



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월18일  
(11) 등록번호 10-1275827  
(24) 등록일자 2013년06월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C22B 7/04 (2006.01) C22B 47/00 (2006.01)  
C04B 5/06 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0099762

(22) 출원일자 2012년09월10일

심사청구일자 2012년09월10일

(56) 선행기술조사문헌

JP10081922 A\*

JP2005097717 A\*

KR1020090091232 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국지질자원연구원

대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)

(72) 발명자

김형석

대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 110동 1304호

배인국

대전광역시 서구 갈마1동 365-1, 영풍빌라타운 라동 201호

최재석

서울특별시 강서구 등촌1동 등촌 6차 보람아파트 704호

(74) 대리인

민병오

전체 청구항 수 : 총 6 항

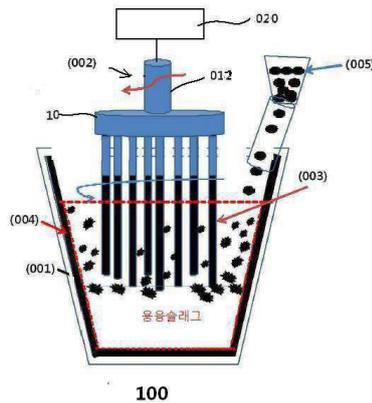
심사관 : 김동국

(54) 발명의 명칭 용융슬래그에 함유된 유가금속의 환원 방법 및 환원장치

**(57) 요약**

본 발명은 용융슬래그에 함유된 유가금속을 회수하기 위한 환원제의 제조 방법 및 산화철의 환원 반응 촉진 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 래들 로 및 전로에서 조업하기 앞서 전기로 또는 전로에서 배출된 용융 슬래그를 슬래그 포트내로 투입한 후, 환원제(탄소질 물질 또는 알루미늄 금속 함유물질) 비중을 용융 슬래그 보다 높게 하여 용융 슬래그에 첨가하게 되면 환원제가 용융 슬래그 속으로 침강시켜 반응시키거나, 슬래그 포트 내부 표면에 탄소질 물질로 코팅하여, 탄소봉으로 교반하여 환원반응을 촉진시킴으로서 용융슬래그로부터 유가금속인 금속 철(또는 금속 망간)의 회수율을 높이는 기술에 관한 것이다.

**대표도 - 도1**



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NP2010-015
부처명	지식경제부
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	철강 용융 슬래그 기능재료 제조기술 개발
주관기관	한국지질자원연구원
연구기간	2010.04.01 ~ 2015.03.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

전기로 또는 전로로부터 슬래그 포트에 배출된 용융 슬래그에 함유된 산화철을 금속철로 환원시키고, 나머지 슬래그는 잠재수경성 물질로 개질하기 위해 코크스, 흑연, 석탄 중 어느 하나와 점결제로 석탄 타르 및 핏치를 넣어 120~150℃ 정도에서 교반한 환원제 혼합물을 원기둥의 틀에 넣은 후, 유압프레스로 2.5~5.0의 겉보기 비중을 갖도록 환원제탄소봉으로 압착 및 성형하고, 상기 환원제탄소봉을 교반장치의 회전체에 형성된 금속봉에 결합한 다음, 슬래그 포트 상부에 장착하여 상하 이동 및 회전되게 구동시키면, 용융슬래그가 교반되면서 용융슬래그에 존재하는 산화철의 환원 반응이 촉진되게 이루어진 것을 특징으로 하는 용융슬래그의 환원 방법.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

삭제

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 환원제 혼합물에 증량제인 산화철 및 금속철과 산화철 혼합물의 혼합물을 혼합하여 블록 모양의 틀에 넣은 후 유압프레스로 2.5~5.0의 겉보기 비중을 갖도록 블록모양으로 압착 및 성형하여 성형체인 환원제를 만들고, 상기 환원제를 슬래그 포트에 투입하면 환원제 혼합물의 비중이 용융슬래그 비중 보다 높기 때문에 용융슬래그 내에서 침강되면서 용융슬래그 내 산화철의 환원 반응을 촉진시키도록 이루어진 것을 특징으로 하는 용융슬래그의 환원 방법.

### 청구항 6

삭제

### 청구항 7

삭제

### 청구항 8

삭제

### 청구항 9

삭제

### 청구항 10

용융슬래그에 환원제와 환원제탄소봉을 수장하여 산화철을 금속철로 환원시키기 위하여 형성된 슬래그 포트와, 상기 슬래그 포트 내부에 수용된 용융슬래그를 탄소봉으로 상하이동 및 회전하면서 교반할 수 있게 탄소봉을 회전체에 다수개 형성된 금속봉의 삽입홈에 장착 및 탈착이 가능하게 고정볼트로 고정된 교반장치와, 상기 교반장치에 동력을 전달하는 모터를 포함하여 구성한 것을 특징으로 하는 용융슬래그의 환원장치.

