

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2015년 5월 28일 (28.05.2015)



(10) 국제공개번호  
WO 2015/076526 A1

- (51) 국제특허분류:  
C22B 3/06 (2006.01) C22B 15/00 (2006.01)  
B07B 1/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2014/010840
- (22) 국제출원일: 2014년 11월 12일 (12.11.2014)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2013-0141072 2013년 11월 20일 (20.11.2013) KR
- (71) 출원인: 한국지질자원연구원 (KOREA INSTITUTE OF GEOSCIENCE AND MINERAL RESOURCES(KIGAM)) [KR/KR]; 305-350 대전시 유성구 과학로 124 (가정동), Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 김형석 (KIM, Hyung Seok); 305-755 대전시 유성구 어은로 57 한빛아파트 110동 1304호, Daejeon (KR). 배인국 (BAE, In-kook); 302-744 대전시 서구 둔산북로 215 가람아파트 7-501, Daejeon (KR). 서주범

(SEO, Ju Beom); 305-755 대전시 유성구 어은로 57 한빛아파트 106동, 306호, Daejeon (KR). 김상배 (KIM, Sang Bae); 305-755 대전시 유성구 어은로 57 한빛아파트, 110동 1205호, Daejeon (KR). 김관호 (KIM, Kwanho); 302-782 대전시 서구 둔산로 201 국화아파트 306동 406호, Daejeon (KR). 박준형 (PARK, Jun-hyeong); 590-754 전라북도 남원 용성로 207 부영 1차 아파트, 103동, 804호, Jeollabuk-do (KR). 김기석 (KIM, Kee Seok); 305-301 대전시 유성구 대학로 34 노블레스 2차, 1103호, Daejeon (KR).

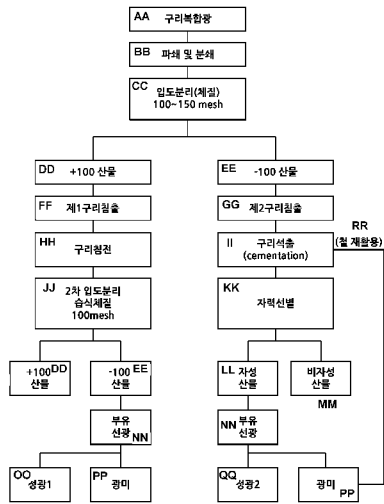
(74) 대리인: 임승섭 (LIM, Seungseop) 등; 110-885 서울시 종로구 율곡로 2길, 7 서머셋캐슬 303호, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: COMPLEX COPPER ORE BENEFICIATION METHOD

(54) 발명의 명칭 : 복합 구리광 선광방법



- AA ... Copper complex ore
- BB ... Crushing and grinding
- CC ... Particle size separation (sieving) 100-150 mesh
- DD ... +100 product
- EE ... -100 product
- FF ... First copper settling out
- GG ... Second copper settling out
- HH ... Copper precipitation
- II ... Copper deposition (cementation)
- JJ ... Second particle size separation wet sieving 100 mesh
- KK ... Magnetic sorting
- LL ... Magnetic product
- MM ... Non-magnetic product
- NN ... Flotation beneficiation
- OO ... Concentrate 1
- PP ... Tallings
- QQ ... Concentrate 2
- RR ... (Iron re-use)

(57) Abstract: The present invention relates to complex copper ore beneficiation method. The complex copper ore beneficiation method according to the present invention comprises: a particle-size separation step which is carried out on a copper complex starting ore that contains gangue minerals and copper-containing minerals and has been crushed and ground; a first concentrate production step, for producing copper concentrate, comprising a first copper settling-out step involving the settling out of copper carried out on product of a size larger than a first reference particle size in the particle-size separation step, a copper precipitation step involving forming copper sulphide by introducing a sulphide-forming precipitation agent into the ore solution from which the copper has been allowed to settle out, and a first copper separation step involving separating out the copper sulphide by effecting further particle size separation based on a second reference particle size of less than the first reference particle size; and a second concentrate production step, for producing copper concentrate, comprising a second copper settling-out step involving the settling out of copper carried out on product of a size smaller than the first reference particle size in the particle-size separation step, a copper deposition step involving depositing copper by means of a cementation action by introducing a reducing agent having magnetic properties into the ore solution from which the copper has been allowed to settle out, a magnetic sorting step involving separating out magnetic material in the mineral solution via magnetic sorting after the copper deposition step, and a second copper separation step involving separating out copper via flotation beneficiation carried out on the magnetic material separated out in the magnetic sorting step.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2015/076526 A1



MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

본 발명은 복합구리광 선광방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 복합구리광 선광방법은 맥석광물과 구리함유광물을 포함하며 파쇄 및 분쇄가 완료된 구리복합원광에 대한 입도분리단계; 입도분리단계에서 제 1 기준입도 보다 큰 산물에 대하여 구리를 침출하는 제 1 구리침출단계와, 구리가 침출되어 있는 광액에 황화물 침전제를 투입하여 황화구리를 형성시키는 구리침전단계와, 제 1 기준입도 이하의 제 2 기준입도를 기준으로 다시 입도분리를 수행하여 황화구리를 분리해내는 제 1 구리분리단계를 포함하여 구리 정광을 제조하는 제 1 정광제조단계; 및 입도분리단계에서 제 1 기준입도 보다 작은 산물에 대하여 구리를 침출하는 제 2 구리침출단계와, 구리가 침출되어 있는 광액에 자성을 가지는 환원제를 투입하여 세멘테이션 작용을 통해 구리를 석출시키는 구리석출단계와, 구리석출단계 후 자력선별을 통해 광액 내 자성물질을 분리해내는 자력선별단계와, 자력선별단계에서 분리된 자성물질에 대하여 부유선광을 통해 구리를 분리하는 제 2 구리분리단계를 포함하여 구리 정광을 제조하는 제 2 정광제조단계;를 구비한다.

## 명세서

### 발명의 명칭: 복합 구리광 선광방법{METHOD FOR PRODUCING COPPER CONCENTRATES FROM COMPLEX COPPER ORE}

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 구리광에 대한 선광 공정을 통해 구리 정광을 만드는 방법에 관한 것으로서, 특히 원광 내에 다양한 광물이 혼재되어 있어 구리의 품위가 높지 않은 구리 복합광에 대한 선광방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 금속의 제조 과정은 채굴, 선광 및 제련의 과정을 거친다. 즉, 유용 금속이 포함되어 있는 원광을 채굴한 후, 다양한 방식의 선광 공정을 거쳐 유용 금속이 일정 함량 이상 포함되어 있는 형태의 정광(concentrate)을 제조하고, 정광을 대상으로 제련 및 정련 과정을 거쳐 금속을 제조한다.
- [3] 예컨대, 구리의 원광은 황동석(chalcopyrite,  $\text{CuFeS}_2$ ), 휘동석(chalcocite,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ), 남동석(azurite,  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ ), 공작석( $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ), 적동석(cuprite,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ) 등이며, 이들 원광에 대하여 선광을 거쳐 구리 정광을 제조하고, 제련 및 정련을 거쳐 구리를 생산하게 된다.
- [4] 자원개발이 장기간 지속되면서 구리의 품위가 높은 원광은 거의 개발이 완료된 상태이며, 현재에는 다양한 광물이 혼합되어 있으며 구리의 품위가 높지 않은 복합광에 대한 개발이 본격적으로 이루어지고 있다.
- [5] 현재 가행중인 콩고 구리광의 경우에도 구리, 칼슘, 마그네슘 등의 다양한 광물이 혼재되어 있으며 맥석의 함량이 매우 높은 복합광 형태이다.
- [6] 도 1에는 콩고의 복합 구리광에서 채취한 말라카이트 원광에 대한 XRD 결과가 나타나 있으며, 도 2는 입도별 성분분석표이다. 도 1 및 도 2를 참고하면 콩고의 말라카이트광의 경우 Spherochlore, Clinochlore, quartz 및 talc가 복합적으로 나타나고 있으며, 화학적 성분도 매우 다양하게 나타나고 있다.
- [7] 구리광에 대한 전통적으로 선광방법인 비중선별 및 부유선별을 거쳐 제조한 구리 정광에 대한 SEM 사진이 나타나 있다. 도 1 및 도 2를 참고하면, 구리 복합광에 대하여 전통적 선별방법인 비중선별 및 부유선별을 거쳐 제조된 구리 정광에는 칼슘, 구리, 코발트, 마그네슘, 실리카 등 다양한 물질들이 혼재되어 있음을 알 수 있다.
- [8] 즉, 구리의 품위가 높은 원광의 경우 상기한 바와 같은 전통적 선광방법에 의해서도 품위가 높은 구리 정광을 제조할 수 있었다. 그러나, 콩고의 구리광과 같이 구리의 품위가 낮을 뿐만 아니라 다양한 광물들이 혼재되어 있는 복합광의 경우에는 전통적인 방법의 선광으로는 품위 향상에 한계가 있다.
- [9] 특히, 콩고 구리광의 경우 활석(talc)이 매우 높은 함량으로 포함되어 있는데, 활석은 일반적인 맥석과는 달리 소수성을 띠고 있어 구리를 포함하고 있는 타겟

광물과 함께 거동하기 때문에 제거하기가 매우 곤란하다는 문제점이 있었다.

