



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년10월07일
 (11) 등록번호 10-1071403
 (24) 등록일자 2011년09월30일

(51) Int. Cl.
B03B 5/28 (2006.01) *B03B 7/00* (2006.01)
B03D 1/14 (2006.01) *B03D 101/04* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-0112409
 (22) 출원일자 2009년11월20일
 심사청구일자 2009년11월20일
 (65) 공개번호 10-2011-0055826
 (43) 공개일자 2011년05월26일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020050100801 A*
 KR1020050051887 A
 KR100857725 B1
 KR1020020070281 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국지질자원연구원
 대전 유성구 가정동 30번지
 (72) 발명자
 김형석
 대전 유성구 어은동 한빛아파트 113동 1506호
 정수복
 대전 유성구 노은동 475 노은카운티스 102동 202호
 교상모
 대전광역시 서구 월평2동 무지개아파트 101동 401호
 (74) 대리인
 최병길

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 장기완

(54) 부유선별에 의한 금은 광물 선별 방법

(57) 요약

본 발명은 부유선별에 의한 금은 광물 선별 방법에 관한 것으로서, 이는 원광에서 금은이 수반된 광물로부터 고품위의 금은을 선별 및 회수하기 위한 것이다. 이를 위해 본 발명은, 원광을 준비하는 원광 준비단계(S100)와; 원광에서 미립자를 제거하는 미립자 제거단계(S200)와; 미립자 제거된 원광에서 금은 정광을 부유선별하는 부유선별단계(S300);로 이루어지며, 여기서 미립자 제거단계(S200)는 원광을 파쇄 및 마광하는 단계와 마광된 원광에서 미립자를 분리하는 단계를 포함하고, 부유선별단계(S300)는 금은 광물을 소수성화 및 교반한 다음으로 기포에 부착시켜 정광을 선별하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하여, 고품위의 금은 선별 및 회수를 가능하게 한다.

대표도 - 도6c



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2009-003

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 기본사업

연구과제명 해남 천연수광화대 및 열수변질대 전주기 기술개발

기여율

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2009년 01월 01일 ~ 2011년 12월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

원광을 준비하는 원광준비단계(S100)와;

원광에서 미립자를 제거하는 미립자제거단계(S200)와;

미립자 제거된 원광에서 금은 정광을 부유선별하는 부유선별단계(S300);로 이루어지되,

상기 미립자제거단계(S200)는 원광을 파쇄하는 파쇄단계(S210)와, 파쇄된 원광을 65메쉬 크기 이하로 마광하는 마광단계(S220)와, 마광된 원광 중에서 325메쉬 크기 이하의 미립자를 침전조 내에서 침강속도 차이로 분리하거나 습식 사이클론으로 분리하는 분리단계(S230)로 이루어지고,

상기 부유선별단계(S300)는 미립자 제거된 원광에 포수제를 첨가하여 금은 광물 표면을 소수성화시키는 제1 소수성화단계(S310)와, 소수성화된 원광을 교반하는 제1 교반단계(S320)와, 교반된 원광에 기포제를 첨가하여 기포에 금은 광물 입자가 부착되어 부유되도록 한 다음으로 회수하는 제1 정광선별단계(S330)와, 선별된 금은 정광에 포수제를 첨가하는 제2 소수성화단계(S340)와, 소수성화된 금은 정광을 교반하는 제2 교반단계(S350)와, 교반된 금은 정광에 기포제를 첨가하여 기포에 금은 광물 입자가 부착되어 부유되도록 한 다음으로 회수하는 제2 정광선별단계(S360)로 이루어지고,

상기 제1 또는 제2 소수성화단계(S310, S340)에서는 미립자 제거된 원광 또는 선별된 금은 정광을 수소이온 농도가 5~10으로 조절된 조건조 내 액체에 투입한 다음으로 포수제를 첨가하며,

상기 기포제는 송유(pine oil), 크레졸산(cresol acid) 및 폴리프로필렌 글리콜(polypropylene glycol) 중 어느 하나이고, 상기 포수제는 Mercaptobenzothiazole 및 Dialkyldithiophosphates의 혼합물인 것을 특징으로 하는 부유선별에 의한 금은 광물 선별방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제2 정광선별단계(S360) 다음으로는 회수된 금은 정광을 건조하는 건조단계(S370)와, 건조된 금은을 포장하는 포장단계(S380)가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 부유선별에 의한 금은 광물 선별방법.

청구항 8

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 금은 광물 선별 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 금은이 함유된 원광에서 고품위 금은 정광을 회수하여 귀금속의 원료로 사용할 수 있도록 하는 부유선별에 의한 금은 광물 선별 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 금·은광으로 취급하는 것은 금 품위가 4g/ton 이상을 대상으로 하고 그 이하의 품위를 갖는 광석은 경제적으로 가행하기 곤란하다. 그러나 구리 광석, 납·아연 광산에서 채굴한 광석 중에 함유된 금·은 성분은 구리, 아연, 납의 제련과정에서 부산물로 회수되기 때문에 이들 광석은 금·은 광석으로 취급하지 않는다.

[0003] 비교적 금과 은이 많이 함유된 광물로는 표 1과 표 2에 기재된 것들이 있으며, 금·은 광석은 모암, 맥석, 수반 광물의 종류에 따라 각각 광물의 종류가 변화되지만, 크게 규산 광물과 황화 광물로 구분된다.

[0004] 금·은이 가장 많이 함유된 것은 규산질 광석으로 이들 광석에는 ① 석영이 주성분이고 기타 맥석 광물 및 황화 광물을 거의 함유하지 않은 것, ② 비소를 비교적 많이 함유한 것, ③ 안티몬에 부화된 것, ④ 구리 광물에 부화된 것, ⑤ 석영 이외에 방해석 및 녹니석 등의 맥석 중에 수반하는 것, ⑥ 빙장석, 명반석, 알루미늄에 부화된 점토 광물 등을 비교적 다량 수반하는 것, ⑦ 망간을 많이 수반하는 것 등이 있다.