### 청구항 11

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

제 10항에 있어서,

상기 금속봉의 단부면에 연결홈을 형성하고, 또 탄소봉의 상부면에 연결홈을 형성하여, 상기 연결홈에 탄소스크류(또는 금속 스크류)를 삽입하여 금속봉에 탄소봉을 결합 및 분리할 수 있도록 구성한 것을 특징으로 하는 용융슬래그의 환원장치.

**청구항 16**

제 10항에 있어서,

상기 금속봉의 단부면에 돌출구를 형성하여 돌출구를 탄소봉의 상부면에 형성된 연결홈에 나사식으로 결합 및 분리할 수 있도록 구성한 것을 특징으로 하는 용융슬래그의 환원장치.

**청구항 17**

제 10항, 제 15항, 제 16항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 금속봉에 결합된 탄소봉의 길이를 조절할 수 있도록 탄소봉의 하부면에도 연결홈을 형성하고, 또 다른 탄소봉의 상부면에 형성된 연결홈에 탄소스크류(또는 금속 스크류)를 삽입하여 탄소봉과 탄소봉이 일체로 결합할 수 있도록 구성한 것을 특징으로 하는 용융슬래그의 환원장치.

**청구항 18**

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 용융슬래그에 함유된 유가금속을 회수하기 위한 환원방법 및 이들 유가금속의 환원 반응을 촉진하는 장치의 개발에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전기로 및 전로에서 배출된 용융 슬래그를 탄소질 물질로 코팅된 별도의 슬래그 포트내로 투입한 후, 용융슬래그보다 비중을 높게 만든 환원제 혼합물을 용융슬래그내로 투입하여 침강시키거나, 상하 이동 및 회전이 가능한 탄소봉이 부착된 교반장치로 교반하여 환원반응을 촉진시킴으로써, 용융슬래그로부터 유가금속인 철 및 망간을 회수하고 나머지 개질된 용융슬래그는 물론 급냉시켜 잠재수경성 물질로 만들어 시멘트 혼화재로 활용하는 것에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 철강슬래그는 철광석, 코크스, 석회석을 원료로 하여 고로에서 선철을 만들어내는 제선공정에서 발생하는 고로 슬래그와 강을 제조하는 제강공정에서 발생하는 전로슬래그, 그리고 고철을 주원료로 하여 전기로에서 발생하는 전기로 슬래그 세 가지로 나눌 수 있다. 이중 전기로 슬래그는 다시 전기로 아크로에서 발생하는 산화슬래그와 래들(ladle) 로에서 발생하는 환원슬래그로 구분한다.

