



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0033464
(43) 공개일자 2020년03월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22B 1/243 (2006.01) C21B 5/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22B 1/243 (2013.01)
C21B 5/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0112768
(22) 출원일자 2018년09월20일
심사청구일자 2018년09월20일

(71) 출원인
주식회사 아이에스원
대전광역시 유성구 온천북로 45, 6층(봉명동, 대원빌딩)
(72) 발명자
김병권
대전광역시 유성구 지족동로 124 104동 701호(지족동, 노은리슈빌3)
서태원
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 504동 1101호(전민동, 엑스포아파트)
서형석
서울특별시 송파구 오금로56길 16, 102동 602호(거여동, 우방1차아파트)
(74) 대리인
특허법인충정

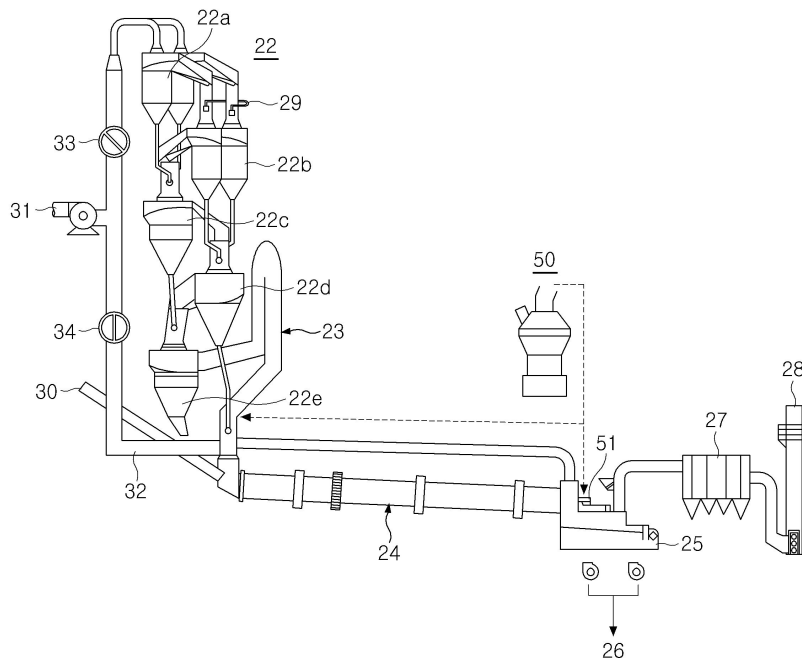
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 제철용 페라이트 단광 소성품의 제조방법 및 그에 사용되는 장치

(57) 요약

본 발명은 제철공장에서 발생하는 함철 슬러지로부터 페라이트 단광을 제조하는 방법에 관한 것이다. 함철 슬러지 원료를 시멘트 킬른에 투입하여 페라이트 단광을 제조하는 방법에 있어서, 상기 시멘트 킬른은 복수의 사이클론을 구비하는 예열기 및 상기 예열기 하단에 결합되는 회전로를 포함하며, 상기 회전로는 회전로 입구(inlet)의 (뒷면에 계속)

대표도



제1 원료 투입구를 구비하고, 상기 함철 슬러지 원료는 함철 슬러지, 석회석 및 규사를 혼합하여 산화제이철(Fe_2O_3) 함량이 65~85 중량%가 되도록 배합된 것이고, 함철 슬러지 원료와 환원제를 혼합한 제1 함철 슬러지 원료를 상기 제1 원료 투입구에 투입하는 단계; 상기 회전로 내에서 상기 환원제의 연소에 의해 형성된 상기 환원 분위기에서 상기 함철 슬러지 원료를 소성하여 페라이트 단광을 제조하는 단계를 포함하는 페라이트 단광의 제조 방법을 제공한다. 본 발명에 따르면, 산화아연 함량이 높은 함철 슬러지를 낮은 산화아연 함량의 페라이트 단광으로 제조할 수 있게 된다.

(52) CPC특허분류

Y02W 30/542 (2015.05)

명세서

청구범위

청구항 1

함철 슬러지 원료를 시멘트 회전로에 투입하여 페라이트 단광을 제조하는 방법에 있어서,

상기 시멘트 회전로는 복수의 사이클론을 구비하는 예열기 및 상기 예열기 하단에 결합되는 회전로를 포함하며, 상기 회전로는 회전로 입구(inlet)의 제1 원료 투입구를 구비하고,

상기 함철 슬러지 원료는 함철 슬러지, 석회석 및 규사를 혼합하여 산화제이철(Fe_2O_3) 함량이 65~85 중량%가 되도록 배합된 것이고,

함철 슬러지 원료와 환원제를 혼합한 제1 함철 슬러지 원료를 상기 제1 원료 투입구에 투입하는 단계;

상기 회전로 내에서 상기 환원제의 연소에 의해 형성된 상기 환원 분위기에서 상기 함철 슬러지 원료를 소성하여 페라이트 단광을 제조하는 단계를 포함하는 페라이트 단광의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 함철 슬러지 원료 중의 함철 슬러지는 산화아연 함량이 2~20 중량%인 것을 특징으로 하는 페라이트 단광의 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 예열기는 제2 원료 투입구를 구비하고,

제2 함철 슬러지 원료를 예열기의 상기 제2 원료 투입구에 투입하는 단계를 더 포함하며,

상기 제2 함철 슬러지 원료 중의 함철 슬러지는 산화아연 함량이 2% 미만인 것을 특징으로 하는 페라이트 단광의 제조 방법.

청구항 4

함철 슬러지 원료를 시멘트 회전로에 투입하여 페라이트 단광을 제조하는 방법에 있어서,

상기 시멘트 회전로는 복수의 사이클론을 구비하는 예열기 및 상기 예열기 하단에 결합되는 회전로를 포함하며, 상기 회전로는 회전로 입구(inlet)의 제1 원료 투입구를 구비하고, 예열기는 제2 원료 투입구를 포함하고,

상기 함철 슬러지 원료는 함철 슬러지, 석회석 및 규사를 혼합하여 산화제이철(Fe_2O_3) 함량이 65~85 중량%가 되도록 배합된 것이고,

상기 제2 원료 투입구로 높은 산화아연 함량을 갖는 함철 슬러지 원료를 투입하는 동시에 회전로 입구의 상기 제1 원료 투입구에 환원제를 투입하는 단계; 및

회전로 내에서 환원제의 연소에 의해 형성된 환원 분위기에서 상기 함철 슬러지 원료를 소성하여 페라이트 단광을 제조하는 단계를 포함하는 페라이트 단광의 제조 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

페라이트 단광 조성품의 염기도($(\text{CaO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$)가 중량비로 0.7~3.0 범위인 것을 특징으로 하는 페라이트 단광의 제조 방법.

