



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월07일
(11) 등록번호 10-1272291
(24) 등록일자 2013년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C22B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0099277

(22) 출원일자 2012년09월07일

심사청구일자 2012년09월07일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110077258 A

JP11510215 A

(73) 특허권자

한국지질자원연구원

대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)

(72) 발명자

김병수

전라북도 군산시 상신3길 19-6 (나운동)

이재천

대전광역시 유성구 배울2로 114 대덕테크노밸리1
1단지아파트 1102동 403호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박명식, 채희각

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 최정식

(54) 발명의 명칭 물리화학적 선별법에 의한 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 배출되는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법

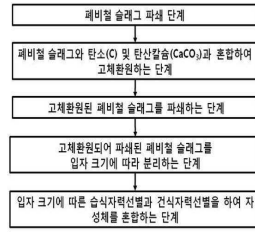
(57) 요약

본 발명은, 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 발생하는 폐비철 슬래그로부터 철을 농축 분리 회수하는 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 폐비철 슬래그에 환원제와 반응촉매제를 첨가한 뒤 고체환원반응에 의하여 폐비철 슬래그중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원철(Fe)과 탄화철(Fe_2C)로 결정구조를 변화시켜 과쇄하여 고체환원반응에 의하여 생성된 환원철과 탄화철을 단체분리시킨 후 입자크기에 따라서 습식자력선별과 건식자력선별하여 자성체로 철을 구리, 아연, 납 등의 비철 금속 함유량의 함이 1% 이하인 철농축물로 분리 회수하는 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 발생하는 폐비철 슬래그로부터 철을 농축 분리 회수하는 방법에 관한 것이다.

본 발명인 물리화학적 선별법에 의한 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 배출되는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법은, 폐비철 슬래그를 과쇄하는 단계와 얻어진 과쇄물을 환원제 및 반응촉매제와 함께 혼합하여 고체환원반응 함으로써 폐비철 슬래그중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원철(Fe)과 탄화철(Fe_2C)로 결정구조를 변화시키는 단계, 이어서 얻어진 산물을 과쇄하여 고체환원반응에 의하여 생성된 환원철과 탄화철을 단체분리시키는 단계와 얻어진 과쇄물을 입자 크기에 따라 분리하는 단계, 이어서 얻어진 입자크기에 따른 과쇄물을 습식자력선별과 건식자력선별하여 철을 자성체인 철농축물로 분리 회수하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다. 또한 본 기술은 결과물로 폐비철 슬래그에 함유된 아연을 고체환원반응 단계에서 환원 휘발하여 회수할 수 있을 뿐만 아니라 철을 미량 함유한 비자성체인 잔사는 환경적인 문제가 없어 시멘트 원료로 재자원화할 수 있게 하는 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 구리, 아연, 납 등 비철금속제련 공정에서 배출되는 산업폐기물인 폐비철 슬래그를 철의 용융 온도 이하에서 고체환원반응하여 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원철과 탄화철로 결정구조를 변화시킨 후 과쇄하여 고체환원반응에 의하여 생성된 환원철과 탄화철을 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 같은 성분과 단체분리시켜 습식자력선별과 건식자력선별하여 자성체로 철을 구리, 아연, 납 등의 비철 금속 함유량의 함이 1 중량% 이하인 철농축물로 분리 회수하도록 한다. 현재 폐비철 슬래그에는 철이 35 - 45 중량%로 매우 많은 양이 함유되고 있으나 철강의 열간 취성을 악화시키는 구리, 아연, 납 등의 비철 금속 함유량의 함이 4 중량% 이상으로 함유되어 있기 때문에 철강 원료로 사용되지 못하고 있는 폐비철슬래그를 철강 원료로 활용함으로써 자원빈국인 국내실정상 전량 수입에 의존하고 있는 철광석 대체제로 폐비철 슬래그를 이용할 수 있다는 효과가 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

정수복

대전광역시 유성구 노은서로 124

신도연

대전광역시 서구 계룡로 322 갈마포스빌 303호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NP2012-008

부처명 환경부

연구사업명 글로벌탑 환경기술개발사업

연구과제명 비철제련슬래그 및 자동차 폐촉매의 자원화 녹색공정 개발

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2011.08.01 ~ 2016.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

다음의 단계를 포함하는, 물리화학적 선별법에 의한 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 배출되는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법;

- (a) 폐비철 슬래그를 파쇄 하는 단계;
- (b) (a)단계에서 얻어진 파쇄물을 환원제 탄소와 반응촉매제 탄산칼슘(CaCO_3)과 함께 혼합하여 고체환원반응함으로써 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 산화납(PbO) 과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원철(Fe)과 탄화철(Fe_2C)로 결정구조를 변화시키는 단계;
- (c) (b) 단계에서 얻어진 산물을 파쇄하여 (b) 단계에서 생성된 환원철과 탄화철을 단체분리시키는 단계;
- (d) (c) 단계에서 얻어진 파쇄물을 입자 크기에 따라 분리하는 단계;
- (e) (d) 단계에서 얻어진 입자크기에 따른 파쇄물을 습식자력선별과 건식자력선별하여 철을 자성체인 철농축물로 분리 회수하여 혼합하는 단계