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [10] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 구리 복합광에 대하여 스크리닝, 침전, 침출 및 세멘테이션법을 이용하여 구리의 품위를 향상시키고 경제적으로 구리 정광을 제조할 수 있는 개선된 구리 정광 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

### 과제 해결 수단

- [11] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 구리 복합광 선광방법은, 맥석광물과 말라카이트와 같은 구리함유광물을 포함하며 과쇄 및 분쇄가 완료된 구리복합원광에 대하여 입도분리를 수행하여 제1기준입도보다 큰 산물과 작은 산물을 상호 분리하는 입도분리단계; 상기 입도분리단계에서 상기 제1기준입도보다 큰 산물에 대하여 산 침출을 통해 상기 구리함유광물 내 구리를 침출하는 제1구리침출단계와, 구리가 침출되어 있는 광액에 황화물 침전제를 투입하여 황화구리를 형성시키는 구리침전단계와, 상기 제1기준입도 이하의 제2기준입도를 기준으로 다시 입도분리를 수행하여 상기 황화구리를 분리해내는 제1구리분리단계를 포함하여 구리 정광을 제조하는 제1정광제조단계; 및 상기 입도분리단계에서 상기 제1기준입도보다 작은 산물에 대하여 산 침출을 통해 상기 구리함유광물 내 구리를 침출하는 제2구리침출단계와, 상기 구리가 침출되어 있는 광액에 구리에 비하여 이온화 경향이 높으며 자성을 가지는 환원제를 투입하여 세멘테이션 작용을 통해 구리를 상기 환원제의 표면에 석출시키는 구리석출단계와, 상기 구리석출단계 후 자력선별을 통해 광액 내 자성물질을 분리해내는 자력선별단계와, 상기 자력선별단계에서 분리된 자성물질에 대하여 부유선광을 통해 구리를 광액 내에 부유시키고 상기 환원제는 광액 내에 가라앉혀 상기 구리를 분리하는 제2구리분리단계를 포함하여 구리 정광을 제조하는 제2정광제조단계;를 구비하는 것에 특징이 있다.

### 발명의 효과

- [12] 본 발명에 따르면 다양한 광물이 혼재되어 있으며 구리의 품위가 매우 낮은 구리복합광에 대하여 구리의 회수율을 높일 수 있으며, 높은 구리 품위를 가지는 구리 정광을 제조할 수 있다는 이점이 있다.
- [13] 본 발명에서는 최초에 입도분리를 통해 입도가 큰 산물을 분류한 후, 입도가 큰 산물에 대하여 침출 및 침전을 통해 입도가 매우 작은 황화구리를 형성함으로써 매우 경제적으로 선광을 진행할 수 있다는 이점이 있다.
- [14] 또한 본 발명에서는 구리를 침출 후 침전 또는 세멘테이션을 이용하여 선광공정에서 가장 높은 코스트를 차지하는 과쇄 및 분쇄 공정을 간소화할 수 있다는 이점이 있다.

- [15] 또한 본 발명에서는 자성 물질을 세멘테이션에서 사용하여 구리를 자성물질의 표면에 석출시킨다. 이에 따라 자력선별을 이용하여 광액으로부터 구리를 매우 용이하게 분리해낼 수 있다는 이점이 있다.
- [16] 또한 본 발명에서는 구리 석출을 위해 환원제로 사용된 철 중 구리가 부착되지 않은 환원제는 구리정광 제조단계에서 다시 분리하여 구리석출단계에 재사용할 수 있으므로 공정의 경제성을 향상시킬 수 있다는 이점이 있다.
- [17] 또한 본 발명에서는 활석과 같은 소수성 물질이 포함되어 있는 원광에 대하여 활석을 먼저 제거하는 전처리 과정을 거침으로써 정광 내 불순물 함유량을 낮추고 구리의 품위를 높일 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [18] 도 1은 콩고 구리광에 대한 XRD 분석 결과이다.
- [19] 도 2는 콩고 구리광의 입도별 성분 분석표이다.
- [20] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 구리광 선광방법의 개략적 흐름도이다.
- [21] 도 4는 황산에서 각종 금속의 산 침출율을 나타낸 그래프이며, 도 5는 특히 구리와 코발트의 산 침출율을 확대하여 나타낸 그래프이다.
- [22] 도 6은 염산에서 각종 금속의 침출율을 각각 나타낸 그래프이다.
- [23] 도 7은 침전물에 대한 XRD 결과이다.
- [24] 도 8은 침전된 코벨라이트의 입도 분석표이다.
- [25] 도 9는 광액의 pH에 따른 포수제별 황화구리의 부유도를 나타낸 그래프이다.
- [26] 도 10은 광액의 pH에 따른 구리의 세멘테이션 효율을 나타낸 그래프이다.
- [27] 도 11에는 세멘테이션 후 자력선별을 거친 자성산물과 비자성산물에 대한 XRD 결과와, 부유선별 후 부유산물과 광액 내 가라앉은 산물에 대한 XRD 결과를 함께 나타내었다.

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [28] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 구리 복합광 선광방법은, 맥석광물과 말라카이트와 같은 구리함유광물을 포함하며 과쇄 및 분쇄가 완료된 구리복합원광에 대하여 입도분리를 수행하여 제1기준입도보다 큰 산물과 작은 산물을 상호 분리하는 입도분리단계; 상기 입도분리단계에서 상기 제1기준입도 보다 큰 산물에 대하여 산 침출을 통해 상기 구리함유광물 내 구리를 침출하는 제1구리침출단계와, 구리가 침출되어 있는 광액에 황화물 침전제를 투입하여 황화구리를 형성시키는 구리침전단계와, 상기 제1기준입도 이하의 제2기준입도를 기준으로 다시 입도분리를 수행하여 상기 황화구리를 분리해내는 제1구리분리단계를 포함하여 구리 정광을 제조하는 제1정광제조단계; 및 상기 입도분리단계에서 상기 제1기준입도 보다 작은 산물에 대하여 산 침출을 통해 상기 구리함유광물 내 구리를 침출하는 제2구리침출단계와, 상기 구리가 침출되어 있는 광액에 구리에 비하여 이온화

경향이 높으며 자성을 가지는 환원제를 투입하여 세멘테이션 작용을 통해 구리를 상기 환원제의 표면에 석출시키는 구리석출단계와, 상기 구리석출단계 후 자력선별을 통해 광액 내 자성물질을 분리해내는 자력선별단계와, 상기 자력선별단계에서 분리된 자성물질에 대하여 부유선광을 통해 구리를 광액 내에 부유시키고 상기 환원제는 광액 내에 가라앉혀 상기 구리를 분리하는 제2구리분리단계를 포함하여 구리 정광을 제조하는 제2정광제조단계;를 구비하는 것에 특징이 있다.

- [29] 본 발명에서, 상기 입도분리단계에서는 100~150mesh의 스크린을 사용하여 입도를 분리한다.
- [30] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1구리침출단계 및 제2구리침출단계는 10~20분 동안 진행하는 것이 바람직하다.
- [31] 그리고 상기 구리침전단계에서 투입하는 황화물 침전제는  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{CaS}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  또는 이들의 수화물과 유도체들 중 적어도 어느 하나이다.
- [32] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제1구리분리단계에서는 상기 제2기준입도 보다 작은 산물에 대하여 부유선광을 실시하여 황화구리는 부유시키고 맥석광물은 광액 내에 가라 앉혀 상기 황화구리를 분리해 낸다.
- [33] 그리고 상기 구리석출단계에서 상기 환원제로는 철 분말을 사용할 수 있으며, 철볼(iron ball)을 사용할 수도 있다.
- [34] 그리고, 상기 제2구리분리단계에서 부유선별을 수행함에 있어서, 포수제는 xanthate류를 사용하며, 기포제는 pine oil을 사용하며, 광액은 pH3~9에서 수행하다.
- [35] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 제2구리분리단계에서 광액 내에 가라앉은 환원제를 분리하여 상기 구리석출단계에서 재사용할 수 있다.
- [36] 한편, 상기 제2정광제조단계는, 상기 제2구리침출단계 전에, 파쇄 및 분쇄과정을 거친 상기 구리복합원광에 대하여 부유선광을 통해 상기 맥석광물 중 하나인 활석은 부유시키고 상기 구리함유광물은 광액 내에 가라앉혀 상기 활석과 구리함유광물을 분리시킴으로써 활석을 제거하는 활석제거단계를 더 구비할 수 있다.

### 발명의 실시를 위한 형태

- [37] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 구리광 선광방법에 대하여 첨부된 도면을 참고하여 더욱 상세히 설명하기로 한다.
- [38] 본 발명은 대상은 구리복합광이다. 구리복합광은 말라카이트와 같은 구리함유광물과 함께 실리카 등의 맥석광물이 포함되어 있다. 그리고 맥석광물에는 경우에 따라 활석과 같은 소수성 물질이 포함되어 있을 수도 있다. 전체 구리복합광에서 구리의 품위는 대략 2~3% 정도이다.
- [39] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 구리광 선광방법의 개략적 흐름도이다.