[0005] 황화 광물에 부화된 금·은 광석으로는 ① 자류철광에 부화된 것, ② 황동광, 큐바광, 사면동광, 유비동광 등에 수반된 것, ③ 방연광 및 섬아연광에 함유된 것, ④ 휘안광에 수반된 자연 금 등이 있다.

[0006] 표-1. 주요 함유 광물의 종류

| 광물명 | 화학식 | Au(%) | 비중 | 경도 | 형상 | 결정계 | 색 |
|-------------|---|-------|-----------|-------|----------|-----|-----------|
| native gold | Au | 40~99 | 15.6~19.3 | 2.5~3 | 판, 모, 수지 | 등축 | 황금 |
| calaverite | AuTe ₂ | 39.5 | 9.24 | 2.5~3 | 괴 | 단사 | 황동 |
| sylvanite | (Au,Ag)Te ₂ | 24.5 | 7.9~8.3 | 1.5~2 | 판, 괴 | 단사 | 회, 은백, 담황 |
| krennerite | AuTe ₂ | 39.5 | 8.62 | 2~3 | 주 | 사방 | 은백, 담황 |
| petzite | Ag ₃ AuTe ₂ | 25.4 | 8.7~9.0 | 2.5~3 | 괴 | 등축 | 암회 |
| nagyagite | Pb ₅ Au(Te,Sb) ₄ S ₅ | 6~13 | 7.41 | 1~1.5 | 판 | 단사 | 암회 |

[0008] 표-2 주요 함유 광물의 종류

| 광물명 | 화학식 | Au(%) | 비중 | 경도 | 형상 | 결정계 | 색 |
|------------------------|--|--------|-------|-------|------------|-----|----|
| 자연금 (native silver) | Ag | 72~100 | 10~12 | 2.5~3 | 수지, 침상, 입상 | 등축 | 은백 |
| hessite | Ag ₂ Te | 31.4 | 8.3 | 2~3 | - | 등축 | 백 |
| petzite | Ag ₃ AuTe ₂ | 41.8 | ± 9 | 2.5~3 | - | 등축 | 흑 |
| 휘은광 (argentite) | Ag ₂ S | 87.1 | 7~7.4 | 2~2.5 | - | 등축 | 암회 |
| 안은광 (dyscrasite) | Ag ₃ Sb | 72~75 | 9.74 | 3.5~4 | 괴상 | 사방 | 은백 |
| 휘안동은광 (polybasite) | (Ag, Cu) ₁₆ Sb ₂ S ₁₁ | 64~72 | ±6 | 2~3 | - | 단사 | 철흑 |

| | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|------|--------|-------|----|----|----------|
| 금은광 (stephanite) | Ag ₅ SbS ₄ | 68.4 | ± 6.25 | 2~2.5 | 괴상 | 사방 | 회, 암회 |
| 농홍은광 (pyrargyrite) | Ag ₃ SbS ₃ | 60.0 | 5.85 | 2.5 | 소괴 | 육방 | 암회, 대적 |
| 담홍은광 (prousite) | Ag ₃ AsS ₃ | 65.4 | 5.57 | 2~2.5 | 소괴 | 육방 | 암회, 대적 |
| 휘은동광 (stromeyerite) | AgCuS | 53.1 | 6.3 | 2.5~3 | 괴상 | 사방 | 강회 |
| 각은광 (cerargyrite) | AgCl | 75.2 | 5.56 | 2.5 | - | 등축 | 진주회, 담록회 |
| 취화은광 (bromyrite) | AgBr | 57.4 | ± 6 | 2.5 | - | 등축 | 황, 녹 |
| 요화은광 (iodyrite) | AgI | 45.9 | 5.69 | 1.5 | - | 육방 | 황, 황녹 |

[0010] 이상과 같이 광상학적 분류에 대하여 금광석을 선광학적으로 분류하면 다음과 같다.

- [0011] 1) 선광을 거의 필요로 하지 않는 단순 광 및 사금
- [0012] 2) 단순한 황화 광(일반적으로 황철광에 수반된 금광)
- [0013] 3) 복잡 광(금의 추출 시에 실제로 유해한 광물을 제거할 필요가 있는 금광)
- [0014] 4) 소량의 금·은을 함유한 비금속광(금·은을 부산물로 회수하는 광석)

[0015] 선광을 거의 필요로 하지 않는 단순 광 및 사금은 청화법 또는 혼홍법 그리로 이들 두 가지 방법을 조합시켜 처리하고 있다. 이들의 제련 실수율은 95% 이상으로 매우 높다. 혼홍법에서는 마광한 광석을 수은으로 피복한 동 판위로 통과시키면, 수은은 금과 아말감을 만들어 동판 표면에 부착된다. 이것을 불로 휘발하면 금을 회수할 수 있다.

[0016] 청화법의 경우는 미세하게 마광한 광석을 묽은 청화나트륨(NaCN) 용액으로 침출시키면 금이 용해하기 때문에 이 용액을 아연 dust로 침전시킨 후, 침전물을 건식으로 제련하여 금을 회수한다. 이상의 방법은 가장 단순한 기본적인 처리법으로 실제로는 광석별로 다양한 방법들이 적용하여 금을 회수하고 있다.

[0017] 황화광물에 수반된 금광 또는 Te 광의 경우에는 이들 광물을 배소한 후 청화법·혼홍법에 공급하든가 또는 비중선별이나 부유선별법으로 금 정광을 회수한 후 습식제련 공정에 공급한다. 석영의 함유량이 상당히 높은 규산광의 경우에는 규산질 용제를 필요로 하는 제련소에 직접 보낼 수도 있다.

[0018] 소량의 금·은 광물을 함유한 비금속광(Pb, Cu, Zn)의 경우는 비금속을 선광하는 공정에서 비금속 정광 중에 금은을 농축시킨 후 제련소에서 부산물로 회수한다.