- [0003] 국내의 철강 슬래그 발생량은 꾸준히 증가하여 2008년 기준 1,900만 톤/년이 발생되었고 이 중 철과 망간과 같은 유가금속이 함유된 전기로 슬래그는 300만톤/년 그리고 전로슬래그는 530만톤/년 정도 발생되었다.
- [0004] 이러한 슬래그는 제선과정에서 철광석 및 코크스의 맥석 성분이 그리고 제강과정에서는 용선 및 용강의 산화물, 탈산산할 때 생성되는 산화물, 정련할 때 첨가되는 부원료에 의해 철강공정에서 필연적으로 발생하는 물질이다.
- [0005] 철강 슬래그는 CaO 및 SiO<sub>2</sub> 를 기본 성분계로 하여 정련반응의 종류에 따라서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 및 CaS 등의 성분이 함유된다. 즉, 제선 슬래그는 CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 기본 성분계로 하고 있지만, 용선(또는 용강)을 정련하는 제강공정 및 비철제련 제강 공정 등에서 발생하는 제강슬래그는 CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO를 기본 성분계로 하고 있어 철 성분의 함유량이 15~30% 정도로 높다. 그러나 이들을 회수하지 못하고, 노반재용 골재 및 채움재 등의 저부가가치 용도로 이용되고 있어 전기로 및 전로슬래그(830만톤/년)에 함유된 금속철이 연간 180만톤(약 1조 2,600 억원)의 귀중한 금속 자원을 회수하지 못하고 버려지고 있다.
- [0006] 본 발명은 환원기 조업전 전기로 및 전로에서 발생된 용융 슬래그를 자체의 현열을 활용하여 산화철을 금속철로 환원시켜 회수하고, 나머지 슬래그는 고로수쇄슬래그와 유사한 잠재수경성 물질로 만들어 고부가가치 용도로 재활용하기 위한 기존의 특허(등록번호: 특허제10-1167134호)의 목적을 달성하기 위한 것이다. 더욱 상세하게는 슬래그에 함유된 산화철이 금속철로 환원되는 양이 적게 되면, 금속 철의 회수량이 적어지고, 나머지 슬래그에는 철분 함유량이 많게 되어 잠재수경성 물질로 활용하기 곤란하다.
- [0007] 따라서 본 발명에 제시한 환원방법 및 환원장치를 이용하여 슬래그로부터 금속 철의 회수율을 높이고, 나머지 슬래그의 잠재수경성을 향상시켜 유가금속을 함유한 제강슬래그의 재활용에 따른 경제성을 확보하고자 하였다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0008] 철강 산업은 그 제조공정의 특성상 다량의 주원료와 부원료 및 에너지를 사용하기 때문에 다양한 종류의 부산물과 폐기물이 필연적으로 발생된다. 이중 가장 많은 양을 차지하고 있는 부산물인 고로슬래그로 이들은 대부분 다소 고부가가치의 용도로 재활용되고 있다. 그러나 제강공정에서 발생하는 대부분 제강 슬래그(전기로 슬래그, 전로 슬래그, 비철 슬래그)는 도로 노반재용 골재 및 채움재 등의 저부가가치 용도로 활용되고 있다.
- [0009] 따라서 본 발명의 목적은 종래에 발명된 특허(등록번호: 특허제10-1167134호)의 목적을 달성하기 위한 것이다.
- [0010] 전기로 및 전로 공정에서 바로 배출되는 용융슬래그는 1,300~1,600의 현열을 가지고 있고, 이러한 현열을 이용하여 용융 슬래그에 함유된 산화철 및 산화망간을 금속 철 및 금속 망간으로 변화시키기 위해서는 필연적으로 환원제를 사용해야만 한다.
- [0011] 일반적으로 전기로 및 전로 공정에서 발생하는 냉각되어 응고한 슬래그의 비중은 2.5~3.3 정도이며, 비철제련의 슬래그는 중금속 산화물을 많이 함유하고 있기 때문에 3.5~4.0 가량으로 된다.
- [0012] 용융된 상태의 슬래그 비중은 온도와 슬래그 조성에 대한 의존성이 크다. 선철을 만드는 제선공정에서 생성되는 기본 슬래그계인 CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>계에서 1,550℃의 등밀도선을 보인 도 6을 보면, CaO 함량이 일정할 때 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> 비에 따라 비중이 증가하며, SiO<sub>2</sub> 함유량이 일정할 때 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO 비에 따라 비중은 감소한다. 보통은 염기도(CaO/SiO<sub>2</sub>비)가 증가함에 따라 비중이 증가하여 2.30~2.66의 비중을 갖는다.
- [0013] 산소로 취련하는 제강공정에서 생성되는 기본 슬래그계인 FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-CaO계의 경우, 1,600℃의 P<sub>O<sub>2</sub></sub>=3.7×10<sup>-3</sup> bar에서 용융체의 비중에 미치는 조성의 영향을 조사한 결과에 따르면, 도 7과 같이 CaO+SiO<sub>2</sub>의 mol %가 적을수록 염기도(CaO/SiO<sub>2</sub>: 0.57~2.43)가 클수록 용융슬래그의 비중은 커져 보통 2.5~4.2의 비중을 갖는다고 한다.
- [0014] 결과적으로 전기로 및 전로 제강 및 비철 제련 공정에서 생성되는 용융슬래그의 비중은 염기도 및 온도에 따라 2.5~4.2의 범위에서 속할 것이 예상되기 때문에 투입하는 환원제의 비중이 용융슬래그의 비중보다 높아야만 용융슬래그내로 침강하여 산화철을 환원반응을 할 수 있다. 그러나 일반적으로 값이 싼 탄소(코크스, 흑연, 석탄)계 환원제는 진비중이 2.23이고, 겉보기 비중은 2.0 정도이기 때문에 용융슬래그내로 침적되기 어렵다. 그러나 금속 알루미늄의 비중은 2.7이기 때문에 용융 슬래그의 비중이 2.7보다 작으면 알루미늄은 용융슬래그 내부

로 침적될 것이고, 용융슬래그 비중이 2.7보다 크게 되면 뜨게 될 것이다. 기존의 특허(출원번호: 10-2009-0133770)에 따르면 환원제로 탄소와 금속 알루미늄 단독으로 사용했을 때 용융슬래그내 산화철의 환원율이 20% 이하로 낮았다. 이렇게 산화철의 환원율이 낮으면 철회수시 경제성을 확보하기 곤란하고, 나머지 슬래그내에는 산화철의 함유량이 높아져 기존의 특허(등록번호: 특허제10-1167134호)에서 목적하는 잠재수경성 슬래그의 품질 또한 낮아지기 때문에 이들을 시멘트 혼화제로 활용하기 곤란하다.

[0015] 따라서 본 발명에서는 용융슬래그를 담은 포트를 미리 환원제인 탄소계 물질로 내부를 코팅하여 환원반응을 이루어지도록 하거나, 환원제로 사용하는 물질(탄소, 알루미늄, 알루미늄 드로스, Fe-Si 등)의 비중을 용융슬래그의 비중보다 높게 하여 용융 슬래그 내에서 침강이 가능하도록 하거나, 탄소분을 용융슬래그에 침적시켜 교반함으로써 연속적인 접촉 반응에 의해 용융 슬래그내 산화철의 환원율을 높이고 동시에 비정질 잠재수경성 슬래그의 품질 또한 향상시키고자 하였다.

**과제의 해결 수단**

[0016] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따르면, 본 발명은 전기로 또는 전로에서 발생된 용융슬래그를 미리 내부를 환원제인 탄소로 코팅한 별도의 슬래그 포트 내로 배출하거나, 인위적으로 비중을 높인 환원제의 혼합물을 슬래그 포트에 공급하거나, 환원제인 환원제탄소분으로 교반시키는 방법을 단독 또는 이들 환원 방법을 조합하여 용융슬래그로부터 유가금속을 회수하고자 하였다.

