



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0156226
(43) 공개일자 2024년10월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22B 7/02 (2006.01) B03C 1/005 (2006.01)
C22B 7/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22B 7/02 (2013.01)
B03C 1/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0052959
(22) 출원일자 2023년04월21일
심사청구일자 2023년04월21일

(71) 출원인
국립부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
이엔클라우드 주식회사
부산광역시 기장군 기장읍 기장해안로 98, 2층 201호(판타지오스퀘어)
(72) 발명자
왕제필
부산광역시 남구 용호로110번길 28(용호동)
김대환
부산광역시 해운대구 해운대로 1188, 203동 606호 (송정동, 송정2휴먼시아)
(74) 대리인
남건필, 박종수, 정지향, 차상윤

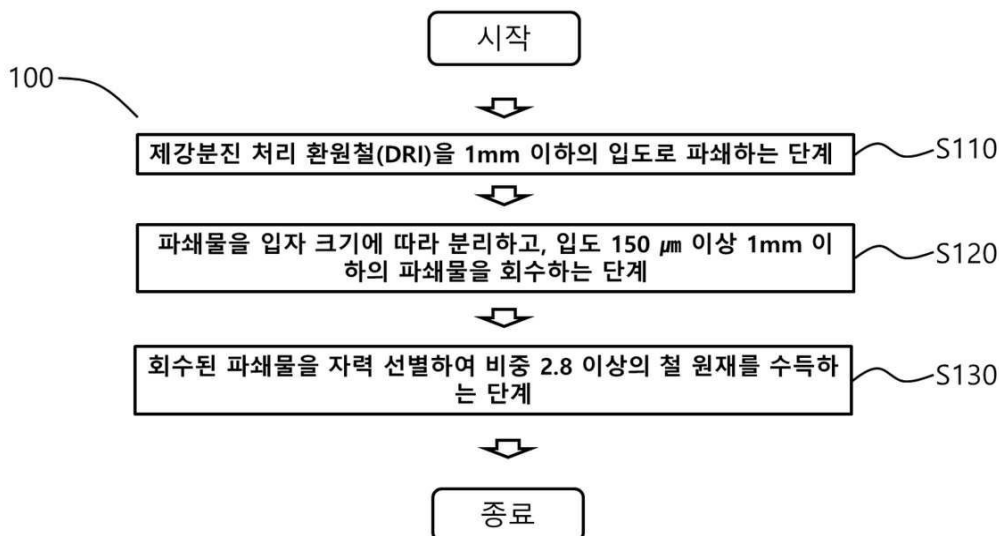
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법

(57) 요약

제강분진으로부터 조산화아연을 제조하는 공정에서 배출되는 제강 분진 처리 환원철(Direct Reduced Iron, DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법이 개시된다. 상기 제강 분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법은, 제강분진 처리 환원철(DRI)을 1mm 이하의 입도로 파쇄하는 단계, 파쇄물을 입자 크기에 따라 분리하고, 입도 150 μm 이상 1mm 이하의 파쇄물을 회수하는 단계, 및 회수된 파쇄물을 자력 선별하여 비중 2.8 이상의 철 원재를 수득하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
C22B 7/005 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

제강분진으로부터 조산화아연을 제조하는 공정에서 배출되는 제강 분진 처리 환원철(Direct Reduced Iron, DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법으로서,

제강분진 처리 환원철(DRI)을 1mm 이하의 입도로 파쇄하는 단계;

파쇄물을 입자 크기에 따라 분리하고, 입도 150 μm 이상 1mm 이하의 파쇄물을 회수하는 단계; 및

회수된 파쇄물을 자력 선별하여 비중 2.8 이상의 철원재를 수득하는 단계;를 포함하는,

제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 자력 선별은 1500 내지 4000 가우스의 자력세기로 수행하는 것인,