[0019] 따라서 금·은의 선광방법을 다음과 같이 분류할 수 있다.

[0020] ① 혼홍법 단독

[0021] 전술한 것과 같은 단순 광의 경우이다.

[0022] ② 비중선별 + 혼홍법

[0023] 사금과 같이 비교적 금의 양이 적은 경우, 또는 금 입자가 조립이지만 혼홍법에 무해한 황화물과 함께 공존하고 있을 때 효과적이다. 비중선광으로는 지그 및 테이블 등이 이용되고 있다.

[0024] ③ 혼홍법 ± 비중선별 + 청화법

[0025] 금 입자의 넓은 입도 분포하고 있을 때 효과적인 방법으로 즉, 혼홍법에서는 미세한 금 입자가, 청화법에서는 조립질의 입자가 혼재하는 경우가 있다.

- [0026] **④ 청화법**
- [0027] 황화물을 함유량이 비교적 적고, 금이 미세하게 분포하게 분포하고 있는 광석의 경우에 적용하고 있다.
- [0028] **⑤ 청화법 + 기계선광 + 정광의 청화처리**
- [0029] 비교적 소량의 황철광을 함유하고, 금이 매우 미세하고 깨끗한 광석의 경우에 채 선택한다. 이러한 경우에는 보통 청화용액 중에서 마광하고, 모래와 슬라임을 분리한다. 모래로부터 황철광을 부유시키고, 정광을 재마광하여 금을 노출시켜 청화처리를 시행한다. 물론 슬라임도 청화법으로 처리한다.
- [0030] **⑥ 부선(± 비중선별 및 혼홍법)+ 정광의 청화처리**
- [0031] 비교적 황철광의 함유량이 많고, 비금속(Pb, Zn, Cu)의 함유량이 적고, 이외에도 금의 대부분이 황화광과 결합하고 있는 경우에 효과적이다.
- [0032] **⑦ 부선 + 광미의 청화처리**
- [0033] 금의 대부분이 비황화광물중에 함유되어 있고, 황화광물에는 금이 거의 없고, 또는 청화법으로 유해한 성분이 함유되어 있는 경우에 이용되고 있다.
- [0034] **⑧ 부선± 비중선별 및, 또는 혼홍법**
- [0035] 금이 황화광에 수반하고, 이외에도 제련에 의하지 않으면 금을 경제적으로 또는 기술적으로 회수할 수 없는 경우에 이러한 방법을 채택한다.
- [0036]
- [0037] 금의 부선은 일반적으로 고품위의 정광보다도 높은 실수율을 목적으로 수행되고 있다. 포수제로는 xanthate와 Aerofloat를 기포제로는 송유(pine oil)과 cresol acid, 활성제로는 황산구리($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 분산제로는 리그린술폰산염이 이용되고 있다.
- [0038] 금의 부선에 있어서 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.
- [0039] a) 0.25mm 이하의 깨끗한 금 입자는 황철광을 함유한 규산질 맥석으로부터 부유시키는 것이 가능하다. 0.4mm보다 입자가 굵으면 부선이 곤란하다.
- [0040] b) 금은 일반적인 황화광물과 비교하여 부선하기 쉽지 않고, 부선속도도 크지 않다.
- [0041] c) 황산구리를 첨가로 실수율이 증대되지 않지만, -0.25mm 광의 부선속도를 향상시키는 역할을 한다.
- [0042] d) 석회는 금의 억제제로 작용하고, Na_2CO_3 도 과잉으로 첨가하면 억제작용을 보인다.
- [0043] e) Na_2S 는 금의 부선속도를 저하시킨다.
- [0044] f) 점토질 슬라임은 부선에 유해하다(탈 슬라임을 한 후 부선하며, 슬라임은 청화법으로 처리한다)
- [0045] g) Fe(II)과 Mn(II)를 함유한 슬라임은 시약의 소비를 증가시키기 때문에 실수율을 작게 하는 원인이 된다.
- [0046] h) 전분은 슬라임의 가장 효과적인 억제제로 작용한다. 그러나 과잉으로 첨가하면 금도 억제시킨다. 탄소질 슬라임을 억제시키는 데는 리그린술폰산 염이 적당하다.
- [0047] 상기와 같은 여러 방식 및 첨가물을 활용하여 금을 선별하고 있으나, 여전히 고순도의 금을 선별하기 위해서는 다양한 연구가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0048] 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 품위가 높은 금은 정광을 선별 및 회수할 수 있는 부유선별에 의한 금은 광물 선별 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

[0049] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 원광을 준비하는 원광 준비단계와; 원광에서 미립자를 제거하는 미립자 제거단계와; 미립자 제거된 원광에서 금은 정광을 부유선별하는 부유선별단계;로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0050] 여기서 상기 미립자제거단계는 원광을 과쇄하는 과쇄단계와; 과쇄된 원광을 65메쉬(mesh) 크기 이하로 마광하는 마광단계와; 마광된 원광 중에서 325메쉬 크기 이하의 미립자를 침전조 내에서 침강속도 차이로 분리하는 분리단계;로 이루어지며, 상기 부유선별단계는 미립자 제거된 원광에 포수제를 첨가하여 금은 광물 표면을 소수성화시키는 제 1 소수성화단계와; 소수성화된 원광을 교반하는 제 1 교반단계와; 교반된 원광에 기포제를 첨가하여 기포에 금은 광물 입자가 부착되어 부유되도록 한 다음으로 회수하는 제1 정광 선별단계;로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0051] 추가적으로 상기 부유선별단계는 상기 제1 정광선별단계 다음으로 선별된 금은 정광에 포수제를 첨가하는 제 2 소수성화단계와; 소수성화된 금은 정광을 교반하는 제 2 교반단계와; 교반된 금은 정광에 기포제를 첨가하여 기포에 금은 광물 입자가 부착되어 부유되도록 한 다음으로 회수하는 제2 정광선별단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0052] 한편으로 상기 제 1 또는 제 2 소수성화단계에서는 미립자 제거된 원광 또는 선별된 금은 정광을 수소이온 농도가 5~10으로 조절된 조건조 내 액체에 투입한 다음으로 포수제를 첨가하며, 상기 기포제는 송유(pine oil), 크레졸산(cresol acid) 및 폴리프로필렌 글리콜(polypropylene glycol) 중 어느 하나이고, 상기 포수제는 Mercaptobenzothiazole 및 Dialkyldithiophosphates의 혼합물인 것을 특징으로 한다.