[0017] 상기 환원제인 탄소의 비중을 높이고, 슬래그를 개질하는 방법으로는 슬래그 개질제와 환원제인 탄소질 물질에 금속철 또는 산화철을 혼합한 후 이들 혼합물을 시멘트로 고화시킨다. 즉, 이들 환원제가 포함된 혼합물의 비중이 용융슬래그의 비중보다 높게 하여 이들이 용융슬래그내에서 분화되지 않고 침강시키는 방법을 제공한다.

[0018] 탄소질 환원제(코크스, 흑연, 석탄)와 증량제인 금속철(또는 산화철)의 혼합물에 점결제로 석탄 타르 및 핏치를 넣어 120~150℃ 정도에서 교반한 후, 이들을 원기둥 모양의 틀에 넣은 후, 유압프레스로 압착하여 환원제탄소분을 만든다. 이때 환원제탄소분은 용융슬래그 내에서 투입초기에 분화되지 않도록 일정한 점결성을 갖게 방법을 제공한다.

[0019] 환원제(또는 발열제)로 알루미늄(또는 알루미늄 드로스)을 사용하는 경우에도 이들 환원제가 용융슬래그의 비중보다 낮으면, 용융슬래그 표면에 뜨게 된다. 따라서 비중이 높은 금속철과 알루미늄(또는 알루미늄 드로스)을 결합시켜 이들 환원제의 혼합물이 용융슬래그의 비중보다 높게 하여 용융슬래그 내에서 침강시키는 방법을 제공한다.

[0020] 또한, 상술한 비중이 높아진 탄소계 환원제의 혼합물과 알루미늄계 환원제의 혼합물을 동시에 사용함으로써 환원제의 사용에 따른 열손실을 알루미늄계 환원제의 테드밋 반응에 의한 발열반응으로 보상되므로 용융슬래그내 산화철의 환원율을 더욱 증대시킬 수 있다.

[0021] 따라서 용융슬래그내 유가 금속의 환원율을 높이고 개질하는 방법으로는 첫째. 환원제인 탄소 및 알루미늄에 비중이 높은 물질을 결합시켜 이들 환원제가 함유된 혼합물의 겉보기 비중을 용융슬래그의 비중보다 높인 환원제 혼합물을 용융슬래그가 담긴 슬래그 포트의 상부에서 투입하여 환원반응을 촉진하고 슬래그를 개질시키는 방법과,

[0022] 둘째. 내부 표면이 미리 탄소질 물질로 코팅시킨 슬래그 포트에서 전기로 및 전로 공정에서 배출된 용융슬래그를 투입하여 환원 반응을 촉진하고 슬래그를 개질시키는 방법과,

[0023] 셋째. 환원제인 환원제탄소분이 부착되어 있고 상하 이동 및 회전이 가능한 교반 장치로 슬래그 포트내에서 용융슬래그를 교반함으로써 환원반응을 촉진하고 슬래그를 개질시키는 방법을 채택할 수 있다.

[0024] 이러한 환원 방법은 경제성 및 환원율을 고려하여 이들 환원 방법 중 한 가지 방법을 단독으로 이용하거나, 이들 3가지의 환원방법을 모두 조합하여 적용할 수 있다.

**발명의 효과**

[0025] 탄소 및 알루미늄을 단독으로 환원제로 사용할 경우, 이들 환원제의 비중이 용융슬래그의 비중보다 낮아 내부로 투입되지 않기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위해 특별히 고안된 용융슬래그의 와류를 이용하는 혼합장치를 사용하는 것을 특징으로 하는 특허(출원번호: 10-2010-0109416)가 출원된바 있다. 그러나 액체인 용융슬래그의

와류를 이용하여 환원제와 교반하는 특허의 내용을 분석하면 용융슬래그의 와류에 의해 일시적으로 환원제가 용융슬래그로 침적되었지만, 환원제의 비중이 용융 슬래그의 비중보다 낮아 결국에는 환원제가 용융슬래그 표면으로 부상될 수밖에 없기 때문에 슬래그내에 함유된 산화철의 환원율이 낮을 것으로 보인다.

[0026] 기존의 또 다른 발명(출원번호: 10-2009-0133770)에서 비중이 낮은 탄소와 알루미늄을 환원제로 사용한 결과에 따르면 용융 슬래그에 포함된 산화철을 20% 수준까지 환원되지 않았다.

[0027] 이렇게 산화철의 환원율이 낮은 것은 전술한 바와 같이 환원제와 용융슬래그가 혼합되지 않고 슬래그 표면에서만 반응하기 때문이다.

[0028] 본 발명은 슬래그 포트 내부표면을 탄소질 물질로 코팅하여 용융슬래그를 환원시키거나, 또는 반응기에 탄소와 알루미늄의 혼합물의 비중을 높게 하여 용융슬래그내로 투입하게 되면 이들 혼합물의 비중에 비례하여 용융슬래그내에서 이들의 침강속도가 빨라져 용융슬래그 내부로 깊숙이 투입되어 분산되면서 용융슬래그를 환원하며, 또한, 환원제인 환원제탄소붕이 부착된 교반장치로 혼합함으로써 산화철의 환원율을 높이고자 하였다.