- [40] 도 3을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 구리광 선광방법은 구리복합광에 대한 파쇄 및 분쇄로부터 진행된다. 다만, 본 발명은 이미 파쇄 및 분쇄가 완료된 구리복합광에 대하여 이루어질 수도 있다. 파쇄 및 분쇄는 전체 선광 과정에서 차지하는 코스트가 가장 높은 과정으로서, 선광의 경제성을 향상시키기 위해서는 분쇄된 원광의 입도별 구리 함량을 고려하여 가급적 분쇄 공정을 간소화하는 것이 바람직하다.
- [41] 전통적인 구리광 선광에서는 비중분리 및 부유선별에 입각하기 때문에 원광에 대한 분쇄를 충분히 진행하여 단체분리율을 높이는 것이 효율적이지만, 본 발명에서는 침출 및 침전법을 사용함으로써 파쇄 및 분쇄에 따른 단체분리율을 높일 필요가 없어 경제적이다.
- [42] 분쇄 및 파쇄가 완료된 구리복합광에 대하여 입도분리단계를 실시한다. 입도분리단계에서는 체질을 통해 제1기준입도 보다 큰 산물과 작은 산물을 상호 분리한다. 제1기준입도는 구리복합광의 조건에 따라 달라질 수 있으며, 대략 100~150mesh의 스크린(체)을 통과한 산물과 통과하지 못한 산물로 분리한다. 예컨대, 100mesh의 체는 대략 한 변이 0.147mm인 정사각형 공극이 연속적으로 형성되어 있다.
- [43] 입도분리가 완료되면 제1기준입도에 비하여 입도가 큰 산물에 대해서는 침출 및 침전법을 이용한 제1정광제조단계를 통해서 구리 정광을 제조하게 되며, 제1기준입도에 비하여 입도가 작은 산물에 대해서는 침출 및 세멘테이션법을 이용한 제2정광제조단계를 통해서 구리 정광을 제조하게 된다.
- [44] 먼저 제1정광제조단계에 대하여 설명한 후 제2정광제조단계에 대하여 계속하여 설명하기로 한다.
- [45] 제1정광제조단계에서는 침출 및 침전법을 사용한다. 다만, 구리복합광에 활석과 같은 소수성 물질이 포함되어 있는 경우라면 활석제거단계를 수행할 수도 있다. 다만 활석제거단계는 선택적인 사항인 바 활석이 많이 포함되어 있지 않다면 이 공정은 생략할 수도 있다.
- [46] 활석 제거의 필요성에 대하여 간략히 설명한다. 본 발명에 따른 선광방법의 제1정광제조단계의 마지막 과정에서는 부유선별을 통해 황화구리만을 분리하는데, 활석과 같은 소수성 광물은 부유선별시 황화구리와 동일한 거동을 나타내므로 부유선별의 효율을 떨어트리는 원인이 된다. 이에 본 발명에서는 먼저 활석을 제거하는 전처리를 수행하며, 이 전처리 역시 부유선별을 통해 이루어진다. 부유선별은 파쇄 및 분쇄 과정을 거친 광물을 물과 같은 부선용수에 혼합시켜 광액(또는 펄프)을 형성한 후, 광액의 pH를 조절하고, 포수제 및 기포제 등의 부선시약을 광액에 투입하여 친수성 광물과 소수성 광물을 상호 분리해내는 과정이다. 즉, 광물에 따라 그 표면은 친수성 또는 소수성으로 형성되는데, 소수성 광물은 펄프의 표면에 떠오르고, 친수성 광물은 펄프 내에 가라앉는(펄프 내에 존재) 성질을 이용하여 친수성 광물과 소수성 광물을 분리하는 것이다.

- [47] 소수성 광물이 펄프에서 잘 부유할 수 있게 하려면 기포를 공급해야 한다. 소수성 광물은 기포에 부착되면 부유율이 상승되기 때문이다. 기포가 펄프 내에서 지속적으로 유지될 수 있게 하려면 펄프 내에 기포제를 투입하여 물의 표면 장력을 낮추어줄 필요가 있다.
- [48] 또한 상호 분리시켜야 하는 두 개의 광물의 표면이 모두 친수성을 띠는 경우라면, 이들 중 특정 광물에만 결합되는 포수제를 투입하여 그 특정 광물의 표면을 소수성으로 변화시켜 두 개의 광물을 서로 분리한다.
- [49] 본 실시예에서 구리복합광의 경우 구리함유광물인 말라카이트는 친수성을 띠며, 맥석광물 중 실리카가 다량 함유된 광물 역시 친수성을 띠므로 모두 부유선광에서 광액 내에 가라앉게 된다. 그러나 맥석광물 중 활석의 경우 소수성을 띠므로 부유선광 공정에서 광액 내에 부유하는 바 부유선광을 통해 활석을 제거할 수 있다.
- [50] 본 실시예에서 활석제거단계에서는 포수제로서 kerosine과 같은 유류를, 기포제로는 MIBC(Methyl Isobutyl Carbinol)를 사용할 수 있다.
- [51] 상기한 바와 같이 활석제거단계를 통해 활석이 부유되면, 부유된 활석을 걷어내서 제거한다.
- [52] 활석이 제거된 후에는 제1구리침출단계를 수행한다.
- [53] 구리복합광의 경우 다양한 광물들이 포함되어 있을 뿐만 아니라 구리의 품위가 높지 않으므로 상기한 바와 같이 전통적인 구리광에 대한 선광방법으로는 품위가 높은 구리 정광을 얻을 수 없으며, 높은 회수율도 기대할 수 없다.
- [54] 이에 본 발명에서는 구리를 침출시키는 방법을 채택하였다. 구리침출단계에서는 광액 내에 산을 투입하여 구리함유광물 내 구리를 광액 내로 녹여 낸다. 산으로는 황산, 염산, 질산 등을 이용할 수 있으며, 원광 내 구리 함량 대비 2~3 몰당량 이상의 산을 투입함으로써 구리함유광물 내 구리를 침출시킬 수 있다.
- [55] 황산에서 구리함유광물인 말라카이트로부터 구리가 침출되는 반응은 아래의 화학식(1)로 나타낼 수 있다.
- [56] 
$$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CuSO}_4(\text{aq}) + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \dots \text{화학식(1)}$$
- [57] 말라카이트 이외의 다른 구리산화광의 경우도 아래의 화학식(2)~(4)으로 표현되는 반응에 의하여 산 침출이 가능하다.
- [58] 
$$\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{CuSO}_4(\text{aq}) + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \dots \text{화학식(2)}$$
- [59] 
$$\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \dots \text{화학식(3)}$$
- [60] 
$$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4(\text{aq}) + \text{SiO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \dots \text{화학식(4)}$$
- [61] 특히, 본 발명에서 구리침출단계는 10~20분 정도의 매우 짧은 시간 동안 수행하는데 특징이 있다. 침출 시간을 이렇게 짧게 설정하는 이유는 공정의 신속화의 측면에서도 유리하지만, 특히 원광 내 다른 금속의 침출을 제한하는데 주된 목적이 있다.
- [62] 도 4는 황산에서 각종 금속의 산 침출율을 나타낸 그래프이며, 도 5는 특히



구리와 코발트의 산 침출율을 확대하여 나타낸 그래프이다. 도 4를 참고하면, 구리는 황산이 투입되는 초기부터 높은 침출율을 나타내는 반면, 철, 코발트 등 다른 금속들은 시간의 경과에 따라 점진적으로 침출되는 것을 볼 수 있다. 특히 콩고의 구리광의 경우 코발트가 많이 포함되어 있는데, 도 5를 참고하면 구리와 코발트에서도 이러한 경향성이 동일하게 나타낸다. 도 6은 염산에서 각종 금속의 침출율을 각각 나타낸 그래프인데, 염산에서도 마찬가지로 구리는 초반에 급속하게 침출되는데 비하여, 다른 금속들은 점진적으로 침출되는 경향성을 띤다.

[63] 따라서, 본 발명에서는 10분 내지 20분 사이에 산 침출을 수행함으로써, 구리와 다른 금속들의 침출율 차이를 적극적으로 활용하였다. 이를 통해 광액 내에 구리는 이온 상태로 녹아나지만 다른 금속들은 고체 상태를 유지하게 함으로써 구리에 대한 선별 효율을 향상시킨다.

[64] 상기한 바와 같이, 구리침출단계가 완료되면 구리침전단계를 수행한다.

[65] 구리침전단계에서는 구리가 녹아 있는 광액에 황화물 침전제를 투입하여 구리를 황화구리 형태로 침전시킨다. 본 실시예에서는 황화물 침전제로서  $\text{Na}_2\text{S}$ 를 사용하였으며, 아래의 화학식(5)에 의하여 황화구리(covellite,  $\text{CuS}$ )를 고체 상태로 형성한다.

[66]  $\text{CuSO}_4 + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{CuS(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \dots$  화학식(5)

[67] 황화물 침전제는 원광 내 구리의 함량 대비 1~3 몰 당량을 첨가하여, 광액 내에 녹아 있는 구리 이온이 모두 침전될 수 있도록 한다.

[68] 도 7은  $\text{CuSO}_4$  용액에  $\text{Na}_2\text{S}$ 를 첨가하여 반응을 살펴 본 실험에서의 침전물에 대한 XRD 결과이다. 실험에서는 비이커의 하부에 검은색 침전물이 발생하였으며, 도 7의 XRD 결과에서 알 수 있듯이 이 침전물은 코벨라이트인 것을 확인하였다.

[69] 한편, 황화물 침전제로는 상기한  $\text{Na}_2\text{S}$  이외에도,  $\text{CaS}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  등 구리 이온에게 황을 공급하여 황화구리를 형성할 수 있는 다양한 물질이 사용될 수 있다.

[70] 상기한 바와 같이 광액 내에 침전된 황화구리는 입도가 매우 작게 형성되는 점에 특징이 있다.

[71] 도 8에는 침전된 코벨라이트의 입도 분석표가 나타나 있다. 도 8을 참고하면, 코벨라이트는 평균 입도  $15\mu\text{m}$  정도의 작은 입자를 형성한다.

[72] 본 발명에서는 입도의 차이를 이용하여 용이하게 코벨라이트만을 분리해낼 수 있다. 즉, 제1정광제조단계는 입도분리를 통해 100mesh 스크린을 통과하지 못한 산물을 대상으로 공정을 수행하였는데, 코벨라이트는 평균 입도  $15\mu\text{m}$  정도의 작은 입자를 형성하므로, 광액에는 100mesh 이상의 큰 입자들과  $15\mu\text{m}$  정도의 코벨라이트가 혼합되어 있는 상태이다. 따라서 다시 입도분리를 수행하면 크기 차이로 인하여 코벨라이트를 매우 용이하게 분리해낼 수 있다.

[73] 즉, 제1기준입도 이하의 입도를 기준(제2기준입도)으로 입도분리를 수행하면, 맥석광물들은 스크린을 통과하지 못하며, 코벨라이트는 스크린을 통과할 수

있다.