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 폐비철 슬래그를 지름 150~203 μm 범위로 파쇄하는 것을 특징으로 하는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 (b) 단계의 (a)단계에서 얻어진 파쇄물을 탄소와 탄산칼슘(CaCO_3)과 함께 혼합하여 고체 환원반응 함으로써 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 산화납(PbO) 과 무결정질 상태로 결합되어 있는 산화철을 환원철과 탄화철로 결정구조를 변화시키는 단계는 폐비철 슬래그 대비 탄소를 5~40 중량%로 그리고 탄산칼슘(CaCO_3)을 3~20 중량%로 균일하게 혼합하고 상기 폐비철 슬래그와 탄소 그리고 탄산칼슘의 혼합물을 전기로에 5~15 cm 범위의 두께로 장입하여 1000~1300 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 30~90분 동안 공기를 0.5~1.5 ℓ/min 로 통과시키면서 고체환원반응을 하는 것을 특징으로 하는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 (c) 단계의 (b) 단계에서 얻어진 산물을 파쇄하여 (b)단계에서 생성된 환원철과 탄화철을 단체분리시키는 단계는 (b) 단계에서 얻어진 산물을 지름 61~104 μm 범위로 파쇄하는 것을 특징으로 하는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 (d) 단계의 (c) 단계에서 얻어진 파쇄물을 입자 크기에 따라 분리하는 단계는 61~74 μm 범위의 입도와 75~104 μm 범위의 입도로 분리하는 것을 특징으로 하는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는

방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 (e) 단계에서 (d) 단계에서 얻어진 입자크기에 따른 과쇄물을 습식자력선별과 건식자력선별하여 철을 자성체인 철농축물로 분리 회수하여 혼합하는 것을 특징으로 하는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 (e) 단계의 (d) 단계에서 얻어진 입자크기에 따른 과쇄물을 습식자력선별과 건식자력선별하여 철을 자성체인 철농축물로 분리 회수하여 혼합하는 단계는 61~74 μm 범위의 입도에 대해서는 2500~3500 가우스에서 습식자력선별하여 자성체로 환원철과 탄화철을 분리하고, 75~104 μm 범위의 입도에 대해서는 200~400 가우스에서 건식자력선별하여 자성체로 환원철과 탄화철을 분리하여, 각각 습식자력선별과 건식자력선별에서 얻어진 자성체를 혼합하는 것을 특징으로 하는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 산업폐기물로 배출되는 폐비철 슬래그로부터 철강 원료로 사용되는 철을 회수하는 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 발생하는 폐비철 슬래그를 과쇄하여 얻어진 과쇄물을 환원제로 탄소와 반응촉매제로 탄산칼슘(CaCO_3)과 혼합하여 철의 용융온도 이하에서 고체환원반응함으로써 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원철과 탄화철로 결정구조를 변화시키고 과쇄하여 환원철과 탄화철을 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등의 성분과 단계분리시켜 습식자력선별과 건식자력선별하여 환원철과 탄화철을 자성체인 철농축물로 분리 회수하는 물리화학적 선별법에 의한 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 배출되는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법에 관한 것으로 구리, 아연, 납 등 비철금속제련 공정에서 배출되는 산업폐기물인 철을 35 - 45 중량% 함유한 폐비철 슬래그를 철의 용융온도 이하에서 환원제로 탄소와 반응촉매제로 탄산칼슘을 첨가하여 고체환원반응하여 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원철과 탄화철로 결정구조를 변화시켜 자력선별하여 폐비철 슬래그 중에 함유된 철을 용이하게 농축 분리 회수할 수 있도록 하여 공정비용 상승을 일으키는 다양하고 많은 량의 슬래그 형성체를 사용하지 않으면서 철강의 원료로 사용되는 철을 60% 이상 함유한 고품위 철농축물을 회수할 수 있는 것이다. 뿐만 아니라 반응촉매제로 탄산칼슘의 이용은 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합되어 있어 반응성이 매우 낮은 산화철의 고체환원반응을 촉진하여 공정시간을 단축할 수 있는 것이다. 또한 본 기술은 결과물로 폐비철 슬래그에 함유된 아연을 고체환원반응 단계에서 환원 휘발하여 회수할 수 있을 뿐만 아니라 철을 미량 함유한 비자성체인 잔사는 환경적인 문제가 없어 시멘트 원료로 재자원화할 수 있게 하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 구리 정광과 납 정광의 건식제련 공정과 아연의 습식제련 공정에서 배출되는 잔사의 재처리를 위한 건식제련 공정에서 배출되는 폐비철 슬래그에는 철이 다량 들어있다. 회수 대상인 철의 함량은 상기 비철금속의 건식제련 공정에 따라 달라지지만 대략적으로 철이 35~45 중량% 정도 함유되어 있는 것으로 알려져 있다.

[0003] 그럼에도 불구하고 현재까지는 폐비철 슬래그에는 철강의 열간 취성을 악화시키는 구리, 아연, 납 등의 비철 금속 함유량의 합이 4 중량% 이상으로 함유되어 있기 때문에 철강 원료로 사용되지 못하고 있는 실정이었다.