[0029] 본 발명에서와 같이 비중이 낮은 탄소에 비중이 높은 금속철(또는 산화철)을 혼합한 후, 수경성 물질로 고화시켜 이들 환원제 혼합물의 비중을 용융슬래그의 비중보다 높게 하거나, 또는 탄소질 환원제(코크스, 흑연, 석탄)와 증량제인 금속철(또는 산화철)의 혼합물에 점결제로 석탄 타르 및 펄치를 넣어 120~150℃ 정도에서 교반한 후, 이들을 원기둥 모양의 틀에 넣은 후, 유압프레스를 이용하여 압착시켜 환원제탄소붕을 만들고, 이들 환원제탄소붕을 용융슬래그의 내부 깊숙이 삽입하여 교반장치에 의해 교반하게 되면 용융 슬래그의 현열로 인해 용융슬래그내 산화철이 환원되어 금속철로 변화된다.

또한, 상기 혼합된 환원제를 블록모양으로 압축, 성형하여 용융슬래그 내부로 투입하여도 상기와 같이 동일한 작용을 하게 된다.

[0030] 그뿐만 아니라 알루미늄과 금속철의 혼합물을 환원제로 사용할 경우에는 용융슬래그 밑으로 침적한 이들은 용융슬래그의 현열로 인하여 슬래그 포트 내부에서 금속 알루미늄(용융점: 660℃)이 용융된 후 비중이 낮은 알루미늄의 용융물은 비중이 낮아 용융슬래그의 상부로 이동하면서 산화철과 접촉하여 테르밋 반응으로 환원되기 때문에 산화철의 환원율이 높아질 것이다.

[0031] 이때, 알루미늄과 산화철의 테르밋 반응은 발열반응이기 때문에 환원제의 투입에 따른 용융슬래그의 열손실을 감소시켜 외부에서 굳이 열을 공급하지 않더라도 환원반응에 필요한 온도를 유지할 수 있을 것이다.

[0032] 그리고 탄소질 물질 또는 금속알루미늄과 혼합하는 금속철은 상기 환원반응으로 회수되는 철을 계속해서 재순환하여 사용하거나 전로 공정에서 포집되는 주로 금속철과 산화철이 함유된 더스트를 활용할 수 있기 때문에 별도의 금속철의 손실은 없고 미활용되어 폐기되고 있는 철 자원을 활용할 수 있다. 결과적으로 탄소 및 알루미늄 환원제만 소모될 뿐이다. 또한, 산화철의 금속철로의 환원양이 높아짐에 따라 나머지 슬래그의 철 함유량이 적어져 잠재수경성 물질의 품질도 향상되는 효과를 동시에 기대할 수 있다.

[0033] 본 발명을 통해 전기로 및 전로의 제강공정에서 발생하는 용융슬래그에서 금속철을 회수하고 나머지 슬래그는 잠재수경성 물질로 만들어 시멘트 혼합재로 사용할 수 있기 때문에 기존보다 더 경제적인 이익을 얻을 수 있다. 이외에 금속 철의 회수에 따른 고철 및 철광석의 수입대체효과, 용융슬래그의 현열 활용 및 잠재 수경성 물질로 활용에 따른 에너지 절감 및 CO<sub>2</sub> 발생량의 저감 효과, 국내 석회석 자원의 절약 효과 등의 다양한 부대 효과를 동시에 얻을 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 용융슬래그를 이용한 유가금속의 회수 및 나머지 슬래그를 잠재수경성 물질로 제조하는 장치 구성도.

도 2는 도 1의 용융 슬래그를 슬래그 포트에 투입 후 탄소붕이 부착된 교반장치로 산화금속을 환원하는 장치의 구성도.

도 3은 도 2의 탄<sup>o</sup>소붕이 부착된 환원 교반장치의 상세도.

도 4는 도 1의 고비중의 환원제로 산화금속을 환원하는 장치의 구성도.

도 5는 도 1의 용융슬래그를 담은 포트를 환원제인 탄소질 물질로 코팅하여 산화금속을 환원하는 장치의 구성도.

도 6은 CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>계에서 1,550℃에서 등밀도선.

도 7은 FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-CaO계에서 1,600℃에서 등밀도선

도 8은 전기로 산화슬래그의 XRD 분석결과 그래프.

도 9는 슬래그 포트내에 용융슬래그를 정치시켰을 때 슬래그 구성물질들의 성상을 표현한 모식도.

도 10은 활성탄에 의한 수직관상로에서 용융슬래그내 산화철의 환원율을 나타낸 그래프.

도 11은 알루미늄 드로스에 의한 수직관상로에서 용융슬래그내 산화철의 환원율을 나타낸 그래프.

도 12는 비중인 3.0인 중액에 활성탄 고화체를 침적시킨 사진.