[0053] 추가로 상기 제 2 정광선별단계 다음으로는 회수된 금은 정광을 건조하는 건조단계와, 건조된 금은을 포장하는 포장단계가 더 포함되는 한편, 상기 원광은 천열수 광상 또는 합금 석영 맥 광상에서 얻어지는 것을 특징으로 한다.

효과

[0054] 상술된 바와 같이, 본 발명에 따른 부유선별에 의한 금은 광물 선별 방법에 의하면, 국내 천열수 광상 또는 합금 석영 맥 광상에서 산출되며 금은 성분을 함유하는 광물을 귀금속 회수를 위한 원료로 사용하여 고품위 금은 정광의 생산을 가능하게 함으로써 향후 금은 원료의 안정적 수급을 도모할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0055] 이하, 도면을 참조로 하여 본 발명에 따른 부유선별에 의한 금은 광물 선별 방법을 설명하기로 한다.

[0056] 본 발명에 따른 부유선별에 의한 금은 광물 선별 방법은 기본적으로 원광을 준비하는 원광 준비단계(S100)와, 원광에서 미립자를 제거하는 미립자 제거단계(S200)와, 미립자 제거된 원광에서 금은 정광을 부유선별하는 부유선별단계(S300)로 이루어지는데, 여기서 미립자 제거단계(S200)는 원광을 과쇄하는 과쇄단계(S210)와, 과쇄된 원광을 65메쉬 크기 이하로 마광하는 마광단계(S220)와, 마광된 원광 중에서 325메쉬 크기 이하의 미립자를 침전조 내에서 침강속도 차이로 분리하는 분리단계(S230)로 이루어지며, 부유선별단계(S300)는 미립자 제거된 원광에 포수제를 첨가하여 금은 광물 표면을 소수성화시키는 제1 소수성화단계(S310)와, 소수성화된 원광을 교반하는 제1 교반단계(S320)와, 교반된 원광에 기포제를 첨가하여 기포에 금은 광물 입자가 부착되어 부유되도록 한 다음으로 회수하는 제1 정광선별단계(S330)로 이루어진다.

[0057] 추가적으로 상기 부유선별단계(S300)는 제1 정광선별단계(S330) 다음으로 선별된 금은 정광에 포수제를

첨가하는 제2 소수성화단계(S340)와, 소수성화된 금은 정광을 교반하는 제2 교반단계(S350)와, 교반된 금은 정광에 기포제를 첨가하여 기포에 금은 광물 입자가 부착되어 부유되도록 한 다음으로 회수하는 제2 정광선별단계(S360)를 포함할 수 있으며, 제2 정광선별단계(S360) 다음으로는 회수된 금은 정광을 건조하는 건조단계(S370)와, 건조된 금은을 포장하는 포장단계(S380)가 더 포함될 수 있다.

[0058] 이하의 실시예1 내지 실시예 3에서 사용된 원광은 국내 천열수 광상 또는 함금 석영 맥 광상에서 얻어지는 것을 사용하였다.

[0059] < 실시 예 1 >

[0060] 도 1은 각 입단별 구성 광물을 XRD 분석한 결과이다. XRD로 확인되는 광물은 소량의 황철석과 대부분은 맥석광물인 quartz로 구성되어 있었다. 금은 성분이 ppm 단위로 함유되어 있기 때문에 금은 수반광물을 XRD로 확인하기 곤란하였다.

[0061] 따라서 금은 광석을 박편으로 만든 후 반사현미경과 EPMA로 금은의 존재상태를 확인 결과를 도 2a와 도 2b에 나타내었다.

[0062] 반사현미경으로 확인되는 바와 같이 금은은 엘렉트럼, Au-Ag 텔레늄, Ag-텔레늄으로 산출되고 또한 황철석(FeS₂), 방연석(PbS) 및 텔레늄 광물에 수반되어 산출되기 때문에 금은의 회수율을 높이기 위해서는 금은이 수반된 이들 광물을 모두 비중선별 및 부유선별로 선택적으로 회수해야 함을 알 수 있다.

[0063] 표 3은 금은 광석을 조크러셔(Jaw crusher)→콘크러셔(Cone crusher)→볼밀(ball mill) 등으로 과분쇄한 물질을 체질에 의해 입도별로 분립하였을 때의 각 입단별 산물의 양과 금은의 함유량을 나타낸 것이다.

[0064] 65 메쉬(mesh)를 기준으로 그 상의 입단에서는 입도가 커질수록 금과 은의 품위가 높아지는 경향을 보였다. 65메쉬 이하의 입단에서는 입자가 작아짐에 따라 금과 은의 함유량이 낮아지는 경향을 보였다. 한편 325 메쉬이하의 입단을 차지하는 양이 약 44% 정도이고, 금과 은의 품위가 각각 6.0g/ton 및 34g/ton으로 경제적인 가치를 갖고 있는 양이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 부유선별을 통해 금은 광물을 선별할 때 미립자 예컨대, 325메쉬(mesh) 이하의 미립자들 중 일부가, 금은 정광이 부유할 때 기계적인 탑승현상으로 정광에 혼입되어 금은 정광의 품위를 저하시킴과 더불어 미립자 함량이 높아지면 원광의 비표면적이 커짐에 따라 각종 시약의 사용량을 증가시키는 원인으로 작용한다. 따라서 이러한 미립자를 부유선별 이전에 침강속도의 차이를 이용하여 제거하는 것이 바람직하다.