- [0004] 따라서 종래 기술로서 철강슬래그에서 철을 회수하는 기술들은 다양하게 발전되어 왔으나, 폐비철 슬래그로부터 철을 회수하는 기술은 실시되고 있지 않은 상황이다.
- [0005] 대한민국 공개공보 2005-76556호에는 고로 수재슬래그로부터 철분회수 및 분철의 제조방법이 기재되어 있다. 이 발명은 제철공정에서 선철 제조시 발생하는 슬래그로부터 완전하게 제거되지 않아, 슬래그의 품질저하 요인이 되고 있는, 고로수재슬래그에 내재된 철분을 제거하고 이를 이용하는 방법에 관한 것으로, 특히 수재슬래그 내에 혼재되어 있는 철분을 자력선별하여 이를 고가의 분철원료로 직접 사용하거나 분쇄 환원하여 고부가 스폰지형의 분철을 제조하는 방법에 관한 것이나, 이 방법으로는 폐비철슬래그의 특징인 철강의 열간 취성을 악화시키는 비철금속의 문제를 해결하는 방법을 알 수 없으며, 폐비철 슬래그 내의 철성분은 무결정질 상태로 결합되어 있어 환원반응성이 매우 낮다는 문제점을 해결할 수 없다.
- [0006] 또한 대한민국 공개공보 2002-36075호에는 비철금속 슬러지에서 유가금속을 추출하는 기술이 기재되어 있다. 이 발명은 산업 현장에서 버려지는 비철 금속의 슬러지 속에 함유되어 있는 소량의 유가금속을 추출하는 기술이 기재되어 있으나, 무결정질 상태로 다량 포함되어 있는 폐비철 슬래그의 철성분의 처리에 대하여는 기제가 없다.
- [0007] 또한, 대한민국 공개특허공보 2002-51631호에는 제강공정에서 부산물로 발생하는 슬래그에서 철분을 분리하는 방법에 관한 것으로, 분슬래그를 입도별로 자력선별 처리함으로써 철분회수율을 높일 수 있는 슬래그에서 철분 회수방법을 기재하고 있으나, 이 발명도 무결정질 상태로 다량 포함되어 있는 폐비철 슬래그의 철성분의 처리에 대하여는 기제가 없다.
- [0008] 한편, 구리 정광의 건식제련 공정에서는 구리 1톤 생산량 당 2톤의 폐비철 슬래그가, 납 정광의 건식제련 공정에서는 납 1톤 생산량 당 0.45톤의 폐비철 슬래그가 그리고 아연의 습식제련 공정에서 배출되는 잔사의 재처리를 위한 건식제련 공정에서는 아연 1톤 생산량 당 0.2톤의 폐비철 슬래그가 발생되고 있으며, 이로인한 환경오염이 사회문제로 대두되고 있다.
- [0009] 그러나, 상기와 같은 폐비철 슬래그의 산업폐기물에 다량 함유되어 있는 철은, 폐기물로 처리하기에는 매우 가까운 자원이 아닐 수 없으며, 따라서 자원재활용의 측면에서 회수되는 것이 국가 경제적으로 요구된다 할 수 있으며, 이를 회수하고 재활용함으로써 자원의 유효이용 측면에서 대단히 유용하다고 할 수 있을 것이다.
- [0010] 이와 같은 폐비철 슬래그의 산업폐기물로부터 철을 회수하는 방법에는 크게 물리적 선별법과 건식법으로 대별될 수 있다.
- [0011] 이중 물리적 선별법은, 폐비철 슬래그를 파쇄한 후 산화처리하여 자력선별함으로써 철을 분리 회수하는 방법으로 폐비철 슬래그 중에 함유된 산화철의 반응성이 매우 낮아 폐비철 슬래그의 산화처리에 의한 결정구조의 변화가 매우 어려워 철의 분리 회수율이 50% 이하로 매우 낮고, 또한 회수된 철농축물에는 철강의 열간 취성을 악화시키는 구리, 아연, 납 등의 비철금속이 구리의 경우 1%, 아연의 경우 2%, 그리고 납의 경우 1% 이상 매우 많은 양을 함유하는 단점이 있어, 폐비철 슬래그를 파쇄한 후 산화처리하여 자력선별하는 방법에 의하여 회수된 철농축물을 철강의 원료로 사용하기에는 재처리가 필요한 단점이 있다. 따라서 폐비철 슬래그를 파쇄한 후 산화처리하여 자력선별하는 방법은 아직까지 상업화된 공정이 없는 실정이다.
- [0012] 반면에, 건식법은 용융로를 이용하여 폐비철 슬래그를 알루미늄(Al_2O_3), 생석회(CaO), 마그네시아(MgO), 규석(SiO_2) 등과 같은 다양한 슬래그 조성 조절제인 용제와 환원제인 탄소를 가한 다음 1550~1600℃ 정도 철의 용융 온도 이상인 고온에서 용융하여 철을 회수하는 방법으로 다양한 슬래그 조성 조절제인 용제가 사용되어 비용면에서 불리하고 공정의 제어가 어려우며 온도가 높다는 단점이 있다. 또한, 폐비철 슬래그에 함유된 구리, 아연, 납 등 철강의 열간 취성을 악화시키는 비철금속이 앞에서 설명한 물리적 선별법보다 더욱 많이 철과 함께 회수되어 철강의 원료로 사용하기에는 복잡한 재처리가 필요한 단점이 있다. 이에 아직까지 폐비철 슬래그의 산업폐기물로부터 철을 회수하는 상업화된 건식공정은 없는 실정이다.
- [0013] 한편, 구리, 아연, 납 등의 비철금속이 함유되어 있지 않는 철을 10 - 25 중량% 함유한 철강슬래그로부터 철을 회수하는 방법에는 크게 물리적 선별법과 건식법이 있으며, 이와 같은 방법에서는 구리, 아연, 납 등의 비철금속을 제거하는 단계가 필요 없어 폐비철 슬래그의 산업폐기물로부터 철을 회수하는 방법과는 기술적으로 매우 단순한 방법이다.
- [0014] 이에 본 발명자들은 상기 종래 기술의 문제점을 해결하고자 예의 노력한 결과, 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 발생하는 폐비철 슬래그를 파쇄하여 얻어진 파쇄물을 환원제로 탄소와 반응축매제로 탄산칼슘($CaCO_3$)과 혼