청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

회전로의 배출 가스의 일부를 인출하여 고순도 산화아연을 회수하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 페라이트 단광의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 페라이트 단광의 소성품에 대한 제조의 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 제철공장 등에서 발생 하는 함철 슬러지로부터 페라이트 단광을 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 함철 슬러지로는 제강 슬러지, 파이넥스 슬러지, 소결분진, 밀 스케일, 철광석 분진 및 염색 슬러지 등 다종의 함철 슬러지가 있으며, 함철 슬러지는 공장마다 또는 공정에 따라 2 중량% 미만에서부터 30 중량%에 이르기까지 산화아연의 함량이 각양 각색이다. 그러나, 제철공장에서 철광석 대체자원으로 사용을 위해서는 산화아연의 함량이 매우 적어야 한다. 제철산업의 고로 및 전기로 공정에서 발생하는 함철 슬러지 중 산화아연의 함량이 많은 슬러지는 매립하고 있어 고비용의 매립비용이 소요되는 실정이며, 산화아연 함량이 적은 슬러지의 대부분은 자체 활용을 하고 일부는 시멘트 공정의 부원료 중 하나인 철질 원료로 일부를 사용하고 있다. 이러한 함철 슬러지는 현재에 이르기까지 전세계적으로 재활용 연구가 활발하게 진행되고 있다.

[0003] 한국특허공고 1996-0000054는 칼슘 페라이트 제조기술 방법으로 소결로에서 발생하는 집진기의 분진과 석회석을 수세 후 슬러리를 재활용하여 칼슘페라이트로 만들고 이를 소결로에 장입하여 재사용하는 기술을 개시하고 있다.

[0004] 또, 한국특허공개 2000-0039462는 함철 슬러지의 페라이트 함량이 소결 집진기 분진보다 많고, 알칼리 등으로 인한 악영향을 주는 성분이 적은 제강 슬러지와 석회석 슬러지를 이용하여 칼슘 페라이트 소결체를 제조하는 방법을 개시하고 있다.

[0005] 이와 같은 종래의 칼슘 페라이트 제조 기술을 도 1을 참조하여 설명한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 함철 슬러지 저장소(1)의 함철 슬러지를 혼합기(2)에서 석회석 등과 혼합한 후 혼합 원료를 원료 저장소(3)에 저장하고 정량 공급기(4) 및 대차(5)를 통해 터널로(6)에서 소성한 후 선별기(7)에서 파쇄 및 입도 선별을 거쳐 제조된다.

[0006] 이와 같은 칼슘 페라이트 제조 기술은 혼합하여 입상으로 만들고 적당한 온도로 소결하는 공정으로 되어 있기 때문에 피상을 사용할 수 없고, 사용되는 분상의 원료 중에는 0.1mm 이상의 큰 입자들도 상당량 함유하므로 이 등을 단순 혼합하여 입상으로 조립한 것을 소성할 때 국부적인 조성의 차이로 인해 칼슘 페라이트 광물의 생성이 적어지거나, 칼슘과 결합하지 못한 산화철(III)은 헤마타이트로 정출되어 조업에 나쁜 영향을 줄 수 있다.

[0007] 또한, 이러한 종래의 기술들은 산화아연이 거의 없는 함철 슬러지만으로 칼슘 페라이트 소성품을 제조하고 있었기 때문에 산화아연 함량이 높은 함철 슬러지를 처리하는 데 한계가 있으며, 분말의 함철 슬러지를 입상화 한 것으로 수분을 제거를 위해 많은 양의 에너지를 필요로 하는 문제점을 갖고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) (1) KR B 1996-0000054

(특허문헌 0002) (2) KR A 2000-0039462

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 상기 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은, 높은 산화아연 함량의 함철 슬러지로부터 페라이트 단광을 제조하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 보다 구체적으로 본 발명은 산화아연 함량이 높은 함철 슬러지의 산화아연을 제거하여 소결로 또는 고로에 공급되는 철광석의 일부를 대체하여 재활용하며 동시에 폐기물 배출량을 줄일 수 있도록 페라이트 단광의 소성품에 대한 연속 가동 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 또한, 전술한 목적과 더불어 또는 이와 별개로 본 발명은 산화아연 함량이 낮은 함철 슬러지를 건조 분쇄한 분말을 페라이트 단광의 소성품으로 제조하기 위한 연속 가동 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0011] 또한 본 발명은 산화아연의 함량이 높은 함철 슬러지를 건조 분쇄한 분말을 회전로에서 페라이트 단광으로 제조하기 위해 고온으로 환원 소성시 휘발되어 발생하는 산화아연을 고순도 산화아연으로 연속 회수하기 위한 설비 및 운전 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0012] 또한 본 발명은 제철공장의 소결로 또는 고로에 공급되는 괴상의 철광석을 일부 대체하기 위하여 시멘트 킬른의 회전 소성로를 이용하여 경제적이며 연속적으로 대량 제조 방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.
- [0013] 특히, 환원반응으로 휘발되어 시멘트 킬른의 회전 소성로에서 재산화된 고온의 미세한 입자상태에 있는 산화아연을 고순도로 분리하기 위한 연속적인 공정 방법도 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은 함철 슬러지 원료를 시멘트 회전로에 투입하여 페라이트 단광을 제조하는 방법에 있어서, 시멘트 회전로는 복수의 사이클론을 구비하는 예열기 및 예열기 하단에 결합되는 회전로를 포함하며, 회전로는 회전로 입구(inlet)의 제1 원료 투입구를 구비하고, 함철 슬러지 원료는 함철 슬러지, 석회석 및 규사를 혼합하여 산화제이철(Fe_2O_3) 함량이 65~85 중량%가 되도록 배합된 것이고, 함철 슬러지 원료와 환원제를 혼합한 제1 함철 슬러지 원료를 상기 제1 원료 투입구에 투입하는 단계; 상기 회전로 내에서 환원제의 연소에 의해 형성된 환원 분위기에서 상기 함철 슬러지 원료를 소성하여 페라이트 단광을 제조하는 단계를 포함하는 페라이트 단광의 제조 방법을 제공한다.
- [0015] 본 발명에서 제1 함철 슬러지 원료 중의 함철 슬러지는 산화아연 함량이 2~20 중량%인 것을 특징으로 하는 페라이트 단광의 제조 방법을 제공한다.
- [0016] 또한 본 발명은 제2 함철 슬러지 원료를 예열기의 최상단 입구인 제2 원료 투입구에 투입하는 단계를 더 포함하고, 이 때 상기 제2 함철 슬러지 원료 중의 함철 슬러지는 산화아연 함량이 2% 미만일 수 있다.
- [0017] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은 함철 슬러지 원료를 시멘트 회전로에 투입하여 페라이트 단광을 제조하는 방법에 있어서, 상기 시멘트 회전로는 복수의 사이클론을 구비하는 예열기 및 상기 예열기 하단에 결합되는 회전로를 포함하며, 상기 회전로는 회전로 입구(inlet)의 제1 원료 투입구를 구비하고, 예열기는 제2 원료 투입구를 포함하고, 상기 함철 슬러지 원료는 함철 슬러지, 석회석 및 규사를 혼합하여 산화제이철(Fe_2O_3) 함량이 65~85 중량%가 되도록 배합된 것이고, 상기 제2 원료 투입구로 높은 산화아연 함량을 갖는 함철 슬러지 원료를 투입하는 동시에 회전로 입구의 상기 제1 원료 투입구에 환원제를 투입하는 단계; 및 회전로 내에서 환원제의 연소에 의해 형성된 환원 분위기에서 상기 함철 슬러지 원료를 소성하여 페라이트 단광을 제조하는 단계를 포함하는 페라이트 단광의 제조 방법을 제공한다. ;
- [0018] 본 발명에서 페라이트 단광 소성품의 염기도($((\text{CaO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2)$)가 중량비로 0.7~3.0 범위인 것이 바람직하다
- [0019] 또한, 본 발명은 회전로의 배출 가스의 일부를 인출하여 고순도 산화아연을 회수하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명은 매립되고 있는 산화아연 함량이 높은 함철 슬러지를 낮은 산화아연 함량의 페라이트 단광으로 제조할 수 있게 된다. 이에 따라, 산화아연을 회수하여 쓸모 없는 폐자원을 재활용을 하며, 산화아연 함량이 적은 함철 슬러지도 입상의 페라이트 단광으로 제조하여 제철공장에서 활용할 수 있게 된다.
- [0021] 또한 산화아연이 고함량인 함철 슬러지와 저함량이 함철 슬러지를 동시에 사용하여 입상의 페라이트 단광으로 제조할 수 있게 된다.
- [0022] 또한, 본 발명에서 고순도 산화아연의 회수가 가능하며, 회수된 산화아연은 이를 필요로 하는 산업에서 간단하