[0065] < 실시 예 2>

[0066] 선광공정에서 현실적 및 경제적으로 체질하기 힘든 325메쉬 입자를 습식 사이클론(cyclone)에 의해서 분급이 가능한지를 알아보았다. 다만 습식 분급기인 종래의 사이클로사이저(cyclosizer)로 분급하였을 때 분급 사이클론에서 포집된 산물의 입자크기 및 금은 함유량을 각각 표 4와 5에 나타내었다.

[0067] 습식 사이클론에 의해 325메쉬 입자들간에 입도별로 분급이 가능함을 확인할 수 있었으며, 사이클론에서 오버플로우(overflow)되는 입자의 양은 325메쉬 입자의 약 61.5% 정도를 차지하고 이들 입단에 함유된 금과 은의 함유량이 각각 0.7g/ton 및 9g/ton으로 매우 낮은 것으로 분석되어 만약 이들을 습식 사이클론에 의해 약 11 μ m의 입자를 제거하면, 전체 부유선별 대상물을 약 27.3% 정도 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

[0068] 표-3. 입도별 산물의 백분율 및 금은 함유량

[0069]

| 입도 (mesh) | 백분율 (wt.%) | Au (mg/kg) | Ag (mg/kg) |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| +8 | 2.0 | 27.3 | 104 |
| -8/+18 | 25.0 | 13.0 | 52 |
| -18/+40 | 4.5 | 11.0 | 43 |
| -40/+70 | 2.3 | 7.3 | 39 |
| -70/+100 | 1.7 | 5.7 | 36 |
| -100/+140 | 2.7 | 5.0 | 43 |
| -140/+200 | 6.4 | 4.3 | 39 |

| | | | |
|-----------|------|-----|------|
| -200/+270 | 7.8 | 4.3 | 37 |
| -270/+325 | 3.3 | 4.0 | 32 |
| -325 | 44.1 | 6.0 | 34 |
| 평균 | 100 | 8.1 | 41.1 |

[0070] 표-4. 사이클로사이저에 의한 325mesh이하의 파분쇄 산물의 입도 분포

| 사이클론 | 분포율(%) | Particle size(μm) | | |
|----------|--------|-------------------|--------|--------|
| | | d(0.1) | d(0.5) | d(0.9) |
| 1단 | 0.87 | 29.34 | 46.53 | 72.30 |
| 2단 | 1.93 | 26.26 | 39.22 | 58.56 |
| 3단 | 9.45 | 22.52 | 33.59 | 49.88 |
| 4단 | 14.76 | 15.58 | 24.17 | 37.27 |
| 5단 | 11.50 | 10.96 | 17.66 | 28.34 |
| overflow | 61.50 | 1.30 | 4.73 | 11.14 |

[0071]

[0072] 표-5. 사이클로사이저에 의한 325mesh이하의 파분쇄 산물에 함유된 금은의 품위 및 분포율

[0073]

| 사이클로사이저 | Au(mg/kg) | Ag(mg/kg) |
|----------|-----------|-----------|
| 1단 | 162.5 | 1,225 |
| 2단 | 20.3 | 191 |
| 3단 | 10.0 | 103 |
| 4단 | 7.0 | 73 |
| 5단 | 6.0 | 63 |
| overflow | 0.7 | 9 |

[0074] < 실시 예 3 >

[0075] 본 발명에 따른 부유선별에 의한 금은 광물의 선별방법은, 금은 광물 입자 표면을 소수성으로 변화시키는 포수제를 첨가하여 금은 광물 입자를 소수성으로 변화시킨 후 금은 광물 입자만을 수면 위로 부상시키기 위하여 기포발생이 가능한 기포제를 첨가하여 기포를 발생시킨다. 기포가 발생하면 소수성으로 변한 금은 광물 입자만을 기포에 부착, 수면 위로 부유시켜 정광으로 회수하고, 친수성광물인 불순물은 광액에 남게 함으로써 금은 정광과 맥석광물을 서로 분리하는 것이다.

[0076] 상기 미립자 제거단계(S200)는, 도 6b에서 보이는 바와 같이, 부유선별을 통해 금은 광물을 선별할 때 미립자 예컨대, 325메쉬 이하의 미립자들 중 일부가, 금은 정광이 부유할 때 기계적인 탑승현상(슬라임 코팅 효과)으로 정광에 혼입되어 금은 정광의 품위를 저하시킴과 더불어 미립자 함량이 높아지면 원광의 비표면적이 커짐에 따라 각종 부선 시약의 사용량을 증가시키는 원인으로 작용한다. 따라서 이러한 미립자를 부유선별 이전에 목적광물과 맥석광물의 비중 차이에 따른 침강속도의 차이를 이용하여 제거하는 것으로, 원광 파쇄단계(S210), 마광단계(S220) 및 분리단계(S230)로 이루어질 수 있다.

[0077] 원광 파쇄단계(S210)에서는 저장조에 저장된 원광을 벨트컨베이어 등의 이송수단을 통해 공급받아 파쇄기에 의해 마광에 적합한 크기인 50mm 크기 이하로 파쇄하며, 마광단계(S220)에서는 파쇄단계(S210)에서 파쇄된 원광을 벨트 컨베이어 등의 이송수단을 통해 공급받아 단체분리가 가능한 입도(예컨대, 65메쉬 이하)로 마광하

고, 이 때 마광된 65메쉬 이하의 원광에는 약 325메쉬 이하의 미립자들이 대략 44 wt.% 전후로 함유되며, 미립자들은 분리단계(S230)를 통해 분리된다.

[0078] 미립자 분리단계(S230)에서는 마광단계(S220)를 거쳐 마광된 원광을 침전조에 투입하여 입자의 침강속도의 차이를 이용하여 미립자(325메쉬 이하의 입자 중에서 약 15 μ m 이하의 입자)를 분리하거나 적극적으로는 습식 싸이클론을 이용하여 분리한다. 즉, 미립자 분리단계(S230)를 거쳐 부유선별의 효율 향상을 위한 65/325메쉬의 입자만을 대상으로 하여 금은 정광을 선별하는 것이다.