합하여 철의 용융온도 이하에서 고체환원반응함으로써 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원철과 탄화철로 결정구조를 변화시킨 후 파쇄하여 환원철과 탄화철을 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 같은 성분들과 단체분리시켜 습식자력선별과 건식자력선별하여 자성체로 철을 구리, 아연, 납 등의 비철 금속 함유량의 합이 1% 이하인 철농축물로 분리 회수하여 회수된 철농축물을 재처리 없이 철강의 원료로 사용할 수 있다는 것을 확인하고, 본 발명을 완성하게 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 상기한 바와 같이 폐비철 슬래그로부터 철을 농축 회수하는 방법은 철의 회수율이 낮거나 알루미늄(Al_2O_3), 생석회(CaO), 마그네시아(MgO), 규석(SiO_2) 등과 같은 다양한 슬래그 성분 조절제를 사용하여야만 하고 동시에 조업온도가 고온이기 때문에 조업이 어려우면서 처리비용이 많이 든다는 단점이 있고, 또한 폐비철 슬래그에 함유된 구리, 아연, 납 등 철강의 열간 취성을 악화시키는 비철금속이 철과 함께 회수되어 철강의 원료로 사용하기에는 재처리가 필요한 단점이 있다. 따라서 본 발명의 목적은 공정비용 상승을 일으키는 다양하고 많은 량의 슬래그 형성제의 사용량을 획기적으로 절감하면서 탄산칼슘을 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철의 고체환원반응의 반응촉매제로 탄산칼슘을 사용하여 폐비철 슬래그에 함유된 산화철을 환원철과 탄화철로 결정구조의 변환속도를 증진시켜 철의 분리 회수율을 증진시키고, 동시에 고체환원반응을 이용하여 공정온도를 낮추어 조업을 용이하게 하여 처리비용을 절약할 수 있는 물리화학적 선별법에 의한 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 발생하는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법을 제공하는데 있다.

[0016] 또한 본 기술은 결과물로 폐비철 슬래그에 함유된 아연을 환원 휘발하여 회수할 수 있을 뿐만 아니라 철을 미량 함유한 비자성체인 잔사는 환경적인 문제가 없어 시멘트 원료로 재자원화할 수 있게 하는 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0017] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 (a) 폐비철 슬래그를 파쇄하는 단계; (b) (a)단계에서 얻어진 파쇄물을 환원제인 탄소 및 반응촉매제인 탄산칼슘과 함께 혼합하고 고체환원반응함으로써 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원철(Fe)과 탄화철(Fe_2C)로 결정구조를 변화시키는 단계; (c) (b)단계에서 얻어진 산물을 파쇄하여 고체환원반응에서 생성된 환원철과 탄화철을 단체분리시키는 단계; (d) (c) 단계에서 얻어진 파쇄물을 입자 크기에 따라 분리하는 단계; (e) (d) 단계에서 얻어진 입자크기에 따른 파쇄물을 습식자력선별과 건식자력선별하여 철을 자성체인 철농축물로 분리 회수하여 혼합하는 단계를 포함하는, 물리화학적 선별법에 의한 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 발생하는 폐비철 슬래그로부터 철을 분리 회수하는 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따르면, 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원제로 탄소와 반응촉매제로 탄산칼슘을 첨가하여 철의 용융온도 이하에서 고체환원반응에 의하여 폐비철슬래그에 함유된 산화철을 환원철과 탄화철로 전환함으로써 조업온도를 낮추어 조업을 용이하게 하고, 또한 고체환원반응에 의하여 생성된 환원철과 탄화철을 파쇄하여 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 같은 성분들과 단체분리하여 자력선별에 의한 철의 분리 회수공정을 용이하게 하여 공정비용 상승을 일으키는 슬래그 형성제의 수와 투입량을 획기적으로 줄이고, 또한 회수된 철농축물을 재처리 없이 철강의 원료로 사용할 수 있다는 효과가 있는 것이다.

- [0019] 또한 본 발명에서는 구리, 아연, 납 등 비철금속제련 공정에서 배출되는 산업폐기물인 철을 35 - 45 중량% 함유한 페비철 슬래그로부터 철강의 원료로 사용되는 철을 60 중량% 이상 함유한, 구리, 아연, 납 등의 비철 금속 함유량의 합이 1% 이하인 고품위 철농축물을 회수하도록 하는 효과가 있다.
- [0020] 뿐만 아니라 구리 정광의 건식제련 공정에서는 구리 1톤 생산량 당 2톤의 페비철 슬래그가, 납 정광의 건식제련 공정에서는 납 1톤 생산량 당 0.45톤의 페비철 슬래그가 그리고 아연의 습식제련 공정에서 배출되는 잔사의 재처리를 위한 건식제련 공정에서는 아연 1톤 생산량 당 0.2톤의 페비철 슬래그가 발생되고 있어, 현재 국내에서는 해마다 140 만톤 이상의 페비철 슬래그가 매립 처분되고 있어 페비철 슬래그에 의한 자원의 낭비와 환경오염 문제를 적극적으로 해결할 수 있다는 효과가 있다.
- [0021] 한편 본 발명 기술은 고체환원반응 단계에서 반응촉매제로 탄산칼슘의 이용은 반응성이 매우 낮은 페비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철의 고체환원반응을 촉진하여 공정시간을 단축할 수 있게 하고, 또한 본 기술은 결과물로 페비철 슬래그에 함유된 아연을 고체환원반응 단계에서 환원 휘발하여 회수할 수 있게 하고, 발생하는 철을 미량 함유한 비자성체인 잔사는 환경적인 문제가 없어 재자원화할 수 있게 하는 방법을 제공하는 효과가 있다.
- [0022] 그러므로 본 발명은 환경오염을 유발하는 공정잔사가 발생하지 않는 에너지 절약 환경친화적 기술로써 산업폐기물을 자원화하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1 : 본 발명에 의한 공정을 도시한 블록도
- 도 2 : 본 발명의 의한 페비철 슬래그로부터의 철을 회수하는 단계별 공정 블록도
- 도 3 : 본 발명의 일실시에 따른 페비철 슬래그로부터의 철을 회수하는 방법에 의하여 제조된 철농축물의 X-선 회절패턴(X-Ray Diffraction Pattern) 도면
- 도 4 : 본 발명의 일실시에 따른 페비철 슬래그로부터의 철을 회수하는 방법에 의하여 회수된 아연농축물의 X-선 회절패턴(X-Ray Diffraction Pattern) 도면