고 저비용의 재처리 과정을 적용할 수 있게 한다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 종래의 칼슘 페라이트 제조 과정을 도식적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명에서 페라이트 단광 소성품을 제조하기 위해 산화아연 함량의 대소에 관계가 없이 함철 슬러지의 건조 및 분쇄하는 과정을 도식적으로 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명에서 함철 슬러지 중 산화아연의 함량의 대소에 따라 회전로 배출 가스의 인출 방법과 산화아연이 많은 함철 슬러지를 이용하여 페라이트 단광 소성품을 제조하기 위한 소성설비를 도식적으로 나타낸 도면이다.
- 도 4는 산화아연 함량이 높은 함철 슬러지 중의 산화아연을 회수하는 방법의 일 예를 도식적으로 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 함철 슬러지 중의 산화아연을 회수하는 방법을 도식적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써 본 발명을 상술한다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 함철 슬러지 원료의 원료 제조 설비의 구성을 도식적으로 나타낸 도면이다.
- [0026] 본 발명에서 함철 슬러지 원료 제조 설비는 함철 슬러지에 석회석 및 규사를 혼합한 원료를 제공하거나, 여기에 추가하여 환원제를 포함하는 함철 슬러지 원료를 제공할 수 있다. 이를 위하여, 도 2에 도시된 바와 같이, 원료 제조 설비는 함철 슬러지 저장소(8), 석회석 저장소(9), 모래 저장소(9-1) 및 환원제 저장소(11)를 구비하며, 이들 각 저장소로부터 함철 슬러지, 석회석, 규사 및 환원제가 공급된다. 각 소재의 공급은 정량공급기(8a~11a, 12)와 계량된 원료를 분쇄장치(14)에 공급하는 버킷 엘리베이터(13)에 의해 이루어질 수 있으며, 건조 및 분쇄장치(14)에서 혼합 및 분쇄될 수 있다. 물론, 본 실시 예에서는 함철 슬러지, 석회석, 규사 및 환원제가 혼합되어 정량 공급되는 것을 도시하고 있지만, 이들 소재 중 최소한 일부는 비혼합 상태에서 독립적으로 정량 공급될 수 있음은 물론이다.
- [0027] 분쇄장치(14)에는 원료의 건조를 위하여 고온 가스 유입구(20)가 구비될 수 있다. 건조 및 분쇄가 완료된 원료는 집진기(15)를 거쳐 버킷 엘리베이터(16)로 원료 저장소(17a, 17b)로 수송되어 저장된다. 예컨대, 산화아연의 함량이 높은 함철 슬러지 분말은 저장소(17a)에 저장하고, 산화아연의 함량이 거의 없는 함철 슬러지 분말은 저장소(17b)에 저장하여 보관할 수 있다. 상기 집진기(15)에는 가스의 배출을 위해 흡입팬(18) 및 굴뚝(18)이 설치되어 있다.
- [0028] 이상과 같이, 함철 슬러지에 석회석 또는 모래 또는 환원제가 혼합하여 함철 슬러지 원료를 제조하는 경우, 석회석 저장소(9) 또는 모래 저장소(9-1), 고급 환원제 저장소(10) 그리고 저급 환원제 저장소(11)에서 석회석, 모래 또는 환원제를 정량 배합하고, 함철 슬러지 특성상 수분이 50% 정도가 포함된 덩어리 상태이기 때문에 건조와 분쇄를 거쳐 함철 슬러지 원료가 제조된다.
- [0030] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 페라이트 단광 소성 장치를 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0031] 도 3을 참조하면, 도 2의 분말 저장소(17a, 17b)의 배합된 함철 슬러지 분말은 시멘트 회전로와 같은 소성 장치로 투입된다. 도시된 바와 같이, 상기 소성 장치는 예열기(22), 하소로(23), 회전로(24) 및 냉각기(25)를 포함하고 있다.
- [0032] 상기 예열기는 다단 사이클론 예컨대 4단 내지 5단의 사이클론(22a, 22b, 22c, 22d, 22e)을 포함할 수 있다. 본 실시 예에서는 예열기가 5단의 사이클론으로 구성된 것을 예시하고 있다. 상기 예열기와 상기 하소로는 회전로(24)에서 소성하기 전에 원료를 온도를 보다 더 상승시켜 에너지를 절약하도록 한다. 상기 예열기의 최상단 사이클론 및 하소로를 통과한 원료는 대략 900℃ 이하의 온도 예컨대 600~900℃로 예열된다.
- [0033] 본 발명의 소성 장치에서 원료는 2 개의 유입 경로를 갖는다.