도 13은 비중이 3.0인 중액에 금속철과 활성탄이 함유된 혼합물의 비중을 높여 침적시켰을 때의 사진.

도 14는 비중인 3.0인 중액에 알루미늄드로스를 침적시킨 사진.

도 15는 비중이 3.0인 중액에 금속철과 알루미늄드로스가 함유된 혼합물의 비중을 높여 침적시켰을 때의 사진.

도 16은 유도로에서 산화슬래그를 용융시킨 후 환원제 및 탄소봉으로 슬래그에 함유된 산화철을 환원시키는 과정을 보인 사진.

도 17은 용융 전기로 산화슬래그와 반응한 탄소 교반봉 사진.

도 18은 용융 전기로 산화슬래그로부터 회수한 금속 철 사진.

도 19는 용융슬래그를 개질한 후 수냉하였을 때 냉각된 슬래그의 XRD 분석결과를 나타낸 그래프.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0035] 이하 본 발명의 실시 예를 상세하게 설명한다.

[0036] 일반적으로 금속 산화물을 금속으로 환원시키는 물질로 탄소성분(코크스, 흑연, 석탄), 알루미늄(또는 알루미늄 드로스), FeSi, SiC 등이 사용하게 된다. 순수한 탄소의 비중은 2.23이고, 알루미늄의 비중은 2.7정도이다. 산업부산물로 발생하는 알루미늄드로스는 알루미나 성분(비중: 4.0)이 40~75%를 함유되어 있어 이들은 3.103~3.75의 비중을 갖는다. FeSi는 규소함유량에 따라 용해점 및 비중이표 1와 같이 변화되고 SiC는 3.1~3.2정도의 비중을 갖는다.

[0037] 따라서 용융슬래그는 2.5~4.2의 비중을 가지므로 탄소질 환원제를 단독으로 사용할 경우에는 용융슬래그에 뜬다. 알루미늄 드로스의 경우에는 알루미나 성분의 함유량, 그리고 Fe-Si는 규소함유량에 따라 비중이 달라지므로 이들 알루미나 및 규소 성분이 슬래그의 비중보다 높게 되도록 함유된 알루미늄드로스 및 FeSi의 경우에만 사용이 가능하다. 그러므로 상술한 환원제가 용융슬래그보다 비중이 낮은 상태로 존재할 경우에는 이들 환원제가 함유된 혼합물의 비중을 용융슬래그의 비중보다 높여 용융슬래그 내부로 침적시키는 방법이 필요하다.

**표 1**

페로실리콘 기호	규소함유량(%)	용해점(℃)	비중
FeSi 45	45	1,215~1,300	5.1
FeSi 75	75	1,210~1,315	2.8
FeSi 90	90	1,210~1,380	2.4

[0038]

**실시예 1**

[0039] 국내의 여러 제강업체에서 입수한 전기로 및 동제련 슬래그를 임팩트 크러셔로 1차 파쇄 후 진동밀로 미분쇄하고 분쇄되지 않은 금속 철은 체질 및 자력선별로 제거하여 만든 각각 전기로 산화 슬래그 시료 및 동제련 슬래그의 화학조성을 각각 [표 2]와 [표 3]에 나타내었다. 전기로 제강 슬래그의 주성분은 CaO와 SiO<sub>2</sub> 및 철 성분(Fe, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)이었고, 그 밖에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>등이 함유되어 있다. 그리고 각 제강회사에서 발생하는 슬래그내 성분들의 함유량이 일정하지 않는데 이것은 각 제강회사에서 사용하는 원료 및 부원료, 제강 공정의 차이에서 기인된 것으로 보인다. 동제련 슬래그의 주성분은 FeO와 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이었고, 그 밖에 CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등이 함유되어 있다

**표 2**

전기로 산화슬래그	화학적성분(wt.%)								염기도
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T-Fe	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
Slag -001	21.40	13.12	17.26	0.91	6.31	23.59	6.93	0.12	2.0
Slag -002	20.98	13.88	17.24	1.15	8.97	18.86	8.16	0.09	1.9
Slag -003	10.23	7.80	37.98	0.51	6.07	21.63	5.42	0.45	3.4
Slag -004	19.76	12.99	26.68	0.88	7.01	18.46	6.60	0.21	1.9
Slag -005	21.58	8.93	27.02	0.88	5.57	17.50	9.19	0.19	1.7
Slag -006	20.06	11.51	24.52	0.93	5.85	17.35	9.30	0.15	1.9
Slag -007	29.02	9.96	24.23	1.06	4.42	16.85	5.96	0.14	1.1
Slag -008	25.76	9.79	16.53	1.08	6.14	26.05	8.36	0.08	1.7
Slag -009	20.61	12.48	17.59	0.91	7.11	23.01	11.98	0.13	2.3

[0040]

**표 3**

동제련 슬래그	화학적성분(wt.%)						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	33.05	4.46	39.31	7.29	5.48	0.73	0.05

[0041]

[0042] 도 8은 냉각된 전기로 제강 슬래그의 대표적인 XRD 분석결과이다. 도 8에서 알 수 있는 바와 같이 슬래그는 비중이 7.9인 금속철, 2.98인 gehlenite 및 2.944인 akermanite 그리고 이들의 고용체인 melinite를 주로 함유하며, 또한, 비중이 5.70인 FeO이외에 철의 함유량에 따라 3.25~5.1의 비중을 갖는 2CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 고용체, 비중이 3.23인 2CaO·SiO<sub>2</sub>등의 비중이 높은 광물들이 혼합되어 존재하였다. 도면으로 도시 하지는 않았지만 동제련 슬래그는 fayalite(2FeO·SiO<sub>2</sub>)로 주로 구성되어 있고, 이들이 함유된 용융슬래그의 비중은 3.5 정도로 알려져 있다.