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명은 일 관점에서, (a) 페비철 슬래그를 파쇄 하는 단계; (b) (a)단계에서 얻어진 파쇄물을 환원제 탄소와 반응촉매제 탄산칼슘($CaCO_3$)과 함께 혼합하여 고체환원반응함으로써 페비철 슬래그에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철을 환원철(Fe)과 탄화철(Fe_2C)로 결정구조를 변화시키는 단계; (c) (b) 단계에서 얻어진 산물을 파쇄하여 (b)단계에서 생성된 환원철과 탄화철을 단체분리시키는 단계; (d) (c) 단계에서 얻어진 파쇄물을 입자 크기에 따라 분리하는 단계; (e) (d) 단계에서 얻어진 입자크기에 따른 파쇄물을 습식자력선별과 건식자력선별하여 철을 자성체인 철농축물로 분리 회수하여 혼합하는 단계를 포함하는, 물리화학적 선별법에 의한 구리, 아연, 납 등 비철제련공정에서 발생하는 페비철 슬래그로부터 철을 농축 회수하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 본 발명에 있어서, 상기 (a) 단계의 페비철 슬래그를 파쇄하는 단계는 페비철 슬래그를 지름 150~203 μm 범위로 파쇄하는 것을 특징으로 할 수 있다. 상기 페비철 슬래그 입도가 150 μm 미만이면 고체환원반응 시간이 단축되거나 크게 단축되지 않고 오히려 에너지 소모가 증가되기 때문에 그에 따른 이익이 없다. 또한 상기 페비철 슬래그 입도가 203 μm 초과면 고체환원반응 시간이 길어지는 단점과 함께 탄화철의 성분이 증가하여 공정제어에 시간이 더욱 소요되는 문제점이 있다.
- [0026] 본 발명에 있어서, 상기 (b) 단계의 (a)단계에서 얻어진 파쇄물을 탄소와 탄산칼슘($CaCO_3$)과 함께 혼합하여 고체환원반응 함으로써 페비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합되어 있는 산화철을 환원철과 탄화철로 결정구조를 변화시키는 단계는 페비철 슬래그 대비 탄소를 5~40 중량%로 그리고 탄산칼슘($CaCO_3$)을 3~20 중량%로 균일하게 혼합하여 전기로에 상기 혼합물을 5~15 cm 범위의 두께로 장입하여 1000~1300℃의 온도로 30~90분 동안 공기를 0.5~1.5 ℓ / min 로 통과시키면서 고체환원반응을 하는 것을 특징으로 할 수 있다. 한편,

(b) 단계에서는 폐비철 슬래그 중에 함유된 산화철의 90%~95 중량%가 자성체인 환원철과 탄화철로 환원되며, 그 중에서 90%~95%는 자성체인 환원철로 환원되고, 5%~10%는 자성체인 탄화철로 환원된다.

[0027] 이때, 환원제인 탄소는 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합되어 있는 산화철을 환원하여 환원철과 탄화철로 결정구조를 바꾸기 위하여 투입된다. 상기 탄소 첨가량이 5중량% 미만이면 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합되어 있는 산화철의 환원이 완전히 이루어지지 않아 (c) 단계에서의 환원철과 탄화철의 단체분리가 어려운 단점이 있다. 또한 상기 탄소 첨가량이 40중량% 초과면 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정상태로 결합되어 있는 산화철의 환원율이 증가되나 크게 증가되지 않아 그에 따른 이익이 없다.

[0028] 또한, 반응촉매제인 탄소칼슘은 폐비철 슬래그의 고체환원반응 속도를 촉진하기 하기 위하여 투입된다. 상기 탄산칼슘 첨가량이 3중량% 미만이면 폐비철 슬래그의 고체환원반응 속도의 증진되는 효과가 없어 그에 따른 이익이 없다. 또한 상기 탄산칼슘의 첨가량이 20중량% 초과면 폐비철 슬래그의 고체환원반응 속도가 증진되나 그 효과가 크지 않아 그에 따른 이익이 없다.

[0029] 또한, 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합되어 있는 산화철의 환원에 대한 환원제 탄소의 효율을 증진시키기 위하여 파쇄된 폐비철 슬래그와 탄소 그리고 탄산칼슘의 혼합물이 일정 두께이상으로 전기로에 투입된다. 상기 혼합물의 두께가 5 cm 미만이면 시료내의 탄소 환원분위기가 약화되어 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합되어 있는 산화철의 환원율이 떨어지는 단점이 있다. 또한 상기 혼합물의 두께가 15 cm 초과면 시료내의 탄소 환원분위기가 강화되어 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합되어 있는 산화철의 환원율이 증가되는 효과는 있으나 폐비철 슬래그에 함유된 아연의 환원 휘발 회수율이 떨어져 (c) 단계에서 환원철과 탄화철의 단체분리가 어려운 단점이 있다.

[0030] 또한, 상기 용융온도가 1000℃ 미만이면 폐비철 슬래그의 고체환원반응이 완전히 이루어지지 않고, 동시에 아연의 환원 휘발율이 악화되는 단점이 있다. 상기 용융온도가 1300℃ 초과면 폐비철 슬래그의 고체환원반응이 빨라지나 그 효과가 크지 않고 오히려 폐비철 슬래그가 로벽에 용착하는 현상이 일어나는 단점이 있다.

[0031] 또한 상기 고체환원반응 시간이 30분 미만이면 폐비철 슬래그의 고체환원반응이 완전히 이루어지지 않는 단점이 있다. 상기 고체환원반응 시간이 90분 초과면 폐비철 슬래그의 환원율이 증가되나 그 효과가 크지 않아 그에 따른 이익이 없다.