- [0034] 먼저, 원료는 예열기 최상단 사이클론, 4단 사이클론, 3단 사이클론, 2단 사이클론, 하소로 및 예열기 최하단 사이클론을 거쳐 회전로로 이어지는 유동 경로를 따라 회전로로 유입된다. 이를 위하여 상기 예열기에는 상부 원료 투입구가 구비된다. 바람직하게는 상기 원료는 함철 슬러지, 석회석 및 규사가 혼합된 함철 슬러지 원료이다.
- [0035] 다음으로, 원료는 회전로 입구(inlet)의 하부 원료 투입구를 통해 투입될 수 있다. 이 때, 상기 원료는 환원제를 포함하는 함철 슬러지 원료이다. 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 상기 하부 원료 투입구로는 환원제만 단독으로 투입될 수도 있다. 본 발명에서는 다양한 환원제가 사용될 수 있으며, 일례로 탄소를 주성분으로 하는 환원제가 사용될 수 있다.
- [0036] 본 발명에서 상기 회전로는 1000~1350℃ 정도의 온도를 유지되며, 함철 슬러지 원료를 소성한다. 상기 회전로로 투입된 환원제는 연소되어 국부적으로 상기 회전로 내부를 환원 분위기로 유지하며 상기 함철 슬러지 원료는 환원 분위기에서 소성된다. 본 발명에서 함철 슬러지의 소성 반응은 다음의 일련의 화학식으로 표현될 수 있다.
- [0038] (화학식 1)
- [0039] 연소반응
- [0040] (1) $C + 0.5O_2 \rightarrow CO$
- [0041] (2) $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- [0042] (3) $C + CO_2 \rightarrow 2CO$
- [0043] (화학식 2)
- [0044] 환원반응
- [0045] (1) $Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3FeO + CO_2$,
- [0046] (2) $FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$,
- [0047] (3) $3ZnO \cdot Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 3ZnO + 2Fe_3O_4 + 3CO$
- [0048] (4) $ZnO + CO \rightarrow Zn + CO_2$
- [0049] (5) $PdO + CO \rightarrow Pd + CO_2$
- [0050] (화학식 3)
- [0051] 산화반응
- [0052] (1) $Zn + 0.5O_2 = ZnO$,
- [0053] (2) $Pb + 0.5O_2 = PbO$
- [0055] 이상의 반응식에 나타난 바와 같이, 함철 슬러지 원료에 포함된 산화아연은 회전로의 고온에서 상기 화학식 2의 (4)와 같이 탄소원(CO)과 반응하여 환원된다.
- [0056] 따라서, 환원제의 사용에 의해 함철 슬러지 원료 내의 과량의 산화아연을 제거하는 것이 가능하게 된다. 한편, 환원된 아연은 회전로의 나머지 부분에서 공기와 접촉하여 다시 산화반응 하게 된다.
- [0057] 본 발명에서 제조되는 페라이트 단광의 소성품에는 불완전 연소로 인하여 탄소가 잔류하게 되며, 잔류 탄소는 소결로 또는 고로에서 코크스와 같이 혼용이 가능하며, 회전로에서 1300℃의 고온으로 반응시키기 때문에 페라이트 단광 성분에는 철 성분이 있어 제철공정의 생산성을 향상시킬 수 있다.
- [0058] 본 발명에서 산화아연을 함유하는 함철 슬러지 분말은 회전로 내에서 화학식 1 내지 2와 같은 연소반응, 환원반응을 통해 환원되고, 화학식 3의 반응을 통해 재산화 반응한다.

- [0059] 한편, 페라이트 단광의 환원 소성시 휘발되어 발생하는 산화아연의 경우 회전로 배출 가스에는 휘발된 산화아연과 함철 분진이 포함되어 있어 배출 가스 전량을 포집하면 산화아연의 순도가 매우 낮다. 본 발명에서는 산화아연의 순도를 높이기 위해 함철 분진과 휘발된 산화아연이 함유한 회전로의 고온 배기가스의 일부를 인출하여 고온의 배기가스를 냉각시키고 냉각된 배기가스와 산화아연을 분리시키면 고순도의 산화아연을 생산할 수 있다.
- [0060] 회전로(24)를 거쳐 제조된 페라이트 단광은 냉각기(26)를 거쳐 수집되고, 1mm 미만의 입경이 작은 단광은 냉각기(26)에서 배출되어 집진기(27)에서 집진이 되어 페라이트 단광 소성품이 제조된다. 한편, 도 3의 석탄분쇄기(50)는 회전로의 버너(51)에 연료를 공급한다.
- [0062] 전술한 본 발명의 페라이트 단광 제조 장치는 다양한 농도의 산화아연 함량을 갖는 함철 슬러지 원료를 사용하여 페라이트 단광을 제조할 수 있다. 구체적으로, 본 발명은 고농도의 산화아연 함량을 갖는 함철 슬러지 원료로부터 저농도의 산화아연 함량을 갖는 페라이트 단광을 제조할 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 다양한 산화아연 함량을 갖는 함철 슬러지 원료가 사용될 수 있는데, 예컨대 함철 슬러지 중 산화아연 함량이 2~20 중량%인 고농도의 함철 슬러지 원료가 사용될 수 있고, 이와 달리 산화아연 함량이 2 중량% 미만인 저농도의 함철 슬러지 원료가 사용될 수도 있다.
- [0063] 이하에서는 본 발명의 소성 장치의 운전 방식을 설명한다.
- [0064] A. 고농도 ZnO 함철 슬러지 하단 투입
- [0065] 고농도의 산화아연 함량을 갖는 함철 슬러지 원료는 도3의 회전로 입구(inlet)의 원료 하단 투입구(30)로 투입된다. 이 때, 전술한 함철 슬러지 원료에 환원제가 혼합되거나 함철 슬러지 원료와 별도로 환원제가 투입될 수 있다.
- [0066] 회전로의 소성 온도 범위인 1000~1350℃에서 함철 슬러지 원료 중의 산화아연은 휘발하고, 환원제의 연소에 의해 화학식 1 및 2의 반응에 의하여 산화아연이 환원된다. 물론 이 때에는 화학식 1 및 2에 따른 산화철 성분의 환원도 진행되어, 최종 생성물인 페라이트 단광은 높은 철성분을 갖게 된다.
- [0067] 함철 슬러지 원료는 하부 원료 투입구(30)를 통해 화석 연료를 사용하는 회전로(24)로 공급되어 소성되면서 1~50mm 크기의 입경이 1000~1350℃ 정도의 소성품으로 되어 냉각기(25)에서 냉각 팬(26)으로 유입되는 대기 중 공기로 냉각되면서 최종 제품인 페라이트 단광의 소성품으로 된다. 이 때, 연소된 회전로의 배출 가스는 사이클론 예열기(22a~22e)를 거치지 않고 도 3의 하단 가스관(32)을 통하여 배출되게 된다. 이 때에는 하부 댐퍼(34)를 열고 상부 댐퍼(33)는 닫은 상태로 운전한다.
- [0069] B. 고농도 ZnO 함철 슬러지 상단 투입
- [0070] 한편, 소성 장치의 예열기의 상단 원료 투입구로 함철 슬러지 및 환원제가 투입되게 되면, 예열기의 온도는 900℃ 이하로 낮으므로 산화아연의 증기압이 매우 낮으므로 투입된 환원제는 환원제로 기능하지 못하고 연소되어 버리게 된다. 그러므로, 투입된 환원제는 산화아연의 환원에 실질적으로 기여할 수 없다.
- [0071] 본 실시 예에서는 고농도의 산화아연 함유 함철 슬러지를 예열기 상단의 원료 투입구로 투입하면서 환원제는 회전로 입구의 원료 하단 투입구(30)로 투입하는 방식을 사용한다.
- [0072] 예열기 및 하소로를 통과한 함철 슬러지 원료는 회전로(24)로 공급되고 원료 하단 투입구(30)로 투입된 환원제와 함께 환원소성되면서 1~50mm 크기의 입경이 1000~1350℃ 정도의 소성품으로 되어 냉각기(25)에서 냉각 팬(26)으로 유입되는 대기 중 공기로 냉각되면서 최종 제품인 페라이트 단광의 소성품으로 된다.
- [0073] 본 실시예에서, 회전로에서 연소된 회전로의 배출 가스는 사이클론 예열기(22a~22e)를 거치면서 강제 흡입팬(31)으로 배출된다. 이 때에는 상부 댐퍼(33)를 열고 하부 댐퍼(34)는 닫은 상태로 운전을 해야 한다.
- [0075] C. 저농도 ZnO 함철 슬러지 상단 투입
- [0076] 저농도(2중량% 미만)의 산화아연을 포함하는 함철 슬러지 원료가 전술한 도 3의 소성 장치의 예열기의 상부 원료 투입구(29)로 공급되면서 4단~5단의 사이클론 예열기(22a~22d)를 순차 통과하면서 예열되고, 하소로(23)에서