- [74] 이렇게 2차 입도분리를 통해 코벨라이트를 광액으로부터 분리해낸 후에는 구리 정광에서부터 불순물을 제거하고 구리의 품위를 향상시키기 위하여 부유선광을 실시한다. 즉, 광액 내 황화구리(코벨라이트)는 소수성을 띠지만 다른 맥석광물들은 친수성을 띠는 점을 이용하여, 부유선광을 통해 황화구리만을 부유시키고 다른 맥석광물들은 가라앉혀 황화구리와 맥석광물을 분리한다.
- [75] 황화구리를 부유시키기 위한 부유선별에서 포수제는 xanthate류를 사용하며 기포제로는 pine oil을 사용한다. 그리고 광액의 pH는 3~9 범위를 유지한다. 본 연구진에서는 광액 내 황화구리의 부유도를 증대시키기 위하여 다양한 포수제와 기포제를 사용하여 실험을 수행하였으며, pH3~9 범위에서 xanthate류 포수제를 사용할 때 황화구리가 가장 높은 부유도를 나타내는 것을 확인하였다.
- [76] 도 9는 광액의 pH에 따른 포수제별 황화구리의 부유도를 나타낸 그래프이다. 도 9를 참고하면, Na-ISP(sodium isopropyl xanthate) 및 Na-AX(sodium amyl xanthate)의 경우 pH3~9의 범위에서 부유율이 매우 높게 나타나는 것을 확인하였다.
- [77] 위와 같이 광액에 산 또는 염기를 투입하여 광액의 pH를 조절한 후, xanthate류의 포수제 및 기포제를 사용하여 부유선광을 실시하면 황화구리는 광액의 표면에 부유하고 나머지 맥석광물들은 광액 내에 가라앉아 있으므로, 황화구리만을 광액으로부터 분리하여 정광으로 사용할 수 있다.
- [78] 이상에서 설명한 바와 같이, 제1정광 제조단계에서는 1차 입도분리에서 입도가 큰 광물을 대상으로 하여 침출, 침전, 2차 입도분리 및 부유선광을 통해 구리 정광을 형성하며, 실험 결과 구리 회수율은 85%로 나타났으며, 구리의 품위는 46.12%로 매우 높게 나타났다. 제1정광제조단계에서 얻어진 구리의 품위는 기존의 전통적 방법을 이용하여 구리 복합광에 대한 구리 정광을 제조하였을 때에 비하여 현저히 높은 것으로 확인되었다.
- [79] 한편, 1차 입도분리를 통해 기준입도에 비하여 작은 입자를 가지는 광물에 대해서는 제2정광제조단계를 통해 구리 정광을 제조한다.
- [80] 제2정광제조단계도 제1정광제조단계와 마찬가지로 우선 구리를 침출하는 제2구리침출단계로부터 시작한다. 제2구리침출단계는 앞에서 설명한 제1구리침출단계와 동일한 방법으로 수행되므로 앞에서 설명한 사항으로 같음한다.
- [81] 제2구리침출단계가 완료되면, 세멘테이션(cementation)을 이용하여 구리석출단계를 수행한다.
- [82] 구리석출단계에서는 구리가 녹아 있는 광액에 환원제를 투입하여 구리를 석출시킨다. 좀 더 구체적으로 설명하면, 환원제는 구리보다 이온화 경향이 높으며, 자성을 띠는 물질을 사용한다. 본 실시예에서는 철(iron) 분말을 투입하여 아래의 화학식(6)과 같은 반응을 유도한다.

- [83]  $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe(s)} \rightarrow \text{Cu(s)} + \text{Fe}^{2+} \dots$  화학식(6)
- [84] 즉, 철은 구리에 비하여 이온화 경향이 높기 때문에 pH가 낮은 광액 내에서 이온화하고, 구리는 철에서 나온 전자를 제공받아 환원되어 고체로 석출된다. 광액의 pH에 따른 구리의 세멘테이션 효율을 실험하였으며, 그 결과도 10에 나타나 있다. 도 10에 나타난 실험 결과 그래프는, 구리 품위 3%, 농도 20%인 광액(2M의  $\text{CuSO}_4$  용액)에서 구리 대비 2당량의 철 분말을 투입하여 pH에 따른 구리의 세멘테이션 효율을 나타낸 것이다. 도 10의 그래프를 참고하면, 광액의 pH 1.5~4에서 구리는 10분 내에 거의 100%가 석출되는 것을 확인하였다.
- [85] 다만, 세멘테이션 과정에서 철이 모두 이온화되지는 않으며, 실질적으로는 구리가 철 분말의 표면에 석출된다. 구리가 철 분말의 표면에 석출되면, 그 부분에서는 철 분말의 표면이 광액 내에 더 이상 노출되지 않으므로 철이 더 이상 용해되지 않는다. 구리가 철 분말의 표면에서 석출되는 것을 효율적으로 보장하기 위하여, 철 분말의 투입량은 원광 내 구리의 함량 대비 적어도 1 당량 이상이 되어야 하며, 바람직하게는 2~3 당량이 되어야 한다.
- [86] 또한, 본 발명의 다른 실시예에서는 철 분말 대신 철 볼을 사용할 수도 있다. 철 볼은 0.1mm 내지 수 mm 정도의 직경을 가지므로, 철 볼로부터 일부 철이 용해되지만 구리가 석출될 수 있는 표면을 제공할 수 있다.
- [87] 상기한 바와 같이, 구리침출단계 및 구리석출단계를 거쳐 광액 내에 구리가 석출되면 광액 내에서 구리를 분리시킬 필요가 있다.
- [88] 본 발명에서는 자력선별을 이용하여 매우 간단하면서도 효과적으로 구리를 분리해낼 수 있다. 자력선별단계에서는 습식 자력선별을 통해 광액을 자석에 접근시키면 자성산물은 자력에 의하여 분리되고 비자성산물은 광액 내에 그대로 잔존한다. 구리는 자성물질인 철 분말의 표면에 석출되어 있으므로, 철 분말과 함께 자석에 의하여 분리되며, 실리카 등의 맥석광물은 자성을 띠지 않으므로 광액 내에 잔존하게 된다. 자석의 세기는 다양할 수 있으며, 본 실시예에서는 100gauss 정도의 세기를 지닌 자석을 사용하였다.
- [89] 상기한 바와 같이 자력선별에 의하여 분류된 자성산물(구리-철 복합체와 철 분말)로부터 구리 정광을 제조하기 위한 구리정광 제조단계를 수행한다.
- [90] 광액의 pH에 따라 포수제와 기포제를 선택하여 구리와 철이 상호 부착되어 있는 구리-철 복합체와 철 분말을 상호 분리할 수 있다. 포수제로는 kerosene과 같은 유류, Xanthate류 또는 phosphate류를 사용할 수 있으며, 기포제로는 pine oil 등을 사용할 수 있다.
- [91] 구리정광 제조단계에서 부유선별을 시행하면, 구리-철 복합체는 광액 내에 부유되며 맥석광물 및 구리가 부착되지 않은 순수한 철 분말은 광액 내에 잔존하게 된다.
- [92] 한편, 구리-철 복합체를 분리해 낸 후, 광액 내에 남아 있는 철 분말은 자력선별 등을 이용하여 광액 내에서 회수하여 다시 구리석출단계에 재활용할 수 있다. 구리-철 복합체는 별도의 공정을 통해 구리와 철을 매우 간단하게 분리할 수도

- 있으며, 제련공정에서도 쉽게 분리가 가능하다.
- [93] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에서는 상기한 바와 같이 구리 침출, 세멘테이션, 자력선별 및 부유선별을 통해 최종적으로 구리 정광을 제조한다. 본 연구진은 세멘테이션 후 자력선별을 거친 자성산물과 비자성산물에 대하여 XRD를 시행하였으며, 부유선별 후 부유산물과 광액 내 가라앉은 산물에 대하여도 XRD를 시행하여 그 결과를 도 11에 함께 표시하였다.
- [94] 도 11을 참고하면, 세멘테이션 후 자성산물에서는 구리(Cu)의 피크가 나타나며 비자성산물에서는 구리 피크가 나타나지 않았다. 또한 자성산물에서도 quartz(q)가 나타나긴 하지만, 비자성산물에 비하여 현저하게 낮다는 것을 확인하였다.
- [95] 또한 부유선별 후 부유산물(concentrate)에서는 구리 피크가 확인되었으며, 광액 내에 가라앉은 광미(tailing)에서는 주로 quartz만 있는 것이 확인되었다. 광미의 조성을 분석한 결과 구리는 1.6중량%에 불과하였으며, 철은 39.2중량%로 나타났다.
- [96] 상기한 바와 같이 본 발명에 따른 방법을 이용하여 구리 품위가 2.5%인 콩고의 말라카이트광에 대한 선광을 실시한 결과 정광 내 구리 품위는 44.9%로 매우 높게 나타났으며, 회수율은 70.5%에 달했다. 정광 내 구리의 품위는 전통적 방법으로 구리 복합광을 이용하여 제조한 구리 정광에 비하여 현저히 높은 것으로 확인되었다.
- [97] 본 발명에 따르면 다양한 광물이 혼재되어 있으며 구리의 품위가 매우 낮은 구리복합광에 대하여 구리의 회수율을 높일 수 있으며, 높은 구리 품위를 가지는 구리 정광을 제조할 수 있다는 이점이 있다.
- [98] 본 발명에서는 최초에 입도분리를 통해 입도가 큰 산물을 분류한 후, 입도가 큰 산물에 대하여 침출 및 침전을 통해 입도가 매우 작은 황화구리를 형성함으로써 매우 경제적으로 선광을 진행할 수 있다는 이점이 있다.
- [99] 또한 본 발명에서는 구리를 침출 후 침전 또는 세멘테이션을 이용하여 선광공정에서 가장 높은 코스트를 차지하는 파쇄 및 분쇄 공정을 간소화할 수 있다는 이점이 있다.
- [100] 또한 본 발명에서는 자성 물질을 세멘테이션에서 사용하여 구리를 자성물질의 표면에 석출시킨다. 이에 따라 자력선별을 이용하여 광액으로부터 구리를 매우 용이하게 분리해낼 수 있다는 이점이 있다.
- [101] 또한 본 발명에서는 구리 석출을 위해 환원제로 사용된 철을 구리정광 제조단계에서 다시 분리하여 구리석출단계에 재사용할 수 있으므로 공정의 경제성을 향상시킬 수 있다는 이점이 있다.
- [102] 또한 본 발명에서는 활석과 같은 소수성 물질이 포함되어 있는 원광에 대하여 활석을 먼저 제거하는 전처리 과정을 거침으로써 정광 내 불순물 함유량을 낮추고 구리의 품위를 높일 수 있다.
- [103] 지금까지 활석제거단계에서 포수제는 유류, 기포제는 MIBC인 것으로

설명하였으나, 소수성을 가지는 활석을 부유시킬 수 있는 한 다른 부선시약을 사용할 수도 있다. 마찬가지로 본 발명에서 사용하는 기포제 및 포수제는 위에서 언급한 것들 이외에 다양한 포수제와 기포제가 사용될 수 있다.