[0032] 또한, 상기 공기 주입 속도가 0.5 l/min 미만이면 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합되어 있는 산화철의 환원율이 증가되는 효과는 있으나 폐비철 슬래그에 함유된 아연의 환원 휘발 회수율이 떨어져 (c) 단계에서 환원철과 탄화철의 단체분리가 어려운 단점이 있다. 상기 공기 주입 속도가 1.5 l/min 초과면 폐비철 슬래그에 함유된 아연의 환원 휘발 회수율이 증가되는 효과는 있으나 그 효과가 크지 않고 오히려 환원제 탄소의 소모가 증대되는 단점이 있다.

[0033] 본 발명에 있어서, 상기 (c) 단계의 (b) 단계에서 얻어진 산물을 파쇄하여 (b)단계에서 생성된 환원철과 탄화철을 단체분리시키는 단계는 (b) 단계에서 얻어진 산물을 지름 61~104 μm 범위로 파쇄하는 것을 특징으로 할 수 있다. 상기 폐비철 슬래그 입도가 61 μm 미만이면 단체 분리도는 증가되나 크게 증가되지 않고 오히려 분진 발생량이 증가되기 때문에 그에 따른 이익이 없다. 또한 상기 폐비철 슬래그 입도가 104 μm 초과면 단체 분리도가 작아지는 단점이 있다.

[0034] 한편, 환원된 폐비철 슬래그를 61~104 μm 범위로 파쇄하는 이유는 환원된 폐비철 슬래그에 함유된 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 철을 효율적으로 단체분리하기 위함이다.

- [0035] 본 발명에 있어서, 상기 (d) 단계의 (c) 단계에서 얻어진 과쇄물을 입자 크기에 따라 분리하는 단계는 sieve를 이용하여 61~74 μm 범위의 입도와 75~104 μm 범위의 입도로 분리하는 것을 특징으로 한다. 상기 폐비철 슬래그 입도 74 μm 를 기준으로 분리하는 것은 (e) 단계에서 수행되는 자력선별에서 효율적으로 철을 농축 분리 회수하기 위함이다.
- [0036] 본 발명에 있어서, 상기 (e) 단계의 (d) 단계에서 얻어진 입자크기에 따른 과쇄물을 습식자력선별과 건식자력선별하여 철을 자성체인 철농축물로 분리 회수하여 혼합하는 단계는 61~74 μm 범위의 입도에 대해서는 2500~3500 가우스에서 습식자력선별하여 자성체로 환원철과 탄화철을 분리하고, 75~104 μm 범위의 입도에 대해서는 200~400 가우스에서 건식자력선별하여 자성체로 환원철과 탄화철을 분리하여 습식자력선별과 건식자력선별에서 얻어진 자성체를 혼합하는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 여기서 61~74 μm 범위의 입도에 대하여 습식자력선별을 이용하는 것은 입도가 작기 때문에 발생하는 물리적으로 입자간의 끌어당기는 힘에 의하여 나타나는 응집현상을 방지하여 철의 분리 회수율을 높이고, 또한 선별과정에서의 분진의 발생을 방지하여 환경 친화적인 조업이 가능하도록 하기 위함이다.
- [0038] 한편, 습식자력선별은 물과 함께 과쇄물을 자장속에 통과시켜 자성체와 비자성체를 분리하는 방법이며, 건식자력선별은 물을 사용하지 않고 과쇄물을 자장속에 통과시켜 자성체와 비자성체를 분리하는 방법이다.
- [0039] 이때, 상기 습식자력선별에서 2500 가우스 미만에서는 환원철과 탄화철의 비자성체로 손실율이 증가하여 자성체로의 철의 회수율이 낮아지는 단점이 있다. 또한 상기 자력세기 3500 가우스 초과에서는 자성체로 환원철과 탄화철의 회수율은 증가되나 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등이 환원철 및 탄화철과 함께 자성체로 분리되어 자성체 혼합물 중의 철의 품위가 낮아지는 단점이 있다.
- [0040] 또한 상기 건식자력선별에서 200 가우스 미만에서는 환원철과 탄화철의 비자성체로 손실율이 증가하여 자성체로의 철의 회수율이 낮아지는 단점이 있다. 또한 상기 자력세기 400 가우스 초과에서는 자성체로 환원철과 탄화철의 회수율은 증가되나 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등이 환원철 및 탄화철과 함께 자성체로 분리되어 자성체 혼합물 중의 철의 품위가 낮아지는 단점이 있다.
- [0041] 이때, 상기 습식자력선별과 건식자력선별에서 자성체와 비자성체를 분리한 후 환원철과 탄화철이 농축된 자성체는 서로 혼합하여 철강 원료로 사용하고, 철이 매우 낮게 함유된 비자성체는 시멘트의 원료로 사용한다.
- [0042] 결국, 본 발명은 고체환원반응 공정에서 반응촉매제로 탄산칼슘을 이용하여 반응성이 매우 낮은 폐비철 슬래그 중에 알루미늄(Al_2O_3), 석회석(CaO), 산화마그네슘(MgO), 규석(SiO_2), 산화아연(ZnO), 산화동(CuO), 그리고 산화납(PbO) 등과 무결정질 상태로 결합된 산화철의 고체환원반응 속도를 촉진시켜 공정시간을 단축할 수 있게 함과 동시에 결과물로 폐비철 슬래그에 함유된 아연을 고체환원반응 단계에서 환원 휘발하여 회수할 수 있게 하고, 또한 발생하는 철을 미량 함유한 비자성체인 잔사는 환경적인 문제가 없어 재자원화할 수 있게 하는 방법을 제공하는 에너지 절약 환경친화적 기술임과 동시에 버려지고 있는 산업폐기물을 자원화할 수 있는 기술을 제시한다는 점에서 그 의미가 있다고 할 것이다.
- [0043] 이하 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 한정되는 것은 아니라는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