더욱 가열되어 최하단 사이클론 예열기(22e)에 포집된 함철 슬러지 분말이 화석연료를 사용하는 회전로(24)로 공급된다. 본 실시예에서 환원제의 사용은 불필요하다. 회전로에 투입된 원료는 소성되면서 1~50mm 크기의 입경이 1000~1350℃ 정도의 소성품으로 되어 냉각기(25)에서 냉각 팬(26)으로 유입되는 대기 중 공기로 냉각되면서 최종 제품인 페라이트 단광의 소성품으로 된다. 회전로에서 연소된 회전로의 배출 가스는 사이클론 예열기(22a~22e)를 거치면서 강제 흡입팬(32)에 의해 배출된다. 이 때에는 상부 댐퍼(32)를 열고 하부 댐퍼(34)는 닫고서 운전을 해야 한다

[0078] 이하에서는 본 발명의 소성 장치에서 산화아연의 재활용 방법을 설명한다.

[0079] 도 4는 산화아연 포집 장치의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

[0080] 도 4를 참조하면, 산화아연 함량이 15~20%로 매우 높은 함철 슬러지 분말 또는 성구체와 환원제를 포함하는 배합원료를 정량공급기(35)와 공급관(36)을 통해 회전로(38)로 투입하여 환원분위기에서 소성한다. 소성품은 회전로 후드(39)를 통해 배출된다. 한편, 회전로(38) 내의 700~800℃ 정도의 고온 배기가스, 함철 분진 및 휘발된 산화아연을 포함하는 배출 가스 전부를 인출하여 침강기(37)에서 포집한 후 냉각기(40)를 거쳐 집진기(41)에서 함철 분진이 포함된 산화아연과 가스를 분리하여 산화아연을 회수한다. 이렇게 회수되는 산화아연에는 함철 분진이 섞여 있으므로, 산화아연의 농도가 50~70% 정도로 낮아지며, 이를 활용하기 위한 관련 공정에서는 순도를 높이기 위해서 다시 재처리를 하는 문제점이 상존한다.

[0081] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고순도 산화아연을 회수하는 연속적인 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0082] 회전로(24)에서 산화아연을 포함하여 배출되는 700~800℃ 정도의 고온 배출 가스의 일부를 인출관(43)으로 인출한다. 본 발명에서 전체 배기 가스 중 인출 가스의 비율은 체적비로 10~50 vol%인 것이 바람직하다. 이 인출 범위 내에서 회전로 내의 함철 분진은 자중에 의해 가라 앉은 상태이므로 인출 가스에는 미량의 함철 분진만 포함될 수 있다.

[0083] 냉각팬(44)으로 고온의 회전로 배출가스를 200℃ 이하로 냉각하여 집진기(45)에서 배출가스와 산화아연을 분리하여 분리된 산화아연은 산화아연 저장고(47)에 저장된다. 이 공정에서는 80~90% 이상의 고순도 산화아연을 생산할 수 있게 되며, 이를 활용하기 위한 후속 공정이 간단하게 되며 소요되는 에너지가 적고, 경제적이다. 산화아연의 함량이 많은 함철 슬러지 분말의 환원 및 산화의 반응식은 앞에서 설명한 화학식 1 내지 3과 같다.

[0085] 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.

[0086] <실시예 1 : 고농도 ZnO 함철 슬러지 소성>

[0087] 본 실시예의 함철 슬러지, 석회석, 모래의 모래의 화학성분 표 1과 같고, 고급 및 저급 환원제의 분석치는 표 2와 같다.

표 1

구 분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	ZnO	TiO ₂ 외	Ig.loss
함철 슬러지1	1.5	1.4	75.8	6.6	1.1	1.5	9.1	0.6	2.4
함철 슬러지2	4.6	2.5	75.2	8.7	0.1	2.5	4.3	0.4	1.7
석회석	1.9	0.6	0.5	52.8	0.1	0.7	-		44.0
모래	96.5	1.95	0.1	0.2	-	0.2	-		1.0

표 2

구 분	고정탄소	휘발분	회분	유황분
고급 환원제	85.6	1.3	11.7	0.6
저급 환원제	57.6	5.1	36.5	0.8

[0091] 표 3은 표 2의 환원제의 회분과 회전로에 투입되는 석탄 연료에 포함된 회분의 화학성분을 분석한 결과를 나타낸 표이다.

표 3

[0092]

구 분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	Ig. loss
환원제 회분	66.8	24.9	4.9	1.1	1.2	0.8	-
연료(석탄) 회분	63.8	27.1	4.5	3.4	0.2	1.0	-

[0093]

페라이트 단광의 소성품을 생산하기 위해 표 1의 함철 슬러지 1과 함철 슬러지 2, 석회석을 배합하고, 여기에 포함된 산화아연과 반응할 환원제 양을 계산하여 배합하였고, 그 배합원료 성분은 표 4과 같다.

표 4

[0094]

구 분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	ZnO	TiO ₂ 외	Ig. loss	환원제
배합 원료 성분	2.8	1.8	69.9	7.1	0.6	1.9	6.2	0.5	1.9	7.4

[0095]

표 4의 배합원료는 산화아연의 함량이 많기 때문에 하부 원료 공급관(30)에 배합원료를 투입한 회전로 소성방법을 적용하여 환원분위기에서 1300℃까지 동일하게 60분씩 소성로 내에서 체류시켜 가열한 소성품의 반응 정도를 비교하였다.

[0096]

도 3에 도시한 것과 같은 소성 장치를 이용하여 하부 원료 공급관(30)에 배합 원료를 투입하였다. 회전로에서는 배합원료를 공급관에 투입을 할 때 가스 온도가 700~800℃ 정도로 이 때의 배합원료 온도는 600℃ 정도로 시작될 것으로 추정되며 이를 1300℃까지 60분간 소성하여 회전로에서 배출되도록 회전로의 회전수를 조정하였다. 그리고 도 3의 상부 덤퍼(33)를 닫고, 도 3의 하부 덤퍼(34)는 열고 운전을 하였다. 이 때 회전로의 배출 가스는 냉각기에서 온도를 낮춘 후 집진기에서 포집을 거쳐 외부로 배출하였다.

[0097]

본 발명과의 비교를 위해 전기로에서 소성 시험을 하였다. 전기로에서 배합원료를 소성할 때는 출발온도를 600℃로 하여 1300℃까지 가열하였다. 한편 전기로에서는 열원이 전기이며, 전기로 내부는 회전로 보다 산화아연의 증기압이 낮아 산화아연의 휘발이 적었다.