제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

수득된 철원재는 49.9 wt% 이상의 철 함량을 갖는 것인,

제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 자력 선별에서, 영구자석 세퍼레이터에 부착된 물질에 고압 기체 분사 또는 진동을 가하여 철원재로부터 불순물을 제거하는 단계;를 더 포함하는,

제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 제강분진 처리 환원철(Direct Reduced Iron, DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 제강분진이란 전기로 분진(Electric Arc Furnace Dust(EAFD))으로 철강 생산 시 1,600℃ 고온 전기로에서 불가피하게 발생하는 분진을 의미한다. 철 1톤 생산 시 약 15~25kg 이상의 분진이 발생하며, 2018년도 전기로 조강 생산량이 약 2,500만 톤이므로 분진 발생량은 약 40만톤 이상으로 추정되며 아연 함유량은 약 25% 수준으로 연간 10만톤 이상의 아연이 분진 형태로 발생한다.

[0003] 이러한 제강분진은 현재 주요국가들에서 지정 유해폐기물로 지정하여 폐기물 처리/관리에 규제를 두고 있으며,

이에 따른 다양한 처리 기술 개발이 진행되고 있다. 특히, 제강분진의 경우 중금속 유해성 이슈로 현재 해외의 경우 매립이 금지되어 있고, 국내에서는 아직까지 시멘트 혼합, 도로 포장용 등으로 활용되고 있으나 국외의 경우 중금속에 의한 유해성 이슈로 인하여 금지되어 있다. 이로 인해, 최근 국내에서도 제강분진을 활용하여 산화아연, 조산화아연 등 다양한 제자원화 기술 개발이 이루어지고 있으며, 관련 업체 또한 활발히 가동중에 있다.

[0004] 제강분진에는 고철의 종류, 처리 공법에 따라 다소 차이가 있으나 약 20~40%의 아연(Zn), 10~25%의 철(Fe)과 이 밖에 납(Pb), 망간(Mn), 구리(Cu), 카드뮴(Cd) 등의 중금속을 비롯해 염소(Cl)와 불소(F) 등과 같은 음이온이 함유되어 있다. 이러한 분진류를 Rotary Reduction Kiln을 이용하여 Zn을 기체상으로 환원증류시켜 ZnO를 획득하는 공정이 수행되고 있으며, 이를 조산화아연($ZnO > 75\text{wt.}\%$)이라고 한다.

[0005] 위와 같은 공정을 통해 조산화아연을 제조할 때, Rotary Reduction Kiln에 공정 부산물이 생성되며, 이 제강분진 처리 부산물은 Direct Reduced Iron(환원철, 2~6wt.% Zn, 40~60wt.% Fe)이라고 한다.

[0006] 종래의 경우, 이러한 제강분진 처리 DRI를 따로 처리공정 없이 폐기물로 처리하여 매립이나 건설, 시멘트 자재 혼합물, 도로 포장용 재료 등으로 사용되었다.

[0007] 현재 제강분진 처리 공정 부산물(DRI)의 경우 국내 연간 60,000톤 정도 발생하고 있으며, 처리 기술 및 사회적 관심의 부재로 매립에 의존하여 처리하고 있는 실정이다. 이 공정 부산물은 약 2~10wt.% Zn과 40~60wt.% Fe을 함유하고 있어 높은 Fe 함량으로 인해 철 원재로써 충분한 가치가 있으나, 2.8 이상 수준의 비중을 가지지 못하면 재활용 되지 못하고 폐기되는 실정이다.

[0008] 따라서, 현재 이러한 부산물의 경우 톤당 20~30만원의 처리 비용을 들여 처리하고 있고, 이로 인해 연간 100억 이상의 비용이 소모되고 있으며, 매립에 의한 주변 토양오염, 수질오염 문제가 대두되며, 매립으로 처리되는 폐기물에 대한 제자원화 기술 개발의 필요성이 증대되고 있다. 또한, 매립으로 처리될 경우 철 및 아연이 다량 함유되어 있어 유가금속을 추출하지 않고 단순 매립함에 따라 경제적 손실이 다량 발생하는 문제점이 존재한다.