[0079] 미립자 제거단계(S200)를 거쳐 미립자가 제거된 원광을 대상으로 금은 정광을 선별하는 부유선별단계(S300)에서는 부유선별을 위하여 미립자가 제거된 금은 원광에 포수제를 첨가하여 소수성을 부여하게 되는데, 예를 들어 조건조 내의 물과 같은 원액에 산으로 염산(또는 황산), 알칼리성 물질로 수산화나트륨(또는 탄산나트륨, 생석회, 소석회)을 투입하여 수소이온 농도를 5~10, 바람직하게는 8 정도로 조절하고, 포수제를 첨가하여 금은 광물 표면을 소수성화시키는 제1 소수성화단계(S310), 소수성화시키기 위하여 금은 광물 표면에 포수제가 충분히 흡착 가능토록 포수제 첨가 후 8~12분 바람직하게 10분 동안 교반하는 제1 교반단계(S320), 제1 교반단계(S320)를 거친 후 기포제를 첨가하여 기포를 발생시킴으로써 기포에 금은 광물 입자가 부착되도록 하여 금은 정광을 회수하는 제1 정광선별단계(S330)로 이루어진다. 기포제로는 송유(pine oil), 크레졸산(cresol acid) 및 폴리프로필렌 글리콜(polypropylene glycol) 중 어느 하나가 사용되는 것이 바람직하고, 포수제로는 Mercaptobenzothiazole 및 Dialkyldithiophosphates의 혼합물이 사용되는 것이 바람직하다.

[0080] 상기 제1 정광선별단계(S330)에서는 소수성화된 금은 정광이 기포제와 함께 수면위로 부유되고, 친수성 광물인 석영, 장석 등은 조건조 내에 남게 됨으로써 금은 정광을 선별 및 회수할 수 있게 된다.

[0081] 한편으로 상기 제1 정광선별단계(S330)를 거쳐 회수된 금은 정광은 석영, 장석 등의 불순물이 제거되어 그 품위가 원광보다 높아지는데, 석영, 장석 등의 불순광물의 일부가 기계적 탑승현상(슬라임 코팅 현상) 등에 의하여 금은 정광과 함께 부유될 수 있기 때문에, 이러한 불순물을 추가적으로 제거하여 금은 정광의 금은 품위를 높이기 위해, 제2 소수성화 단계(S340), 제2 교반단계(S350) 및 제2 정광선별단계(S360)와 같은 부유선별과정을 다시 거쳐 보다 고품위의 금은 정광을 선별할 수 있으며, 이러한 부유선별과정을 여러번 더 실시할 수도 있을 것이다.

[0082] 이어서 제1 또는 제2 정광선별단계(S330, S360)를 통해 회수된 금은 정광은 건조단계(S370) 및 포장단계(S380)를 거쳐 금은 귀금속으로 가공가능한 상태가 된다.

[0083] 이하 본 발명에 따른 금은 선별방법에 의해 선별된 금은 정광의 특성을 비교 설명한다.

[0084] 하기의 표 6은 기존에 사용되고 있는 Xanthater계 포수제와 Mercaptobenzothiazole 및 Dialkyldithiophosphates의 혼합물로 구성된 포수제를 사용하여 부유선별한 산물의 실수율 및 품위를 비교하여 나타낸 것이다.

[0085] 표-6. 부유선별 산물의 실수율 및 품위

| 산물명 | 품위(g/ton) | | 생산율(wt.%) | 실수율 (%) | | |
|-------|-----------|------|-----------|---------|------|------|
| | 금 | 은 | | 금 | 은 | |
| 개발 기술 | 원광석 | 6.1 | 51.5 | 100 | - | - |
| | 정광 | 97.5 | 850 | 5.4 | 86.8 | 89.2 |
| | 중광 | ND | ND | 14.8 | - | - |
| | 광미 | 1.0 | 7.0 | 79.8 | - | - |
| 기존 방식 | 정광 | - | - | - | 80.0 | 84.5 |

[0086] [0087] 상기 표 6에서 알 수 있듯이, 원광의 경우 그 품위가 매우 낮으며, 단체분리도가 낮아 품위향상이 비교적 곤란함을 알 수 있으나, 포수제로 Mercaptobenzothiazole 및 Dialkyldithiophosphates의 혼합물을 사용하여

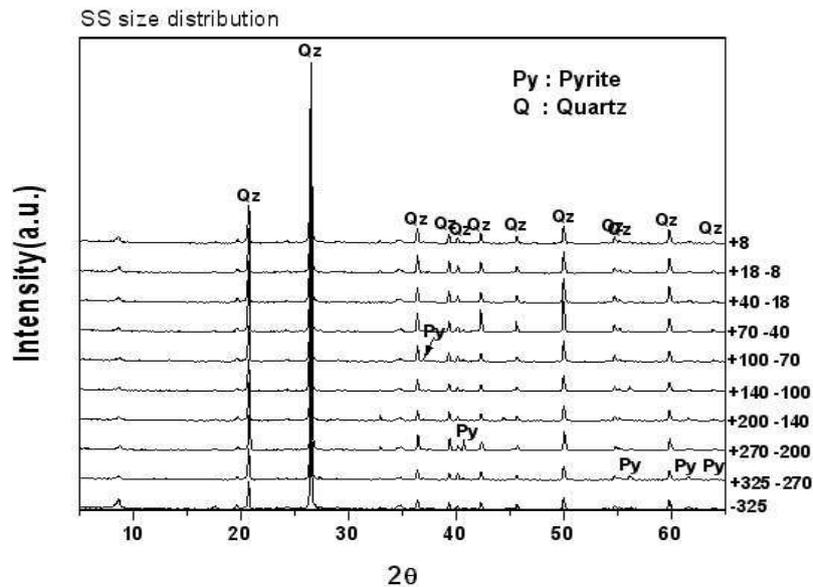
면 원광의 금 품위를 6.1g/ton에서 97.5g/ton까지 높일 수 있고, 원광의 은 품위는 51.5g/ton에서 850g/ton까지 높일 수 있다. 이 때 정광의 생산율은 5.4wt.%이었으며, 금 실수율은 86.8%, 은 실수율은 89.2%로 비교적 선별효율이 우수함을 알 수 있었다. 한편 기존에 통상적으로 사용하고 있는 포수제인 Potassium amyloxanthate(KAX)를 사용하면 금의 실수율은 80.0%, 은 실수율은 84.5%인 것으로 나타나 포수제 Mercaptobenzothiazole 및 Dialkyldithiophosphates의 혼합물을 사용할 때, 금과 은의 실수율이 각각 6.8% 및 4.7% 향상된 결과를 보였다.