[0098]

아래 표 5는 비교예 및 실시예에서 얻어진 소성품의 성분 분석 결과를 나타낸 표이다. 본 발명의 회전로의 환원 조건에서 소성한 페라이트 단광은 표 5에서와 같이 산화아연 함량이 매우 적어 제철공장에서 철광석을 일부 대체하여 사용할 수 있다.

표 5

[0099]

구분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	ZnO	TiO ₂ 외 중금속	염기도
실시예 1(회전로)	5.4	2.9	80.2	8.2	0.7	2.1	0.45	0.5	1.91
비교예(전기로)	4.4	3.0	81.5	7.1	0.5	1.4	1.60	0.5	1.93

[0100]

본 발명의 회전로에서 소성한 페라이트 단광의 소성품은 산화아연의 휘발율이 92.8%으로 높아 제철공장에서 함철 슬러지를 재활용 할 수가 있으며, 연료로 사용된 석탄의 회분이 포함되어도 Fe₂O₃ 함량과 기타 성분도 재활용하기에 전혀 문제가 없음을 알 수 있다.

[0101]

본 발명이 소성법으로 제조된 페라이트 단광의 광물을 X-선 회절분석법으로 분석한 결과를 표 6에 나타내었다. 환원제의 효과는 함철 슬러지에 포함된 산화아연을 휘발시킬 뿐만 아니라 산화철의 일부를 환원시켜 철로 변환되는 효과도 볼 수 있다.

표 6

구분	Iron Alpha (α -Fe)	Wuestite (FeO)	Merwinite ($\text{Ca}_3\text{Mg}[\text{SiO}_4]_2$)	Gehlenite ($\text{Ca}_2\text{Al}[\text{AlSiO}_7]$)	Magnetite ($\text{Fe}^{+2}\text{Fe}^{+3}_2\text{O}_4$)	Hematite (Fe_2O_3)
실시예 1	26.6	18.7	16.6	20.4	11.8	5.0

한편 비교예의 전기로 방식은 대량 생산이 불가능하고 에너지 사용량이 너무 크다는 문제점을 갖는다. 또한, 무엇보다 본 발명에 비해 산화아연의 함량이 1%를 초과하므로 합철 슬러지의 재활용에 제한이 따르게 됨을 알 수 있다.

<실시예 2 : 저농도 ZnO 합철 슬러지 소성>

본 발명의 페라이트 소성품을 만들기 위한 배합원료로는 산화아연 함량이 적은 합철 슬러지와 석회석과 모래의 화학성분은 표 7과 같으며, 산화아연 함량이 적어 환원 분위기가 불필요하여 환원제는 사용하지 않았다.

표 7

구분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	ZnO	TiO ₂	Ig. loss
합철 슬러지 3	6.6	4.7	68.6	3.8	0.6	0.8	0.46	0.5	12.34
합철 슬러지 4	1.5	0.4	84.0	8.7	0.2	1.5	2.32	0.5	0
석회석	1.9	0.6	0.5	52.8	0.1	0.7	-		44.0
모래	96.5	1.95	0.1	0.2	-	0.2	-		1.0

표 7의 합철 슬러지 3과 4과 석회석 또는 모래를 배합하여 혼합된 배합원료는 표 8과 같다

표 8

구분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	ZnO	TiO ₂ 외	Ig. loss
배합원료	4.2	2.7	75.9	7.3	0.5	1.2	1.60	0.5	6.1

표 8의 배합원료는 산화아연의 함량이 적기 때문에 도 3에서 상부 원료 공급관(29)에 배합원료를 투입한 회전로 소성방법을 적용하였다.

실시예 1과 마찬가지로 비교예로 전기로 소성방법과 대비하였으며, 1300℃까지 동일하게 60분씩 소성로 내에서 체류시켜 가열한 소성품의 반응 정도를 비교하였다. 전기로에서 배합원료를 소성할 때는 출발온도를 600℃로 하여 1300℃까지 가열하였고, 실시예의 경우 상부 원료 공급관(29)에 배합원료를 투입한 회전로에서 배합원료를 공급관에서 투입을 할 때 가스온도가 700~800℃ 정도로 이 때의 배합원료 온도는 600℃ 정도로 시작될 것으로 추정되며 이를 1300℃까지 60분간 소성하여 회전로에서 배출되도록 회전로의 회전수를 조정하였다. 이 때는 도 3의 상부 댐퍼(33)를 열고 하부 댐퍼(34)는 닫고 운전하였다.

본 발명의 회전로와 비교예의 전기로에서 소성한 페라이트 단광은 표 9와 같다. 이 페라이트 단광은 제철공장에서 철광석을 일부 대체하여 사용할 수 있다.

표 9

구분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	ZnO	TiO ₂ 외 중금속
실시예 2(회전로)	4.7	2.9	82.9	6.8	0.4	1.3	0.8	0.5
비교예 2(전기로)	4.4	2.8	82.7	6.7	0.4	1.3	1.2	0.5

본 발명의 회전로에서 소성한 페라이트 단광의 소성품 성분 가운데 환원제가 없어도 산화아연이 감소한 원인은

배합원료를 1300℃까지 소성하면서 사용된 석탄의 연소 중 일산화탄소와 배합원료에 포함된 Ig-loss 중 미연탄소의 일부가 환원제 역할을 하였기 때문이다. 따라서 산화아연 함량이 거의 없는 함철 슬러지를 페라이트 단광으로 제조하여 제철공장에서 재활용 할 수 있다. 한편, 전기로에서 페라이트 단광을 제조할 수 있으나, 앞에서 설명한 바와 같이 현실적으로 대량 생산 불가능하며, 에너지 소비량이 막대하여 곤란하다.

[0115] 본 발명이 소성법으로 제조된 페라이트 단광의 광물을 X-선 회절분석법으로 분석한 결과를 표 10에 나타내었다.

표 10

구분	Iron Alpha (α -Fe)	Wuestite (FeO)	Merwinite $\text{Ca}_3\text{Mg}[\text{SiO}_4]_2$	Gehlenite $(\text{Ca}_2\text{Al}[\text{Al SiO}_7])$	Magnetite ($\text{Fe}^{+2}\text{Fe}^{+3}_2\text{O}_4$)	Hematite (Fe_2O_3)
실시예 2(회전로)	1.1	5.3	5.8	19.0	18.9	49.9

[0118] <실시예 3 : 고순도 산화아연의 생산>

[0119] 실시예 1에서와 같이 회전로 내에서 페라이트 단광을 제조하면서 회전로에서 배출되는 700~800℃ 고온의 배출가스 중 인출 가스의 비율을 10~100 vol%로 달리하여 인출관(43)을 통하여 인출하였다. 인출된 가스에 냉각판(42)으로 대기 공기를 불어 넣어 700~800℃ 고온의 배출 가스를 200℃ 이하로 냉각시킨 후 냉각된 회전로 배기 가스는 집진기(44)에서 산화아연을 집진하였을 때, 산화아연의 순도는 표 11과 같다.