[104] 또한 구리침출단계는 활석제거단계에서 사용한 광액에 산을 직접 투입하여 공정을 간소화하는 것으로 설명하였지만, 광액 내의 원광을 분리한 후 별도의 공정으로 산 침출을 수행할 수도 있다.

[105] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

[106]

## 청구범위

- [청구항 1] 맥석광물과 구리함유광물을 포함하며 파쇄 및 분쇄가 완료된 구리복합원광에 대하여 입도분리를 수행하여 제1기준입도보다 큰 산물과 작은 산물을 상호 분리하는 입도분리단계;  
 상기 입도분리단계에서 상기 제1기준입도 보다 큰 산물에 대하여 산 침출을 통해 상기 구리함유광물 내 구리를 침출하는 제1구리침출단계와, 구리가 침출되어 있는 광액에 황화물 침전제를 투입하여 황화구리를 형성시키는 구리침전단계와, 상기 제1기준입도 이하의 제2기준입도를 기준으로 다시 입도분리를 수행하여 상기 황화구리를 분리해내는 제1구리분리단계를 포함하여 구리 정광을 제조하는 제1정광제조단계; 및  
 상기 입도분리단계에서 상기 제1기준입도 보다 작은 산물에 대하여 산 침출을 통해 상기 구리함유광물 내 구리를 침출하는 제2구리침출단계와, 상기 구리가 침출되어 있는 광액에 구리에 비하여 이온화 경향이 높으며 자성을 가지는 환원제를 투입하여 세멘테이션 작용을 통해 구리를 상기 환원제의 표면에 석출시키는 구리석출단계와, 상기 구리석출단계 후 자력선별을 통해 광액 내 자성물질을 분리해내는 자력선별단계와, 상기 자력선별단계에서 분리된 자성물질에 대하여 부유선광을 통해 상기 환원제에 부착되어 있는 구리를 광액 내에 부유시키고 구리가 부착되어 있지 않은 환원제는 광액 내에 가라앉혀 상기 구리를 분리하는 제2구리분리단계를 포함하여 구리 정광을 제조하는 제2정광제조단계;를 구비하는 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,  
 상기 입도분리단계에서는 100~150mesh의 스크린을 사용하여 입도를 분리하는 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,  
 상기 제1구리침출단계 및 제2구리침출단계는 10~20분 동안 진행되는 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,  
 상기 구리침전단계에서 투입하는 황화물 침전제는  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{CaS}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  또는 이들의 수화물과 유도체들 중 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,  
 상기 제1구리분리단계에서는 상기 제2기준입도 보다 작은 산물에 대하여 부유선광을 실시하여 황화구리는 부유시키고 맥석광물은

광액 내에 가라앉혀 상기 황화구리를 분리해 내는 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.

[청구항 6]

제1항에 있어서,  
상기 구리석출단계에서 상기 환원제로는 철을 사용하는 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.

[청구항 7]

제5항에 있어서,  
상기 철은 철볼(iron ball)인 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.

[청구항 8]

제1항에 있어서,  
상기 제2구리분리단계에서 부유선별을 수행함에 있어서,  
포수제는 xanthate류를 사용하며, 기포제는 pine oil을 사용하며,  
광액은 pH3~9에서 수행하는 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.

[청구항 9]

제1항에 있어서,  
상기 제2구리분리단계에서 광액 내에 가라앉은 환원제를 분리하여 상기 구리석출단계에서 재사용하는 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.

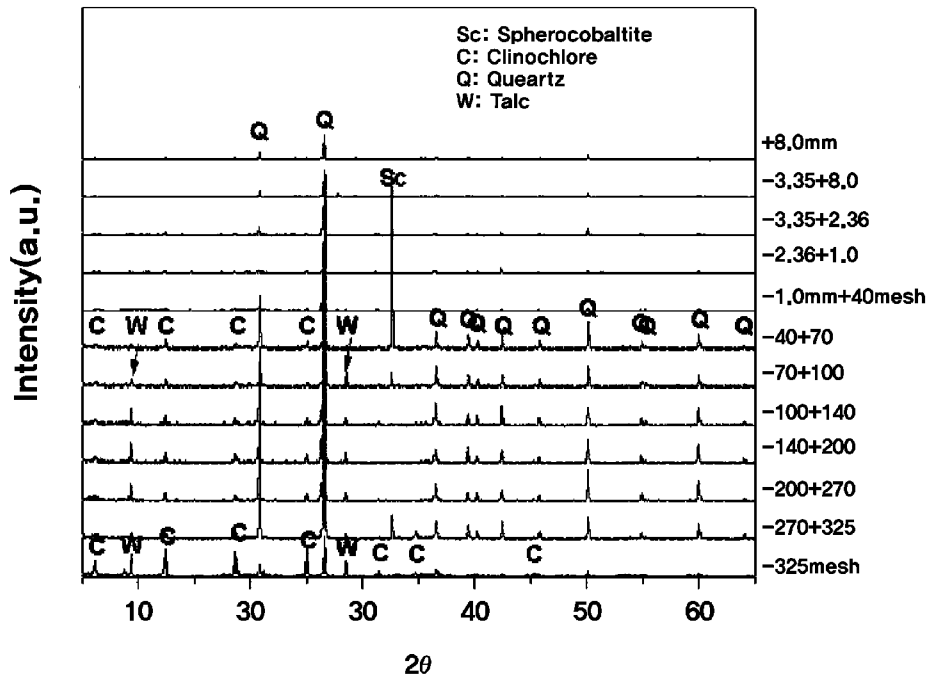
[청구항 10]

제1항에 있어서,  
상기 제2정광제조단계는,  
상기 제2구리침출단계 전에, 파쇄 및 분쇄과정을 거친 상기 구리복합원광에 대하여 부유선광을 통해 상기 맥석광물 중 하나인 활석은 부유시키고 상기 구리함유광물은 광액 내에 가라앉혀 상기 활석과 구리함유광물을 분리시킴으로써 활석을 제거하는 활석제거단계를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.

[청구항 11]

제1항에 있어서,  
상기 구리함유광물은 말라카이트(malachite)인 것을 특징으로 하는 복합 구리광 선광방법.

[Fig. 1]