[0009] 제강분진 처리 DRI는 비중이 높은 Fe(비중 7.9)의 함량이 증가함에 따라 원료의 비중이 증가하며 2.8 이상 달성 시 철 원료소재로서의 판매 가치가 확보 가능하다. 이에 따라, 제강분진 처리 DRI의 Fe 함량을 높여 철 원재료 제품화하기 위한 기술이 요구되고 있다.

[0010] 본 발명은 과제고유번호 20220299001과 관련된 발명이다. 구체적으로, 연구사업명 시장수요 맞춤형 개방형연구실 사업의 제강분진 처리 DRI로부터 아연 및 선철 회수 기술개발 연구 과제와 관련된 발명이다. (과제관리(전문)기관명: 부산산업과학혁신원, 기여율:100, 과제수행기관명(주관기관): 부경대학교 산학협력단, 연구기간: 2022.1.1.~2022.12.31.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 일 목적은 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 일 측면에서 본 발명은, 제강분진으로부터 조산화아연을 제조하는 공정에서 배출되는 제강 분진 처리 환원철(Direct Reduced Iron, DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법으로서, 제강분진 처리 환원철(DRI)을 1mm 이하의 입도로 파쇄하는 단계, 파쇄물을 입자 크기에 따라 분리하고, 입도 150 μm 이상 1mm 이하의 파쇄물을 회수하는 단계, 및 회수된 파쇄물을 자력 선별하여 비중 2.8 이상의 철원재를 수득하는 단계를 포함하는, 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법을 제공한다.

[0013] 일 실시예에 있어서, 상기 자력 선별은 1500 내지 4000 가우스의 자력세기로 수행할 수 있다.

[0014] 일 실시예에 있어서, 수득된 철원재는 49.9 wt% 이상의 철 함량을 가질 수 있다.

[0015] 일 실시예에 있어서, 상기 자력 선별에서, 영구자석 세퍼레이터에 부착된 물질에 고압 기체 분사 또는 진동을 가하여 철원재료로부터 불순물을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시예에 따른 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법을 통해, 소결 원료, 웨이

트 원료 및 철광석 대체재로 사용 가능한 철원재를 생산할 수 있으며, 본 발명에 따르면 해외에서 수입에 의존하고 있는 철원재 자원을 안정적으로 확보할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따라 파쇄물의 입자 크기에 따라 파쇄물을 분리한 후, 입자 크기에 따른 비중을 측정한 이미지 및 그 결과를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 자력 선별 시, 자력 세기 별 자착분의 무게 비율을 측정한 이미지 및 그 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0019] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0021] 제강분진 처리 환원철(DRI)은 철강업체의 전기로 제강분진에서 아연정광을 대체할 수 있는 조산화아연을 생산하는 과정에서 생기는 부산물(광재류)로, 약 2~10wt.% Zn과 40~60wt.% Fe이 함유되어 있다. 이처럼, 제강분진 처리 환원철(DRI)은 높은 Fe 함량을 가지고 있어 철 원재로써 충분한 가치가 있으나, 2.8 이상 수준의 비중을 가지지 못하면 재활용 되지 못하고 폐기되는 실정이다.

[0022] 본 발명은 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 비중이 높은 Fe(비중 7.9)의 함량을 증가시켜 철 원재로서 활용 가능한 비중 2.8 이상의 철원재를 획득하기 위한 방법을 제공한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0024] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법(100)은, 제강분진 처리 환원철(DRI)을 1mm 이하의 입도로 파쇄하는 단계(S110), 파쇄물을 입자 크기에 따라 분리하고, 입도 150 μ m 이상 1mm 이하의 파쇄물을 회수하는 단계(S120), 및 회수된 파쇄물을 자력 선별하여 비중 2.8 이상의 철원재를 획득하는 단계(S130)를 포함할 수 있다.