실시예 1

- [0044] 폐비철 슬래그를 150~203 μm 범위로 과쇄하였다. 다음에 과쇄된 폐비철 슬래그와 환원제인 탄소와 반응촉매제 탄산칼슘(CaCO_3)을 혼합 하였다. 혼합비율은 폐비철 슬래그 대비 탄소를 25 중량% 그리고 탄산칼슘(CaCO_3)를 10 중량%가 되도록 평량한 뒤 브이믹서를 사용하여 균일하게 혼합하였다.(브이믹서, 한양화학, KR) 균일하게 혼합된 원료를 전기로에 5 cm 두께로 투입하여 1250 $^{\circ}\text{C}$ 에서 30 동안 공기를 1.0 ℓ/min 로 주입하면서 고체환원하였다. 이어서 얻어진 고체시료를 61~104 μm 범위로 과쇄하고, 얻어진 과쇄물을 61~74 μm 범위의 입도와 75~104 μm 범위의 입도로 분리하였다. 이후 61~74 μm 범위의 입도에 대해서는 2500 가우스에서 습식자력선별하여 자성체로 환원철과 탄화철을 분리하였고, 75~104 μm 범위의 입도에 대해서는 300 가우스에서 건식자력선별하여 자성체로

환원철과 탄화철을 분리하여, 각각 습식자력선별과 건식자력선별에서 얻어진 자성체를 혼합하여 철을 자성체인 철농축물로 분리하여 회수하였다.

[0045] 그 결과, 폐비철 슬래그 500 g중에 들어있는 철이 208.0 g, 아연이 28.0 g이었으며, 본 발명에 의하여 회수된 철농축물인 자성체에 존재하는 철의 함유량이 193.8 g 이면서 구리, 아연, 납 등의 비철 금속의 함유량의 합이 1% 이하이고, 아연농축물인 분진에 존재하는 아연의 함유량은 27.4 g 으로서 철, 아연 모두 회수율이 90% 이상이었다.

실시예 2

[0046] 폐비철 슬래그를 150~203 μm 범위로 과쇄하였다. 다음에 과쇄된 폐비철 슬래그와 환원제인 탄소와 반응촉매제 탄산칼슘(CaCO₃)을 혼합 하였다. 혼합비율은 폐비철 슬래그 대비 탄소를 30 중량% 그리고 탄산칼슘(CaCO₃)를 5 중량%가 되도록 평량한 뒤 브이믹서를 사용하여 균일하게 혼합하였다.(브이믹서, 한양과학, KR) 균일하게 혼합된 원료를 전기로에 10 cm 두께로 투입하여 1150℃에서 60분 동안 공기를 1.5 l/min 로 주입하면서 고체환원하였다. 이어서 얻어진 고체시료를 61~104 μm 범위로 과쇄하고, 얻어진 과쇄물을 61~74 μm 범위의 입도와 75~104 μm 범위의 입도로 분리하였다. 이후 61~74 μm 범위의 입도에 대해서는 3000 가우스에서 습식자력선별하여 자성체로 환원철과 탄화철을 분리하였고, 75~104 μm 범위의 입도에 대해서는 250 가우스에서 건식자력선별하여 자성체로 환원철과 탄화철을 분리하여, 각각 습식자력선별과 건식자력선별에서 얻어진 자성체를 혼합하여 철을 자성체인 철농축물로 분리하여 회수하였다.

[0047] 그 결과, 폐비철 슬래그 1000 g중에 들어있는 철이 446.4 g, 아연이 21 g 이었으며, 본 발명에 의하여 회수된 철농축물인 자성체에 존재하는 철의 함유량이 404.7 g이면서 구리, 아연, 납 등의 비철 금속의 함유량의 합이 1% 이하이고, 아연농축물인 분진에 존재하는 아연의 함유량은 19.9 g 으로서 철, 아연 모두 회수율이 90% 이상이었다.

[0048]

실시예 3

[0049] 폐비철 슬래그를 150~203 μm 범위로 과쇄하였다. 다음에 과쇄된 폐비철 슬래그와 환원제인 탄소와 반응촉매제 탄산칼슘(CaCO₃)을 혼합 하였다. 혼합비율은 폐비철 슬래그 대비 탄소를 10 중량% 그리고 탄산칼슘(CaCO₃)를 15 중량%가 되도록 평량한 뒤 브이믹서를 사용하여 균일하게 혼합하였다.(브이믹서, 한양과학, KR) 균일하게 혼합된 원료를 전기로에 15 cm 두께로 투입하여 1100℃에서 90 동안 공기를 0.5 l/min 로 주입하면서 고체환원하였다. 이어서 얻어진 고체시료를 61~104 μm 범위로 과쇄하고, 얻어진 과쇄물을 61~74 μm 범위의 입도와 75~104 μm 범위의 입도로 분리하였다. 이후 61~74 μm 범위의 입도에 대해서는 3500 가우스에서 습식자력선별하여 자성체로 환원철과 탄화철을 분리하였고, 75~104 μm 범위의 입도에 대해서는 350 가우스에서 건식자력선별하여 자성체로 환원철과 탄화철을 분리하여, 각각 습식자력선별과 건식자력선별에서 얻어진 자성체를 혼합하여 철을 자성체인 철농축물로 분리하여 회수하였다.

[0050] 그 결과, 폐비철 슬래그 1500 g중에 들어있는 철이 643.5 g, 아연이 39.6 g 이었으며, 본 발명에 의하여 회수된 철농축물인 자성체에 존재하는 철의 함유량이 581.8 g 이면서 구리, 아연, 납 등의 비철 금속의 함유량의 합이 1% 이하이고, 아연농축물인 분진에 존재하는 아연의 함유량은 36.7 g 으로서 철, 아연 모두 회수율이 90% 이상이었다.