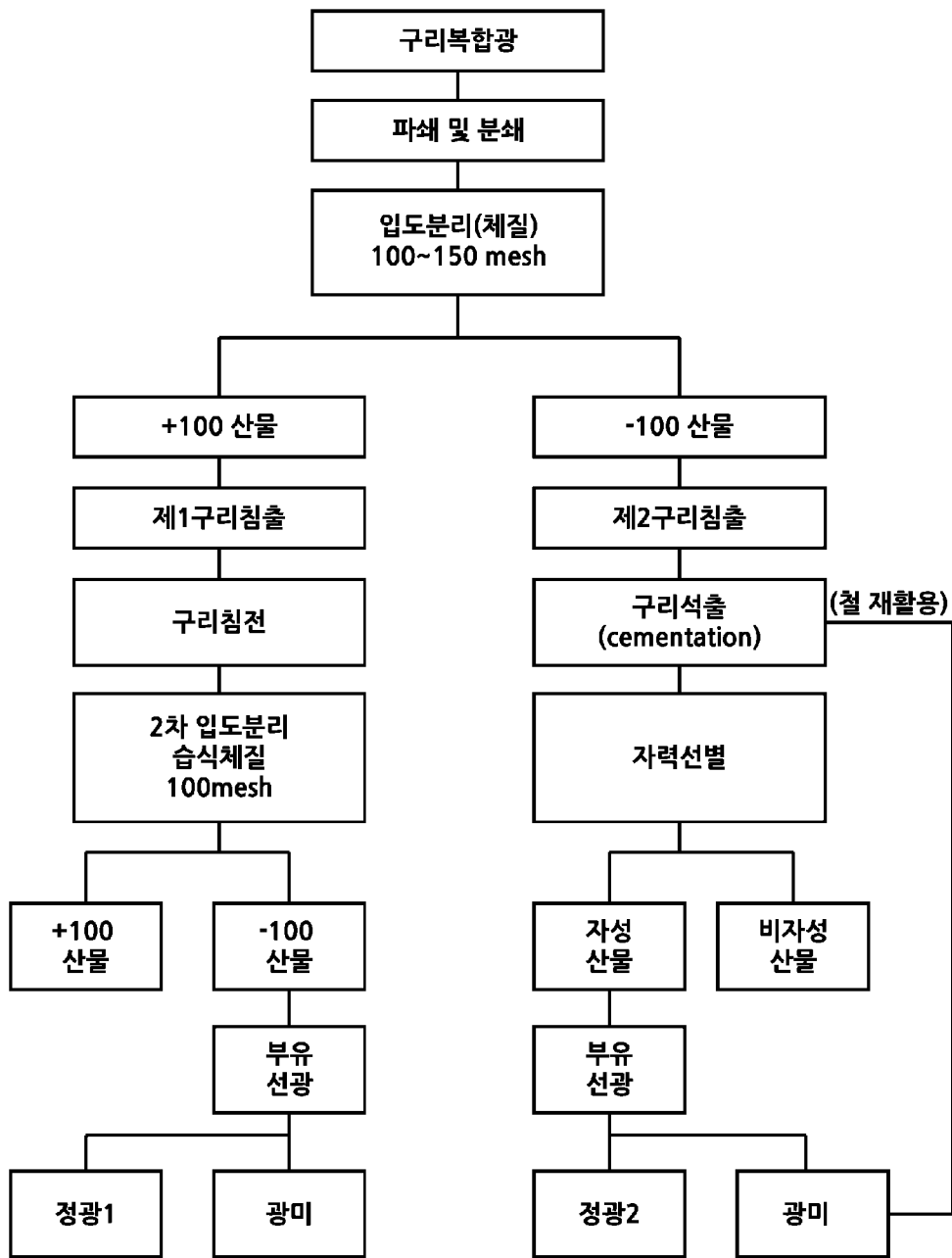


[Fig. 2]

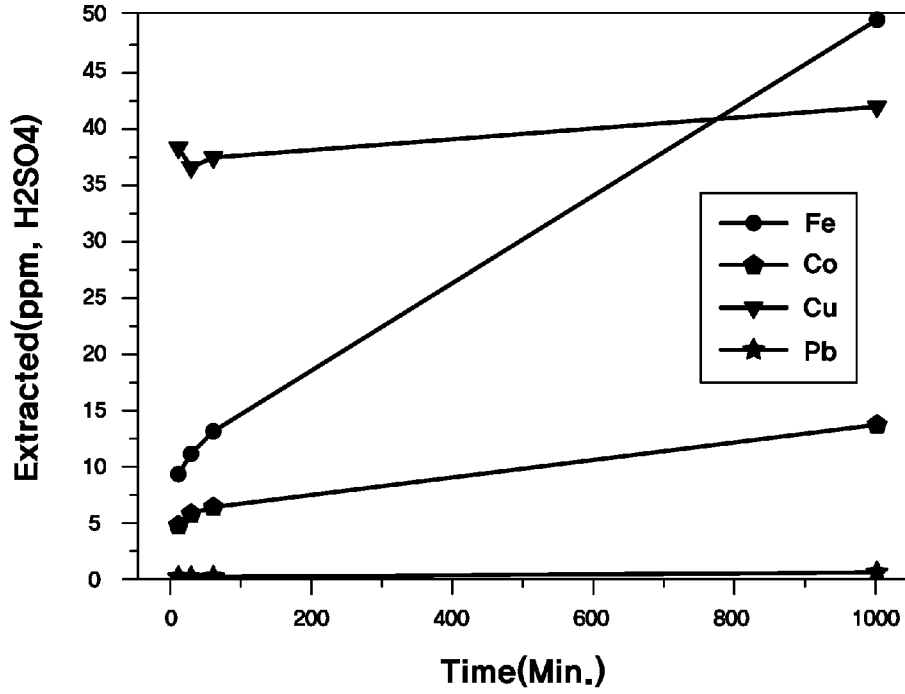
입도	분율 (%)	Chemical composition (wt.%)											
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cu	Co	Ni
+8.0mm	5.08	53.64	6.52	13.44	0.4	9.96	0.35	0.41	0.29	0.18	3.41	1.89	0.07
-4.65	9.22	50.94	7.61	12.74	4.08	8.35	0.61	0.54	0.18	0.15	3.09	0.53	0.04
-0.99	3.91	56.71	5.79	10.53	0.55	9.21	0.31	0.34	0.36	0.18	3.78	2.72	0.13
-2.36+1.0mm	9.43	52.3	6.6	10.64	0.39	10.41	0.38	0.36	0.51	0.27	4.69	2.94	0.16
-1.0mm+40mesh	9.99	53.07	6.69	11.27	0.45	9.34	0.44	0.37	0.71	0.32	3.42	3.71	0.2
-40+70mesh	7.71	58.84	6.28	10.1	0.46	7.74	0.42	0.36	0.77	0.32	2.35	3.21	0.18
-70+100	6.82	62.43	6.04	8.95	0.66	7.46	0.42	0.41	0.91	0.28	1.91	2.62	0.15
-100+140	5.01	67.26	5.07	7.67	0.48	6.77	0.37	0.31	0.97	0.24	1.74	2.14	0.13
-140+200	3.99	69.51	4.59	7.26	0.29	6.57	0.34	0.29	1.02	0.23	1.68	1.91	0.12
-200+270	6.66	66.36	5.67	7.45	0.28	8.34	0.46	0.34	1.12	0.24	1.77	1.81	0.12
-270+325	3.07	67.64	5.61	7.58	0.29	7.68	0.49	0.41	0.92	0.22	1.53	1.53	0.11
-325mesh	29.11	34.82	12.27	18.53	0.2	15.52	1.02	0.68	1.22	0.37	2.23	1.56	0.2
평균		51.44	8	12.58	0.7	10.57	0.6	0.47	0.83	0.28	2.67	2.13	0.15



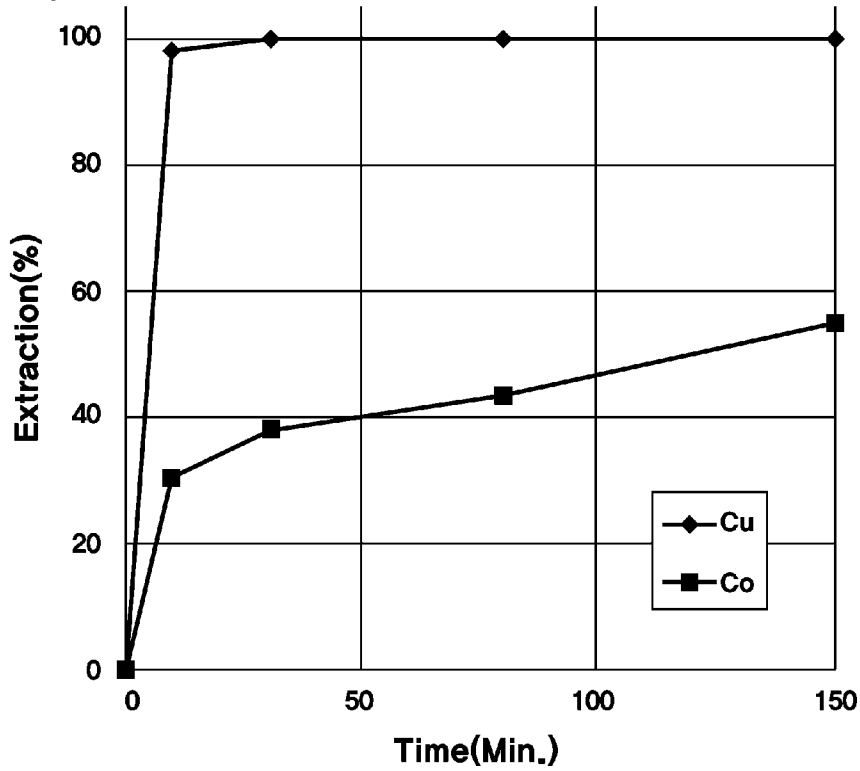
[Fig. 3]



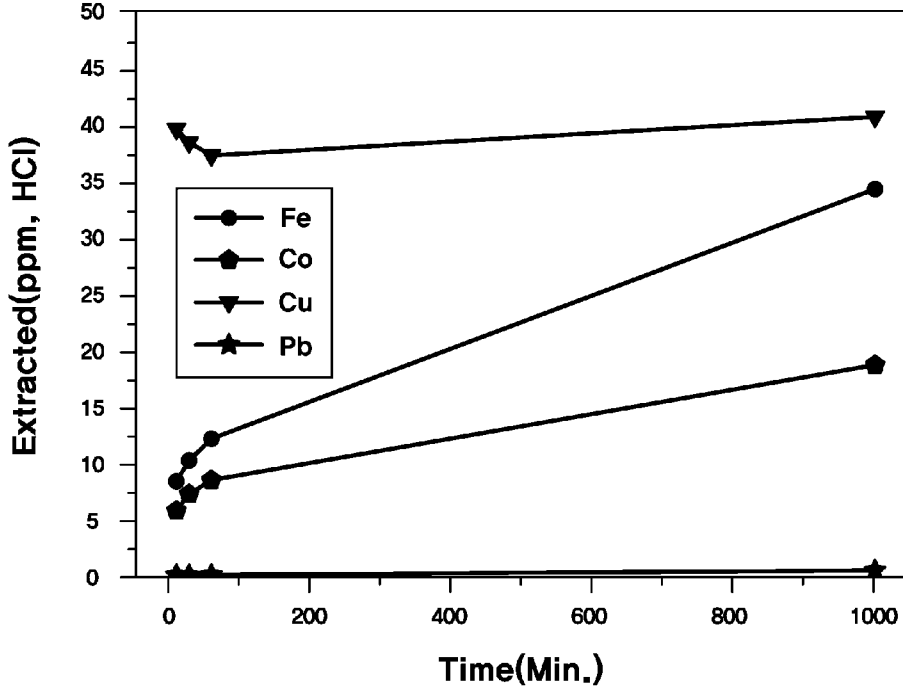
[Fig. 4]



