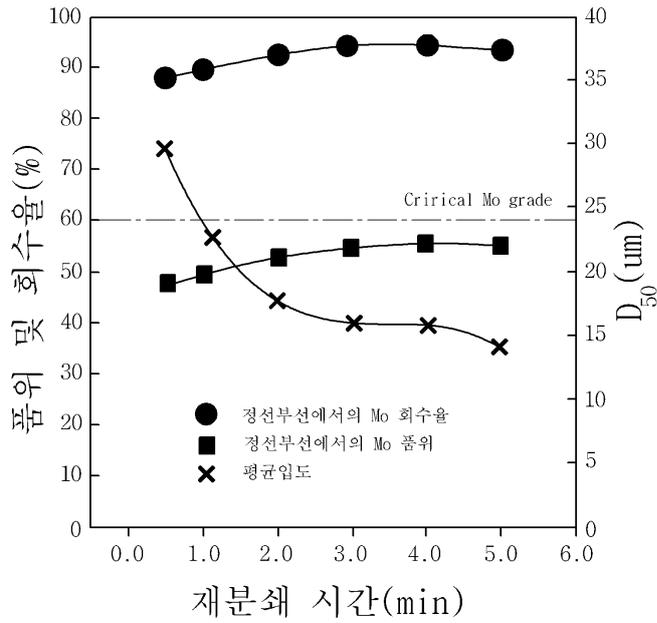
도면1



도면2

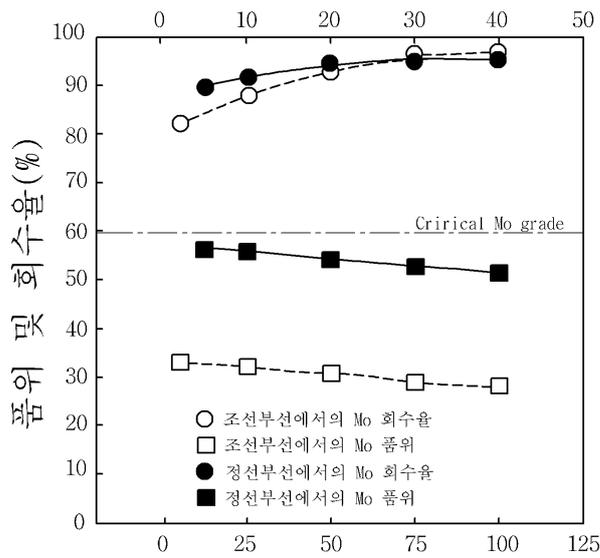


도면3



도면4

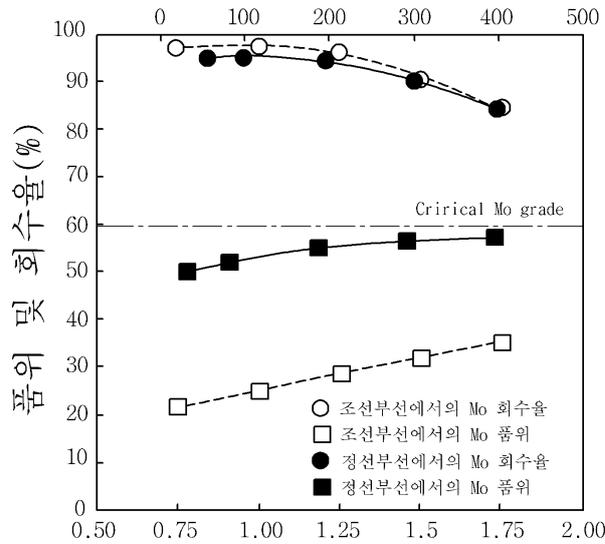
정선부선에서의 포수제 첨가량(kerosene, g/t)



조선부선에서의 포수제 첨가량(kerosene, g/t)

도면5

정선부선에서의 억제제 첨가량($\text{Na}_2\text{SiO}_3, \text{g/t}$)



조선부선에서의 억제제 첨가량($\text{Na}_2\text{SiO}_3, \text{g/t}$)

도면6

정선부선에서의 pH