도면의 간단한 설명

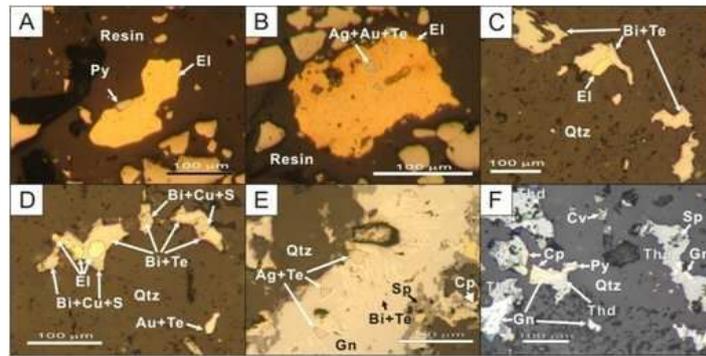
- [0088] 도 1는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 금은 광석의 입도별 XRD 분석결과를 나타낸 그래프도.
- [0089] 도 2a는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 금은 광석의 박편 반사현미경 사진.
- [0090] 도 2b는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 금은 광석의 박편의 EPMA 분석 사진.
- [0091] 도 3은 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 습식 싸이클론싸이저에 의한 분급 산물의 XRD 분석 결과를 나타낸 그래프도.
- [0092] 도 4a는 본 발명의 제 3 실시 예에 따른 포수제 종류별 부유선별에 의해 회수된 정광의 XRD 분석 결과를 나타낸 그래프도.
- [0093] 도 4b는 본 발명의 제 3 실시 예에 따른 포수제 종류별 부유선별에 의한 광미 산물의 XRD 분석 결과를 나타낸 그래프도.
- [0094] 도 5는 본 발명의 제 3 실시 예에 따른 Mercaptobenzothiazole 및 Dialkyldithiophosphates의 혼합물로 구성된 포수제에 의한 부선산물(정광, 중광, 광미)의 XRD 분석 결과를 나타낸 그래프도.
- [0095] 도 6a 내지 도 6c는 본 발명에 따른 부유선별에 의한 금은 광물 선별방법을 나타낸 공정도.