표 11

구분	인출량 100%	인출량 50%	인출량 30%	인출량 10%
실시예 3	37%	65%	83%	95%

[0121] 표 11의 함철 슬러지 분말의 산화아연 농도는 7% 미만으로 낮음에도 회전로 배출 가스의 인출량에 따라 산화아연의 순도를 조정할 수 있다. 그러나, 도 4와 같은 기존 방법으로는 함철 슬러지 분말의 산화아연 농도는 15~20% 이상이 되어도 산화아연의 순도는 50~70%로 낮다.

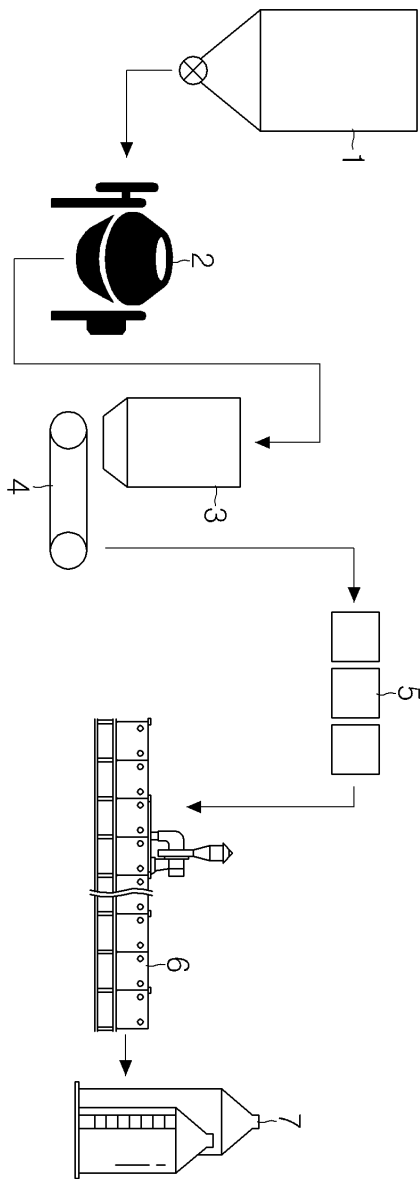
부호의 설명

- [0123] 1: 함철 슬러지 저장소 2: 혼합기
3: 분말 원료 저장소 4: 정량 공급기
5: 대차 6: 터널로
7: 파쇄 및 입도 선별 8: 함철 슬러지 저장고
8a: 함철 슬러지 정량공급 계량기 9: 석회석 저장고
9a: 석회석 정량공급 계량기 9-1: 모래저장고
9-1a: 모래 정량공급 계량기 10: 고급환원제
10a: 고급환원제 정량공급 계량기 11: 저급환원제
11a: 저급환원제 정량공급 계량기 12: 통합 운반 수송 벨트
13: 원료 수송 버킷 엘리베이터 14: 건조 및 분쇄기
15: 집진기 16: 제품 수송 버킷 엘리베이터
17a, 17b: 함철 슬러지 분말 저장소
18: 흡입팬 19: 굴뚝

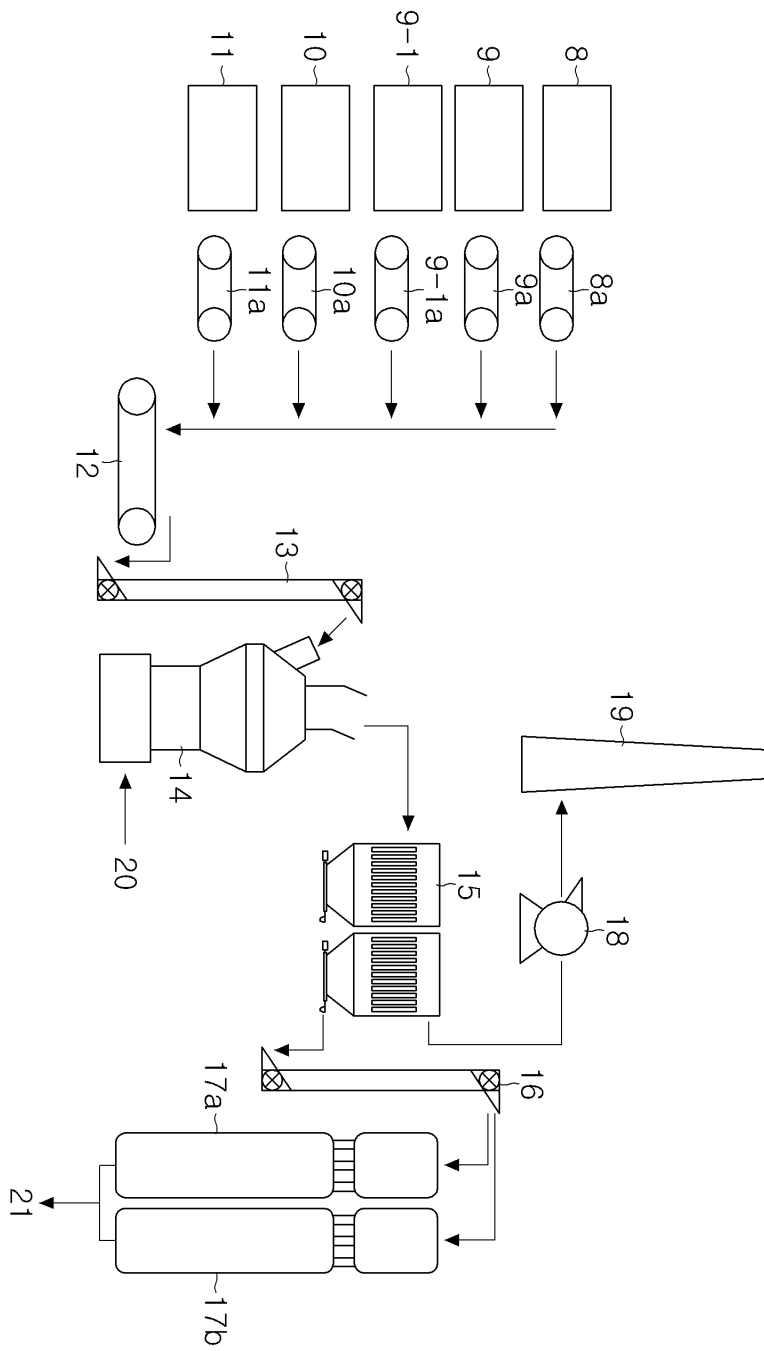
20: 고온 가스 유입구 21: 함철 슬러지 분말 인출
 22: 예열기
 22a: 최상단 싸이클론 22b: 4단 싸이클론
 22c: 3단 싸이클론 22d: 2단 싸이클론
 22e: 최하단 싸이클론 23: 하소로
 24: 회전로 25: 냉각기
 26: 냉각팬 27. 집진기 28: 굴뚝
 29: 원료 상단 투입구 30: 원료 하단 투입구
 31: 흡입팬 32: 회전로 배출 가스관
 33: 상단 댐퍼 34: 하단 댐퍼
 35: 함철 원료 정량 공급기 36: 함철 원료 공급관
 37: 침강기 38: 회전로
 39: 회전로 후드 40: 냉각기
 41: 집진기 42: 굴뚝
 43: 회전로 인출관 44: 냉각팬
 45: 집진기 46: 흡입팬
 47: 산화아연 저장고 48: 굴뚝
 50: 석탄분쇄기 51: 회전로 버너