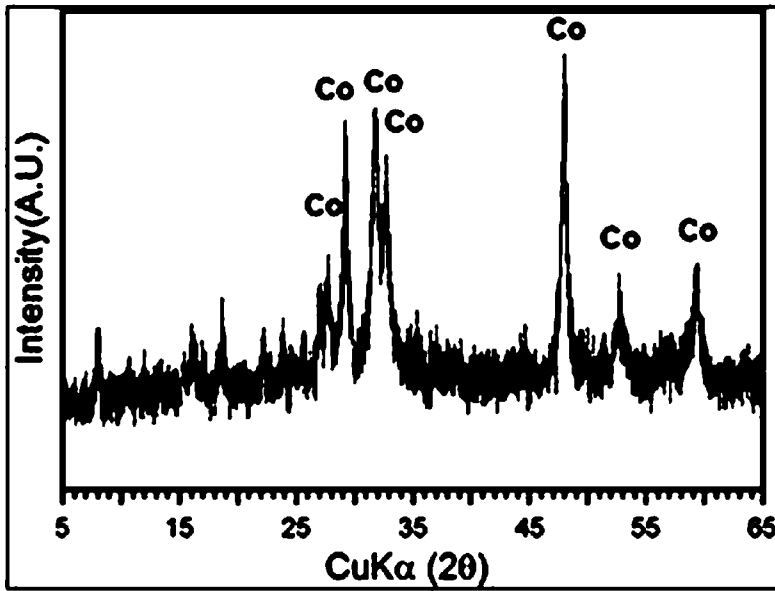
[Fig. 5]



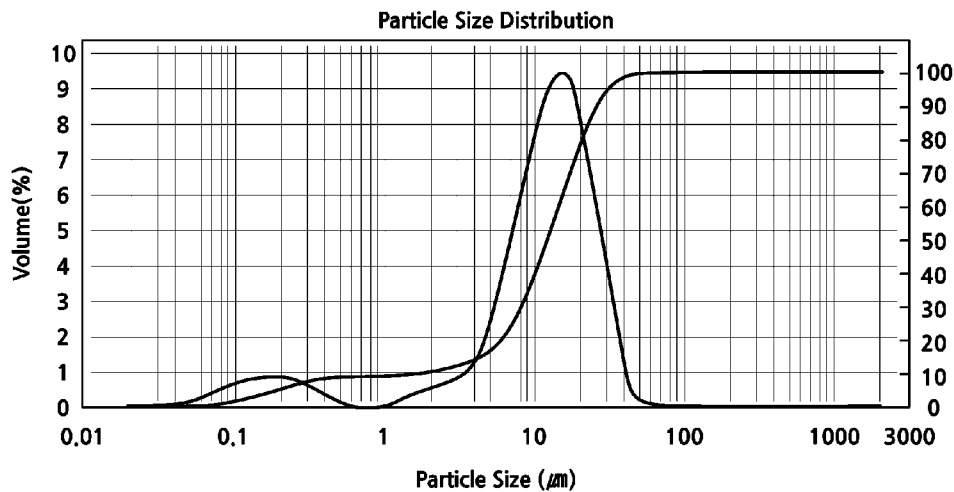
[Fig. 6]



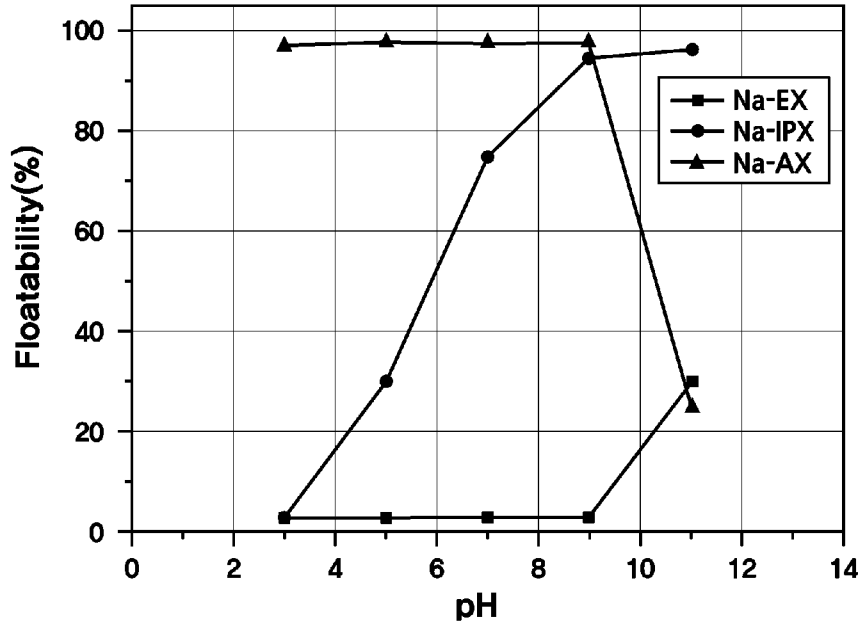
[Fig. 7]



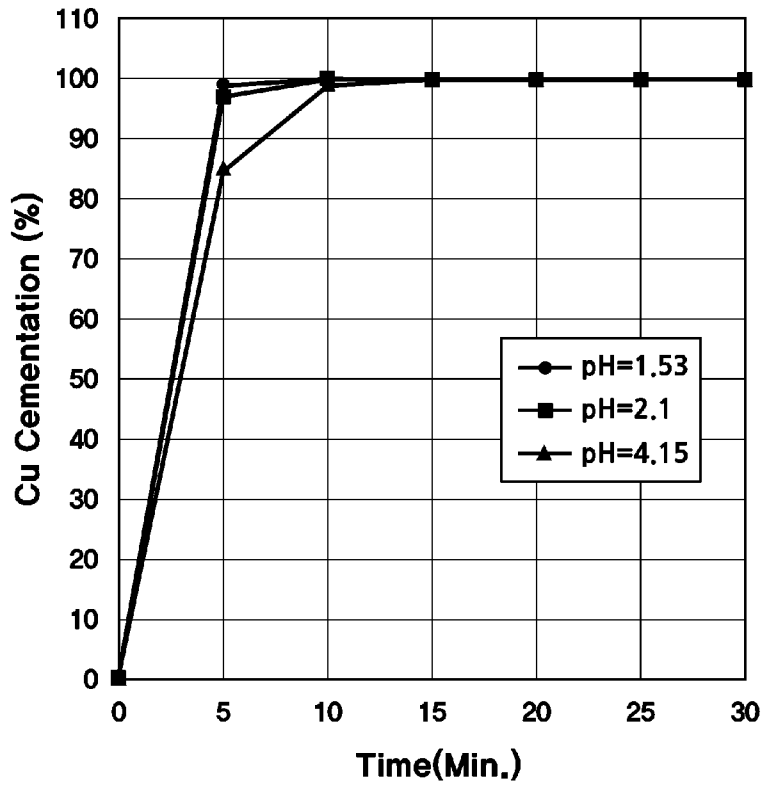
[Fig. 8]



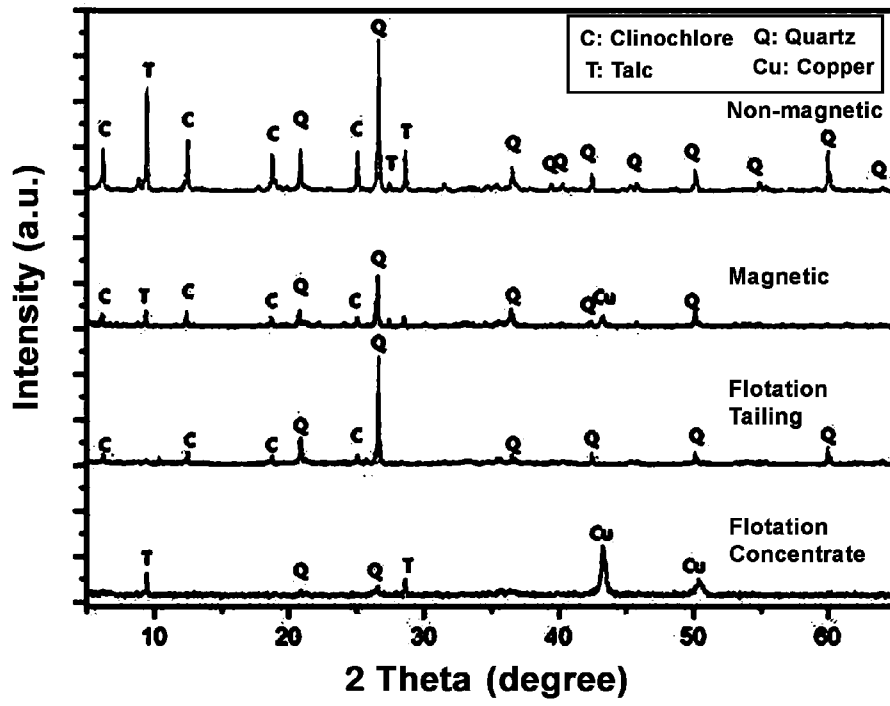
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/010840

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*C22B 3/06(2006.01)i, B07B 1/00(2006.01)i, C22B 15/00(2006.01)i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22B 3/06; C22B 3/44; C22B 23/00; C22B 3/04; C22B 3/08; C22B 1/00; C01G 7/00; C22B 3/42; B07B 1/00; C22B 15/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above  
 Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: copper, minerals, grain size, leaching processing, concentrate, magnetism, sorting