[0043] 이들 광물들의 용융체로 구성된 슬래그를 슬래그 포트에 적치시키면 도 9와 같은 성상으로 슬래그 포트 상부에서 하부로 갈수록 비중이 낮은 물질에서 높은 물질로 혼재할 것이다. 이들의 용융 슬래그는 액체상태로 존재하기 때문에 용융슬래그의 비중은 구성광물의 종류 및 양에 따라 작게는 2.5 정도, 크게는 용융철의 비중인 7.9까지 변화될 것으로 판단된다. 그러나 용융슬래그의 비중을 정확히 측정된 바는 없지만, 용융슬래그에 함유된 물질은 단독 상으로 뚜렷이 구분되어 존재하지 않고, 혼합상으로 존재하기 때문에 일반적으로 슬래그 용융체는

1,300~1,650℃의 범위에서 2.5~4.2 정도의 비중을 갖는다고 한다.

[0045] 결과적으로 환원제의 비중이 용융 슬래그의 비중보다 낮게 되면, 환원제가 용융슬래그 표면에 부유되기 때문에 용융슬래그에 함유된 산화철의 환원율은 당연히 낮아 질 것이다.

### 실시예 2

[0046] 도 10은 수직 관상로에서 전기로 산화슬래그를 산화분위기의 1,500℃에서 용융시킨 후, 용융된 슬래그에 각각 1, 2, 3, 4%의 흑연분말을 상부에서 투입하여 30분 동안 산화분위기에서 반응시켰을 때 산화철의 환원율을 보인 그림이다.

[0047] 흑연 분말을 약 3%까지 투입하였을 때 산화철의 환원율은 최대 20%정도 증가되지만 3%를 초과하게 되면 오히려 환원율이 낮아졌다.

[0048] 도 18은 수직 관상로에서 전기로 산화슬래그를 산화분위기의 1,500℃에서 용융시킨 후, 용융된 슬래그의 중량 대비 각각 5, 10, 15, 20%의 알루미늄 드로스(겔보기 비중: 2.7) 상부에서 투입하여 30분 동안 산화분위기에서 반응시켰을 때 산화철의 환원율을 보인 사진이다.

[0049] 알루미늄 드로스의 첨가량이 약 15%이었을 때 산화철의 환원율이 최대 34%정도까지 증가되었지만, 15%를 초과하게 되면 흑연분말과 마찬가지로 산화철의 환원율이 낮아지는 것으로 나타났다.

[0050] 상기와 같이 흑연분말과 알루미늄 드로스를 단독으로 환원제로 사용하였을 때, 두 환원제 모두 산화철의 환원율이 낮았는데 이것은 흑연분말 및 알루미늄 드로스의 비중이 용융슬래그의 비중보다 낮기 때문에 용융된 슬래그 내부로 침투되지 못하고 표면에서 환원반응이 일어난 현상으로 보인다. 그리고 흑연분말 및 알루미늄 드로스를 산화철의 환원시키는 당량이상으로 넣었을 때 흑연분말이 알루미늄 드로스보다 환원율이 낮은 것은 흑연과 알루미늄 드로스의 환원반응 속도의 차이도 있겠지만, 흑연이 알루미늄 드로스보다 비중이 낮고, 흑연은 분말이고 알루미늄 드로스는 괴상이어서 알루미늄 드로스가 더 많이 용융된 슬래그에 침적되어 환원반응이 진행되기 때문으로 판단된다.

### 실시예 3

[0051] 실시예 2의 실험 결과와 같이 용융슬래그의 비중보다 환원제의 비중이 낮거나 높을 때 용융 슬래그에 뜨거나 가라앉는지를 간접적으로 규명하고자 하였다.

[0052] 이러한 현상을 규명하는 방법으로 선광기술 중 하나인 중액(重液)선별 방법을 이용하였다. 일반적으로 중액선별은 암석을 구성하는 조암광물들 간의 비중이 차이를 이용해 유용 광물과 불용광물을 선별하는 방법이다. 즉, 중액보다 비중이 낮은 광물은 뜨고, 중액보다 비중이 높은 광물은 가라앉는 물리적 특성을 이용하는 선별방법이다. 예를 들면 얼음의 부피가 아무리 크더라도 물보다 비중이 낮은 얼음은 물 위로 뜨는 원리와 같은 것이다. 마찬가지로 용융슬래그 비중 보다 환원제의 비중이 낮으면 용융슬래그 위로 뜰 것이고, 높으면 가라앉을 것이다.