도면

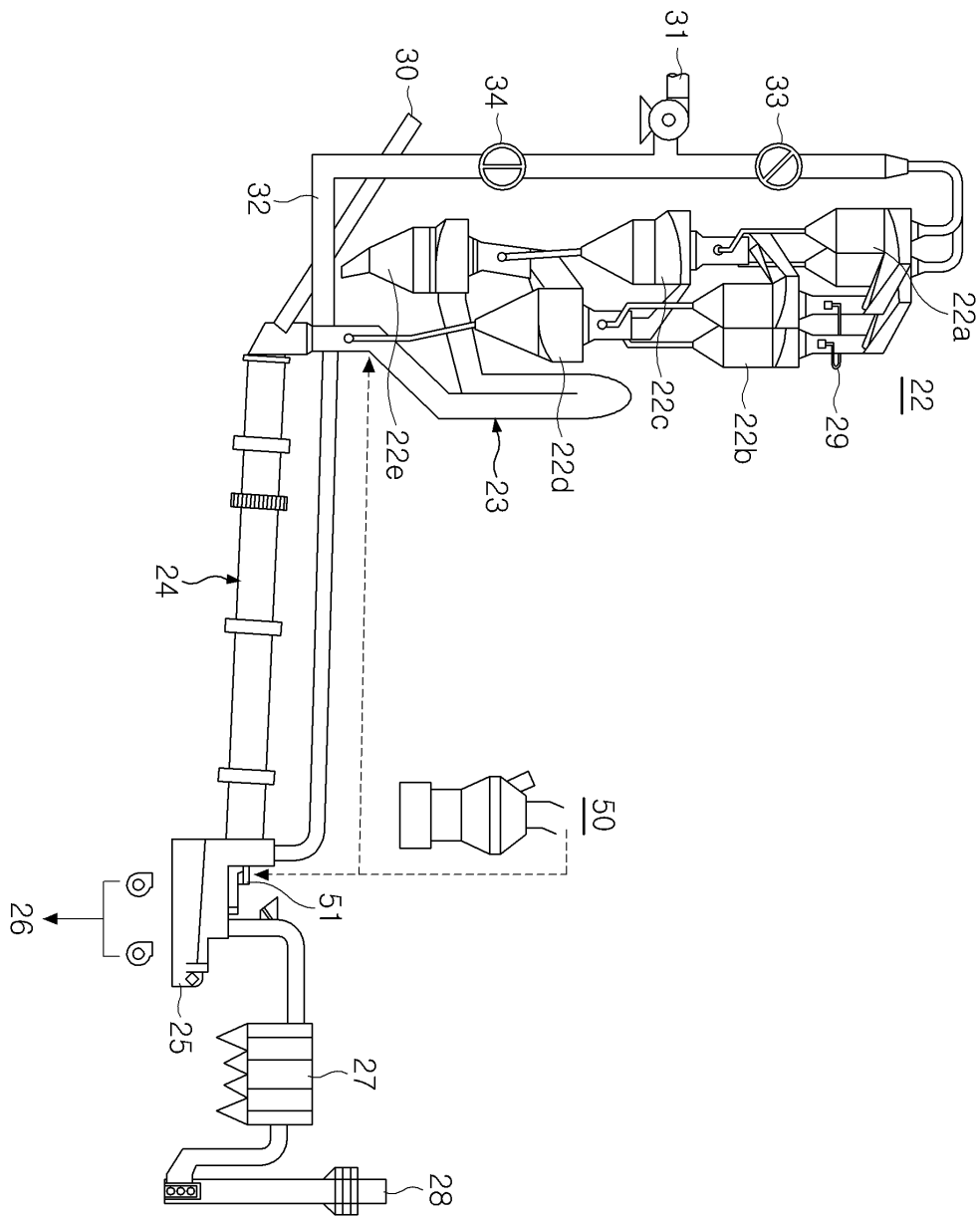
도면1



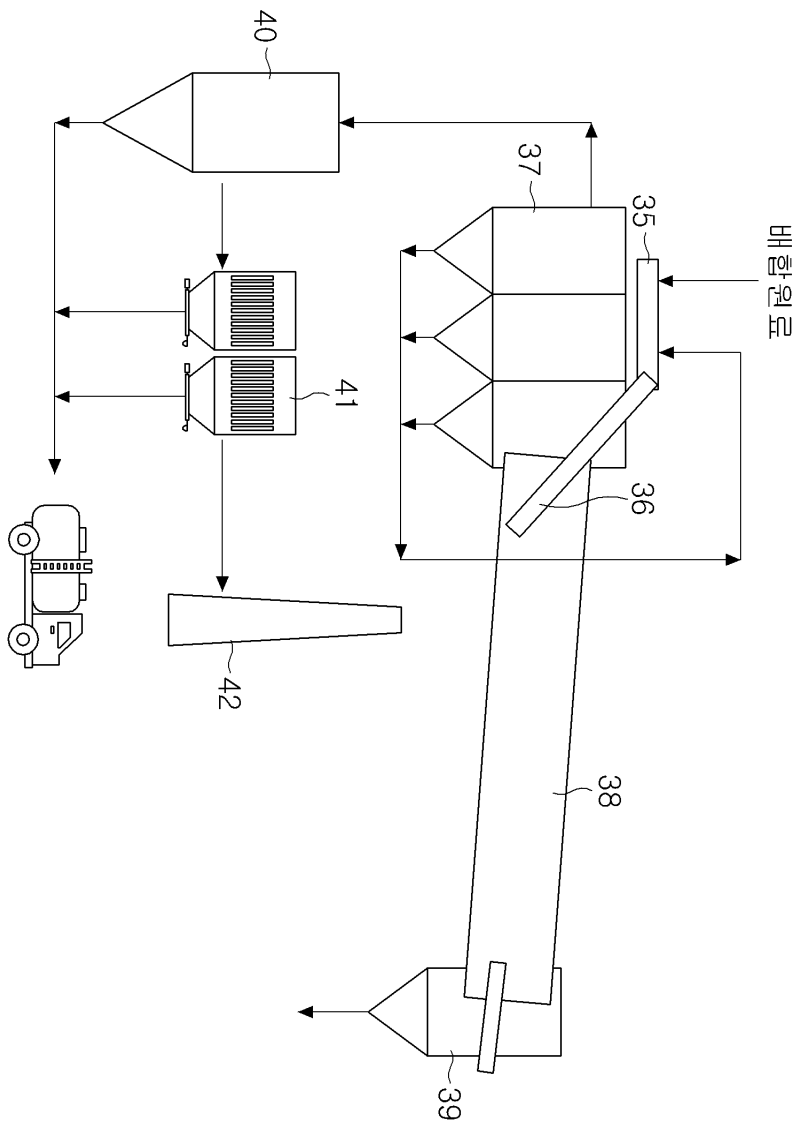
도면2



도면3



도면4



도면5