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-515585 A (M.I.M. HOLDINGS LIMITED, HIGHLANDS FRIEDA PTY. LIMITED) 21 November 2000 See abstract, claim 1, figure 1	1-11
A	KR 10-1999-0022567 A (CESL LIMITED) 25 March 1999 See abstract, claims 1, 28, figure 1- figure 4	1-11
A	KR 10-2004-0040460 A (INTEC LTD) 12 May 2004 See abstract, claims 1, 21, figure 1	1-11
A	KR 10-1999-0022250 A (GEOBIOTICS, LLC) 25 March 1999 See abstract, claims 1, 21, 40, figure 1- figure 5	1-11
A	JP 2537617 B2 (NISSHIN STEEL CO LTD) 25 September 1996 See claim 1, figure 1, figure 2	1-11

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

30 DECEMBER 2014 (30.12.2014)

Date of mailing of the international search report

30 DECEMBER 2014 (30.12.2014)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office  
 Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,  
 Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2014/010840**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date		
JP 2000-515585 A	21/11/2000	AT 195980 T	15/09/2000		
		AU 1996-49331 B2	14/01/1999		
		BG 101980 A	30/04/1998		
		BG 63315 B1	28/09/2001		
		CA 2215963 A1	26/09/1996		
		DE 69610081 D1	05/10/2000		
		EP 0815270 A1	07/01/1998		
		IN 187985 A1	03/08/2002		
		JP 03-705815 B2	12/10/2005		
		KR 10-0418944 B1	21/04/2004		
		US 05993635 A	30/11/1999		
		WO 96-29439 A1	26/09/1996		
		ZA 9602223 A	30/09/1996		
		KR 10-1999-0022567 A	25/03/1999	AU 1996-44766 B2	02/09/1999
				AU 1996-58889 B2	12/08/1999
AU 694960 B2	06/08/1998				
CA 2099333 A1	29/12/1994				
CA 2208026 A1	27/06/1996				
CA 2221930 C	23/11/2004				
CA 2221940 A1	19/12/1996				
EP 0832306 B1	05/01/2000				
EP 0924307 A1	23/06/1999				
EP 0930373 B1	03/09/2003				
JP 03-609421 B2	12/01/2005				
JP 04-180655 B2	12/11/2008				
JP 11-506166 A	02/06/1999				
KR 10-0352496 B1	18/11/2002				
US 2002-0012621 A1	31/01/2002				
US 6383460 B2	07/05/2002				
WO 96-19593 A1	27/06/1996				
WO 96-41027 A1	19/12/1996				
KR 10-2004-0040460 A	12/05/2004	AU 2002-328671 B2	20/11/2008		
		CA 2459899 A1	20/03/2003		
		EP 1434893 B1	20/02/2008		
		JP 2005-501973 A	20/01/2005		
		US 2004-0237720 A1	02/12/2004		
		US 7465334 B2	16/12/2008		
		WO 03-023077 A1	20/03/2003		
KR 10-1999-0022250 A	25/03/1999	AU 1996-61450 B2	09/03/2000		
		CA 2176147 C	07/05/2002		
		CA 2222900 C	01/04/2003		
		CN 1082031 C	03/04/2002		
		CN 1191521 A	26/08/1998		
		EP 0885170 A1	12/05/2004		
		GB 2298643 A	11/09/1996		
		JP 04146896 B2	10/09/2008		

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2014/010840**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
		JP 11-509467 A	24/08/1999
		JP 2008-302356 A	18/12/2008
		US 05431717 A	11/07/1995
		US 05573575 A	12/11/1996
		US 05611839 A	18/03/1997
		US 05676733 A	14/10/1997
		US 05766930 A	16/06/1998
		US 05800593 A	01/09/1998
		US 06083730 A	04/07/2000
		US 06107065 A	22/08/2000
		US 06146444 A	14/11/2000
		US 06159726 A	12/12/2000
		US 06387155 B1	14/05/2002
		US 06410304 B2	25/06/2002
		US 06652622 B2	25/11/2003
		US 06855527 B2	15/02/2005
		US 07156894 B2	02/01/2007
		US 07416882 B2	26/08/2008
		US 07429286 B2	30/09/2008
		US 07641714 B2	05/01/2010
		US 08029598 B2	04/10/2011
		US 2001-0001065 A1	10/05/2001
		US 2002-0194963 A1	26/12/2002
		US 2003-0013166 A1	16/01/2003
		US 2005-0005737 A1	13/01/2005
		US 2005-0112741 A1	26/05/2005
		US 2007-0107550 A1	17/05/2007
		US 2009-0035833 A1	05/02/2009
		US 2010-0199808 A1	12/08/2010
		WO 1995-015403 A1	08/06/1995
		WO 1996-038381 A1	05/12/1996
JP 2537617 B2	25/09/1996	JP 63-247319 A	14/10/1988



<b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b> C22B 3/06(2006.01)i, B07B 1/00(2006.01)i, C22B 15/00(2006.01)i		
<b>B. 조사된 분야</b> 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) C22B 3/06; C22B 3/44; C22B 23/00; C22B 3/04; C22B 3/08; C22B 1/00; C01G 7/00; C22B 3/42; B07B 1/00; C22B 15/00 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 구리, 광물, 입도, 침출, 정광, 자력, 선별		
<b>C. 관련 문헌</b>		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2000-515585 A (M.I.M. Holdings Limited, Highlands Frieda Pty. Limited) 2000.11.21 요약, 청구항 제1항, 도1 참조	1-11
A	KR 10-1999-0022567 A (코민코 엔지니어링 서비스 리미티드) 1999.03.25 요약, 청구항 제1항, 제28항, 도면1-도면4 참조	1-11
A	KR 10-2004-0040460 A (인텍 엘티디) 2004.05.12 요약, 청구항 제1항, 제21항, 도면1 참조	1-11
A	KR 10-1999-0022250 A (제오바이오텍스, 인크.) 1999.03.25 요약, 청구항 제1항, 제21항, 제40항, 도면1-도면5 참조	1-11
A	JP 2537617 B2 (NISSHIN STEEL CO LTD) 1996.09.25 청구항 제1항, 도면1, 도면2 참조	1-11
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2014년 12월 30일 (30.12.2014)	국제조사보고서 발송일 2014년 12월 30일 (30.12.2014)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140	심사관 김준규 전화번호 +82-42-481-8293	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일		
JP 2000-515585 A	2000/11/21	AT 195980 T	2000/09/15		
		AU 1996-49331 B2	1999/01/14		
		BG 101980 A	1998/04/30		
		BG 63315 B1	2001/09/28		
		CA 2215963 A1	1996/09/26		
		DE 69610081 D1	2000/10/05		
		EP 0815270 A1	1998/01/07		
		IN 187985 A1	2002/08/03		
		JP 03-705815 B2	2005/10/12		
		KR 10-0418944 B1	2004/04/21		
		US 05993635 A	1999/11/30		
		WO 96-29439 A1	1996/09/26		
		ZA 9602223 A	1996/09/30		
		KR 10-1999-0022567 A	1999/03/25	AU 1996-44766 B2	1999/09/02
				AU 1996-58889 B2	1999/08/12
AU 694960 B2	1998/08/06				
CA 2099333 A1	1994/12/29				
CA 2208026 A1	1996/06/27				
CA 2221930 C	2004/11/23				
CA 2221940 A1	1996/12/19				
EP 0832306 B1	2000/01/05				
EP 0924307 A1	1999/06/23				
EP 0930373 B1	2003/09/03				
JP 03-609421 B2	2005/01/12				
JP 04-180655 B2	2008/11/12				
JP 11-506166 A	1999/06/02				
KR 10-0352496 B1	2002/11/18				
US 2002-0012621 A1	2002/01/31				
US 6383460 B2	2002/05/07				
WO 96-19593 A1	1996/06/27				
WO 96-41027 A1	1996/12/19				
KR 10-2004-0040460 A	2004/05/12	AU 2002-328671 B2	2008/11/20		
		CA 2459899 A1	2003/03/20		
		EP 1434893 B1	2008/02/20		
		JP 2005-501973 A	2005/01/20		
		US 2004-0237720 A1	2004/12/02		
		US 7465334 B2	2008/12/16		
WO 03-023077 A1	2003/03/20				
KR 10-1999-0022250 A	1999/03/25	AU 1996-61450 B2	2000/03/09		
		CA 2176147 C	2002/05/07		
		CA 2222900 C	2003/04/01		
		CN 1082031 C	2002/04/03		
		CN 1191521 A	1998/08/26		
		EP 0885170 A1	2004/05/12		
		GB 2298643 A	1996/09/11		
		JP 04146896 B2	2008/09/10		

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
		JP 11-509467 A	1999/08/24
		JP 2008-302356 A	2008/12/18
		US 05431717 A	1995/07/11
		US 05573575 A	1996/11/12
		US 05611839 A	1997/03/18
		US 05676733 A	1997/10/14
		US 05766930 A	1998/06/16
		US 05800593 A	1998/09/01
		US 06083730 A	2000/07/04
		US 06107065 A	2000/08/22
		US 06146444 A	2000/11/14
		US 06159726 A	2000/12/12
		US 06387155 B1	2002/05/14
		US 06410304 B2	2002/06/25
		US 06652622 B2	2003/11/25
		US 06855527 B2	2005/02/15
		US 07156894 B2	2007/01/02
		US 07416882 B2	2008/08/26
		US 07429286 B2	2008/09/30
		US 07641714 B2	2010/01/05
		US 08029598 B2	2011/10/04
		US 2001-0001065 A1	2001/05/10
		US 2002-0194963 A1	2002/12/26
		US 2003-0013166 A1	2003/01/16
		US 2005-0005737 A1	2005/01/13
		US 2005-0112741 A1	2005/05/26
		US 2007-0107550 A1	2007/05/17
		US 2009-0035833 A1	2009/02/05
		US 2010-0199808 A1	2010/08/12
		WO 1995-015403 A1	1995/06/08
		WO 1996-038381 A1	1996/12/05
JP 2537617 B2	1996/09/25	JP 63-247319 A	1988/10/14