[0025] 상기 S110 단계는 제강분진 처리 환원철(DRI)을 1mm 이하의 입도로 파쇄하는 단계이다. 상기 S110 단계는 후술할 자력 선별 공정을 용이하게 하기 위한 것으로, 시료를 1 mm 이하 입도로 파쇄할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 상기 파쇄는 밀링 공정을 통해 수행할 수 있으나, 특별히 제한되지 않는다. 또한, 상기 1mm 이하의 입도로 파쇄될 때까지, 수차례 파쇄 공정을 수행할 수 있다.

[0026] 상기 S120 단계는 파쇄물을 입자 크기에 따라 분리하고, 입도 150 μ m 이상 1mm 이하의 파쇄물을 회수하는 단계이다.

[0027] 일 실시예에 있어서, 상기 S120 단계는 1mm 이하로 파쇄된 파쇄물을 체 분급을 통해 높은 비중 및 높은 철 함량을 갖는 입도 150 μm 이상 1mm 이하의 파쇄물을 분리 회수하는 것일 수 있다.

[0028] 도 2 및 표 1은 파쇄물의 입자 크기에 따라 파쇄물을 분리한 후, 입자 크기에 따른 비중, 무게 비율과 Fe 함량을 측정한 결과를 나타낸다.

표 1

분류	무게(g)	비율	분류	Fe 함량(wt.%)
75 μm 이하	27.12	3.12%	75 μm 이하	16.92
75~150 μm	37.72	4.35%	75~150 μm	31.73
150~300 μm	196.72	22.69%	150~300 μm	44.47
300~500 μm	233.18	26.89%	300~500 μm	47.56
500~600 μm	122.74	14.15%	500~600 μm	50.23
600~1mm	249.38	28.76%	600~1mm	50.80
		92.49%		

[0029]

[0030] 도 2 및 표 1을 보면, 입도 150 μm 미만의 시료들은 총 무게 중 7.47%로 나타났으며, 낮은 비중(2.4 이하) 및 적은 철 함량(31.73wt% 이하)을 갖는 결과를 확인하였다. 이로 인해, 본 발명에서는, 입도 150 μm 미만의 파쇄물은 폐기하고, 높은 비중(2.7 이상) 및 철 함량(44wt% 이상)을 갖는 입도 150 μm 이상 1mm 이하의 파쇄물만을 회수할 수 있다.

[0031] 상기 S130 단계는 회수된 파쇄물을 자력 선별하여 비중 2.8 이상의 철원재를 수득하는 단계로, 상기 S130 단계는 철 원재 내 Fe 함량을 향상시키기 위해 Fe의 자성을 이용하는 자력 선별 공정을 수행하는 것일 수 있다. 일 예로, 회수된 파쇄물의 자력 선별은 가우스 미터기를 통해 수행할 수 있다.

[0032] 한편, 자력 선별 시, Fe 함량이 높은 파쇄물 뿐 아니라 Fe 함량이 낮은 불순물 성분도 함께 자착될 수 있다. 따라서, 본 발명은 영구자석 세퍼레이터에 부착된 물질에 물리적인 힘(고압 기체 분사(Air gun) 또는 진동)을 가하여 철원재로부터 불순물을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0033] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, Fe 함유량이 높고 비중 2.8 이상의 철 원재를 수득하기 위해, 상기 자력 선별은 1500 내지 4000 가우스의 자력세기로 수행할 수 있다. 자력 세기가 1500 가우스 미만인 경우, Fe 함량이 높지만 수득되는 철원재의 양이 작아져 회수 효율성이 낮아질 수 있다. 또한, 자력 세기가 4000 가우스를 초과하는 경우 수득되는 철원재의 양은 높아지나, Fe 함량이 적은 시료들도 함께 자착되는 경우가 있어 철 원재의 Fe 함량과 비중이 오히려 낮아질 수 있다.

[0034] 도 3 및 표 2는 자력 선별 시 자력 세기 별 자착분의 무게 비율과 Fe 함량을 측정한 결과를 나타낸다.