[0051] 상기 실시예1, 실시예2, 실시예3에서 각 시료에 대한 첨가량과 회수율은 표1, 표2, 표3에 각각 나타난 바와 같다.

표 1

[0052]

첨가물질						회수율(%)		함유량(중량%)			
폐비철슬래그		탄소 (C)		탄산칼슘(CaCO ₃)							
비율 (%)	첨가량 (g)	비율 (%)	첨가량 (g)	비율 (%)	첨가량 (g)	Fe	Zn	Fe	Zn	Cu	Pb
74.1	500	18.5	125	7.4	50	93.2	97.9	60.7	0.2	0.63	0.04

- [0053] 주) 1. 첨가물질은 최초 폐비철 슬래그에 대한 탄소 및 탄산칼슘의 첨가물질임
- [0054] 2. 회수율은 실시예 1에 의한 철 및 아연의 회수율임
- [0055] 3. 함유량은 최종 산물중 각 성분의 중량 구성비임

표 2

첨가물질						회수율(%)		함유량(중량%)			
폐비철슬래그		탄소 (C)		탄산칼슘(CaCO3)		Fe	Zn	Fe	Zn	Cu	Pb
비율 (%)	첨가량 (g)	비율 (%)	첨가량 (g)	비율 (%)	첨가량 (g)						
74.1	1000	22.2	300	3.7	50	90.7	94.8	62.7	0.17	0.62	0.04

- [0057] 주) 1. 첨가물질은 최초 폐비철 슬래그에 대한 탄소 및 탄산칼슘의 첨가물질임
- [0058] 2. 회수율은 실시예 2에 의한 철 및 아연의 회수율임
- [0059] 3. 함유량은 최종 산물중 각 성분의 중량 구성비임

표 3

첨가물질						회수율(%)		함유량(중량%)			
폐비철슬래그		탄소 (C)		탄산칼슘(CaCO3)		Fe	Zn	Fe	Zn	Cu	Pb
비율 (%)	첨가량 (g)	비율 (%)	첨가량 (g)	비율 (%)	첨가량 (g)						
80.0	1500	8.0	150	12.0	225	90.4	92.7	61.3	0.31	0.52	0.04

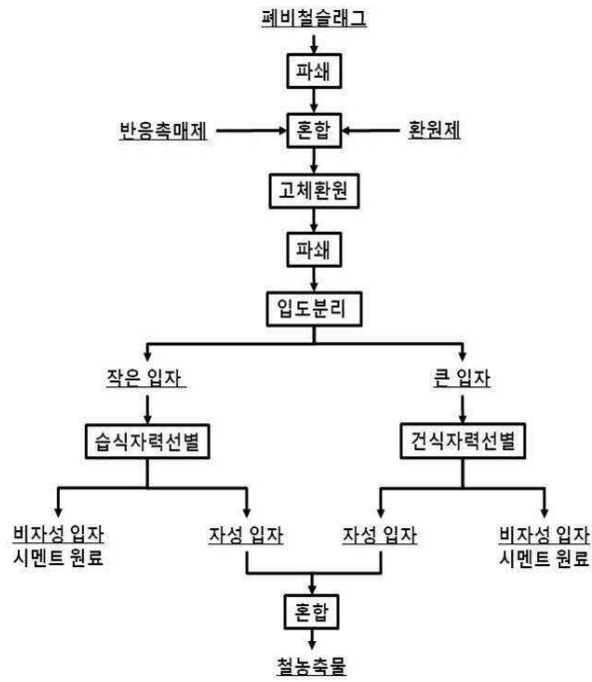
- [0061] 주) 1. 첨가물질은 최초 폐비철 슬래그에 대한 탄소 및 탄산칼슘의 첨가물질임
- [0062] 2. 회수율은 실시예 3에 의한 철 및 아연의 회수율임
- [0063] 3. 함유량은 최종 산물중 각 성분의 중량 구성비임

부호의 설명

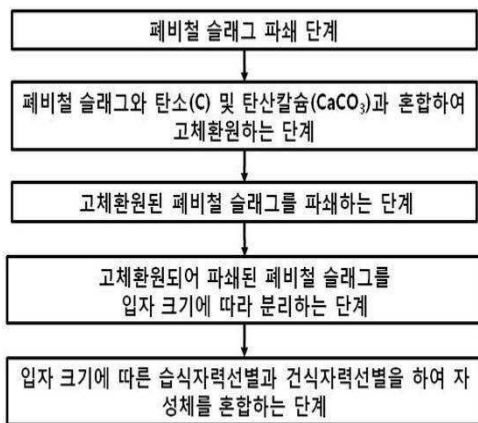
- [0064] -
-

도면

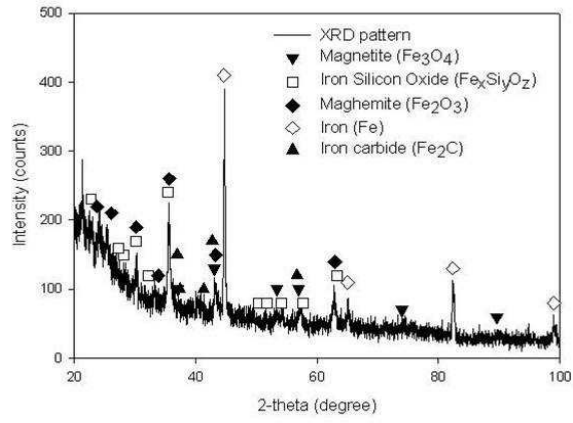
도면1



도면2



도면3



도면4