도면

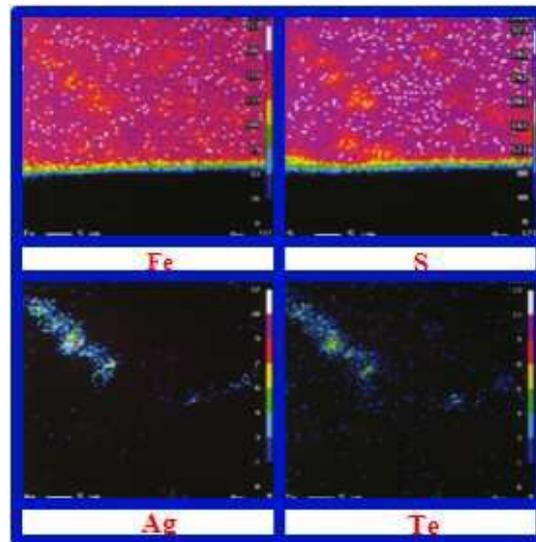
도면1



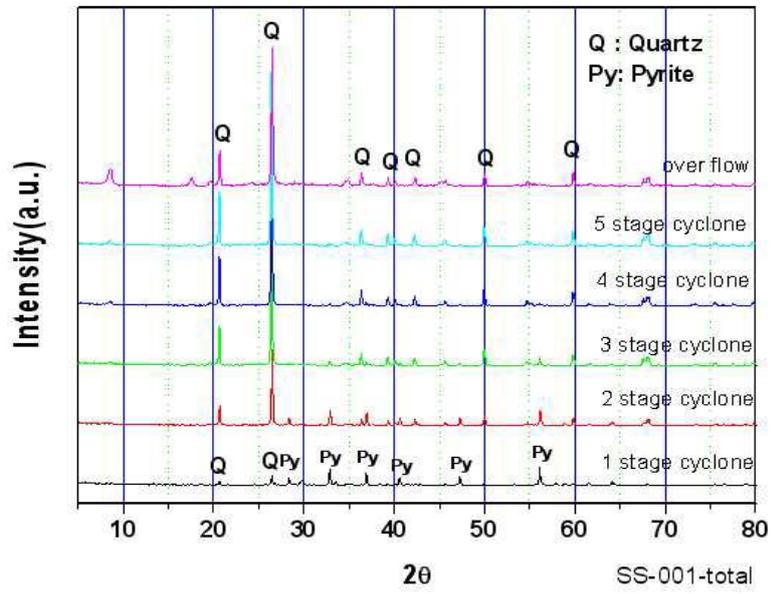
도면2a



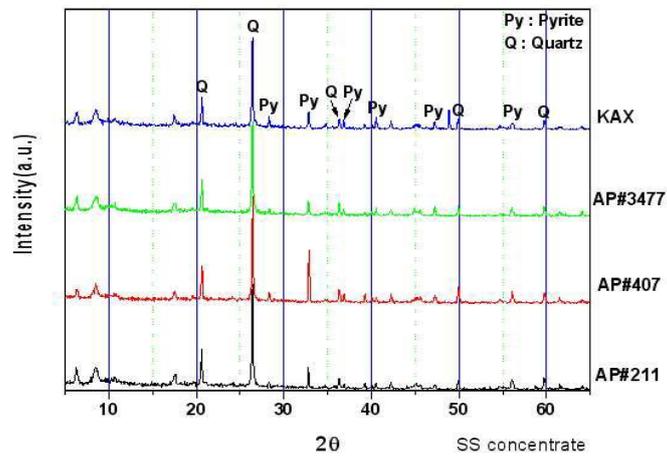
도면2b



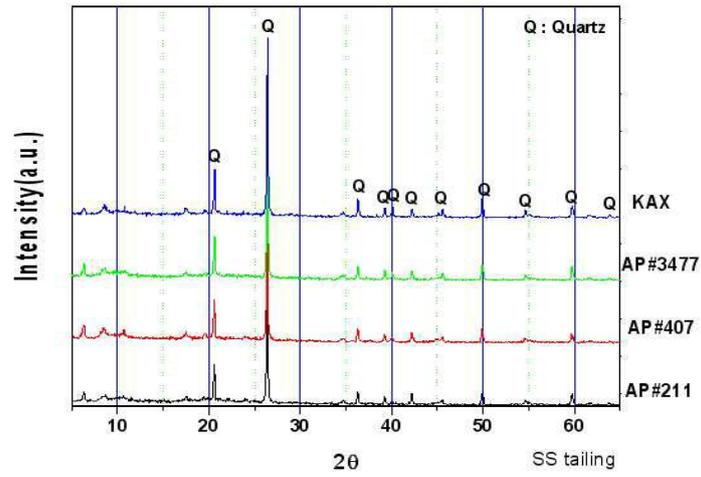
도면3



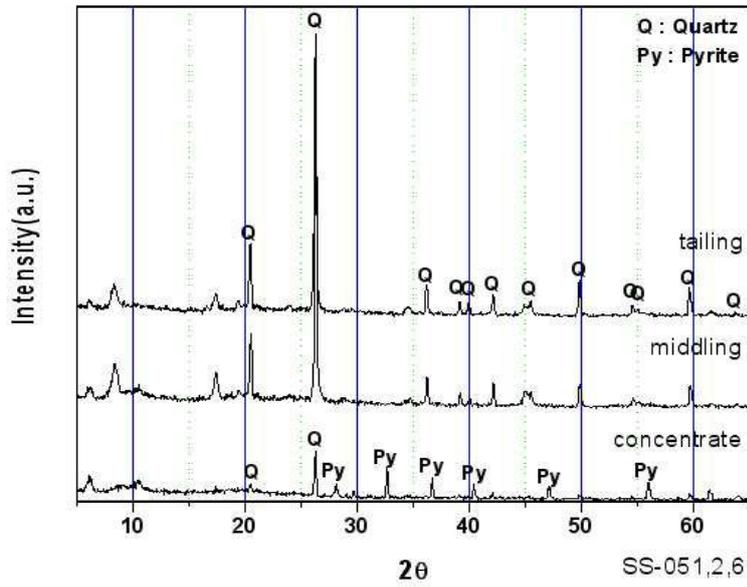
도면4a



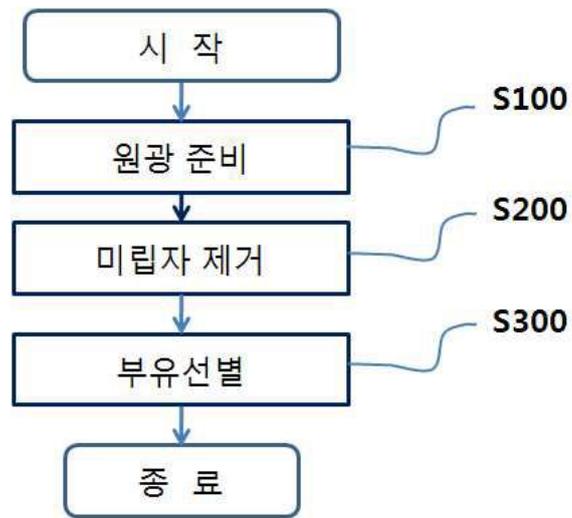
도면4b



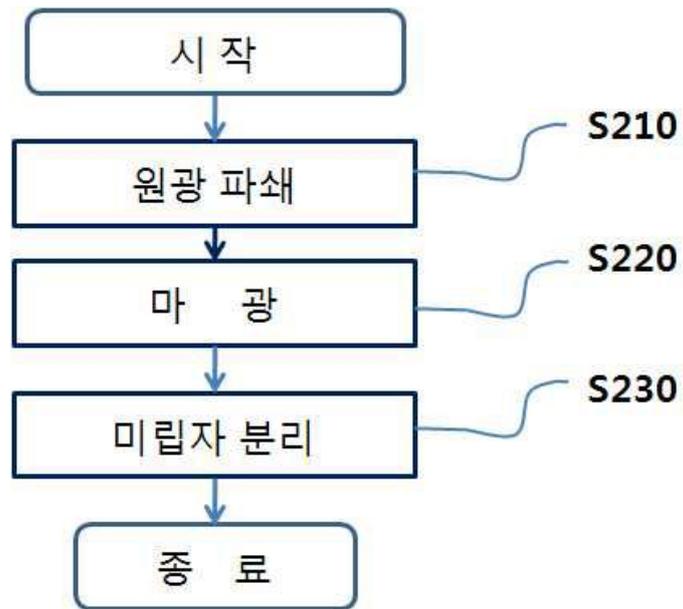
도면5



도면6a



도면6b



도면6c