표 2

분류	무게(g)	비율(%)	분류	Fe 함량(wt.%)
499 <u>Gs</u>	1.20	12.0	499 <u>Gs</u>	62.1
1508 <u>Gs</u>	3.08	30.8	1508 <u>Gs</u>	60.5
3000 <u>Gs</u>	6.78	67.8	3000 <u>Gs</u>	58.9
3500 <u>Gs</u>	7.73	77.3	3500 <u>Gs</u>	51.1
4010 <u>Gs</u>	8.55	85.5	4010 <u>Gs</u>	49.9

[0035]

[0036] 도 3 및 표 2를 참조하면, 3000Gs의 자력 세기에서는 수득된 철원재가 높은 자착분 무게 비율과 Fe 함량을 가진 것을 확인할 수 있으며, 다량의 철원재 회수 및 높은 비중 달성을 위한 적절한 자력 세기는 1500Gs ~ 4000Gs인 것을 확인할 수 있다.

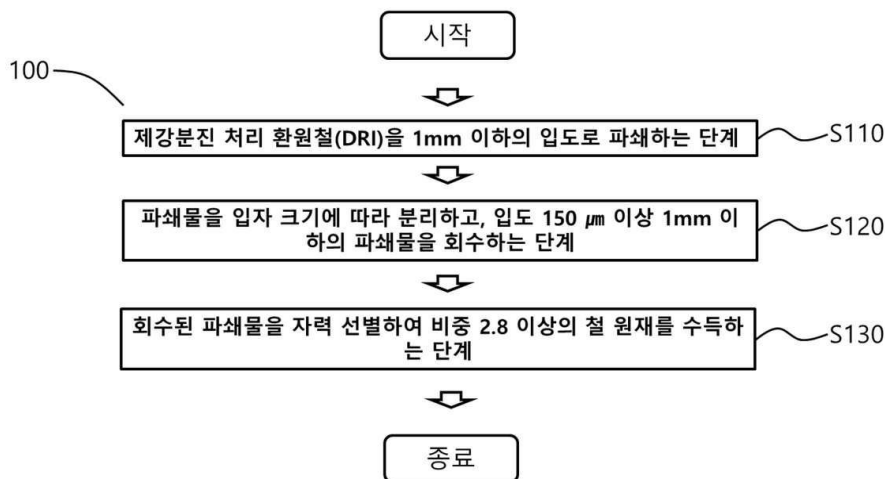
- [0037] 표 2에서 나타나듯이, 자력이 약할 경우 Fe함량이 높은 성분이 확인되지만 자착분이 적게 회수되며, 자력이 강할 경우 많은 자착분이 회수되지만 Fe함량이 적은 시료들도 함께 자착되기 때문에 오히려 Fe 함량이 낮아지게 된다.
- [0038] 본 발명에 따른 방법으로 수득된 철원재는 49.9 wt% 이상의 철 함량을 가질 수 있다. 따라서, 본 발명에 따르면, 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 비중 2.8 이상의 철원재를 수득할 수 있다.
- [0039] 본 발명의 실시예에 따른 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법을 통해 수득된 철원재는, 소결 원료, 웨이트 원료 및 철광석 대체재로 사용 가능하며, 본 발명에 따르면 해외에서 수입에 의존하고 있는 철원재 자원을 안정적으로 확보할 수 있다.
- [0040] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

- [0041] 100 제강분진 처리 환원철(DRI)로부터 철 원재를 제조하는 방법

도면

도면1



도면2

비중 측정 사진						
분류	75μm under	75μm~150μm	150μm~300μm	300μm~500μm	500μm~ 600μm	600μm~1mm
비중	1.534	2.389	2.986	2.931	2.843	2.713

도면3

가우스 미터기					
가우스 세기(Gs)	499	1508	3000	3500	4010
자착분 무게 (총 무게10g)					
자착분 무게(%)	30.8	49.9	67.8	77.3	85.5