[0053] 용융슬래그에서 일어나는 현상을 규명하기 위해 용융 슬래그의 비중과 유사한 2.964의 비중을 갖는 Tetrabromoethane ( $\text{CHBr}_2\text{CHBr}_2$ )을 중액으로 사용하였다.

[0054] 도 12는 활성탄(비중: 2.2)과 시멘트(비중: 3.1)를 100:15 중량비로 혼합한 후 시멘트 중량에 물을 50%로 첨가하여 1일 동안 반응시킨 고화체를 Tetrabromoethane ( $\text{CHBr}_2\text{CHBr}_2$ )용액에 침적시킨 사진이다.

[0055] 도 12에서 알 수 있는 바와 같이 활성탄과 시멘트의 혼합물의 겔보기 비중이 2.5정도이기 때문에 비중이 약 3.0인 중액에 가라 앉지 않고 부유된 것을 볼 수 있다. 따라서 비중이 2.2인 활성탄도 당연히 용융슬래그에 부유될 것으로 예상된다. 이러한 결과는 부피가 약 100mL의 중액에 침적한 결과를 보인 것으로 10m<sup>3</sup>정도의 슬래그 포트에 투입된 탄소 환원제는 용융 슬래그 표면에 부유될 수밖에 없어 실제 조업에서는 실험실보다 더욱 낮은 환원효과를 보일 것이다.

[0056] 도 13은 활성탄을 용융슬래그에 가라앉게 하기 위해 활성탄과 금속 철(비중: 7.9)의 혼합량을 [표 4]와 같이 변

화시킨 후 이들 혼합물에 시멘트를 약 15% 첨가하고 물/시멘트량 비율을 0.5로 하여 1일 동안 경화시킨 고화체를 Tetrabromoethane 증액에 침적시킨 결과를 보인 것이다.

[0057] 도 13에서 알 수 있는 바와 같이 활성탄과 시멘트의 혼합물의 경화체의 겉보기 비중이 3.0이하인 A와 B 시료는 증액에 가라 앉지 않고 부유되었다. 그러나 탄소 환원제가 함유된 경화체의 겉보기 비중이 3.1인 C 시료는 증액의 중간 높이에 부유되어 있고, 겉보기 비중이 3.3 정도인 D 시료는 침적시키자마자 바로 증액의 밑바닥으로 가라앉는 현상을 보였다.

[0058] 결과적으로 환원제가 포함된 경화체의 비중을 용융슬래그의 비중보다 높게 하면 용융 슬래그속에서 가라 앉게 되고 경화체의 겉보기 비중이 높아질수록 용융슬래그에서 경화체의 침강 속도를 높여 질 것으로 판단된다.

[0059] [표 5]는 현재 국내 제철소의 전로조업 공정의 노구로부터 연간 30만톤 정도 발생되는 제철소 전로 더스트의 화학성분을 나타낸 것이고, 이들은 XRD 분석결과에 의하면 주로 비중이 높은 주로 a-Fe, a-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>로 존재하고 입자의 크기가 65mesh이하(90%이상)로 매우 작다. 이들 더스트는 시멘트 원료나 briquetting하여 전로의 냉각제로 사용될 뿐 대부분 폐기되고 있다. 따라서 이들을 환원제인 탄소질 물질과 혼합하여 증량제로 사용하게 되면 별도의 분리/선별 공정을 거치지 않고 철질 원료로도 재활용할 수 있다.

표 4

시료명	혼합제 비율			겉보기 비중
	활성탄	금속 철	시멘트	
A	1	0	0.15	2.2
B	1	2.0	0.45	2.7
C	1	2.5	0.53	3.1
D	1	3.0	0.6	3.3

[0060]

표 5

전로 더스트	화학성분(wt.%)							
	Total Fe	Metal Fe	FeO	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	C
A	71.66	22.79	56.43	7.21	1.1	0.34	3.04	0.72
B	68.00	7.03	78.35	4.90	0.92	0.29	0.29	0.9
C	44.54	1.58	8.71	11.70	4.81	0.37	0.37	2.88
D	71.91	49.90	90.78	11.14	1.83	0.47	0.47	1.08
E	63.86	7.26	81.82	8.29	2.30	0.23	0.23	1.14
F	55.81	1.21	10.06	5.16	0.95	0.49	0.49	4.00
G	69.86	48.93	25.88	15.86	2.87	0.99	3.78	0.68
H	68.52	21.65	48.12	7.83	1.44	0.31	1.32	0.43
I	63.56	11.43	27.56	9.40	1.35	0.27	1.30	0.69

[0061]

[0062] 도 14는 겉보기 비중이 2.7정도인 알루미늄드로스 자체를 비중이 2.964인 Tetrabromoethane (CHBr<sub>2</sub>CHBr<sub>2</sub>) 증액에 침적시킨 사진을 보인 것이다.

[0063] 도 14에서 알 수 있는 바와 같이 알루미늄 드로스의 겉보기 비중은 2.7로 증액의 비중보다 낮기 때문에 증액에서 가라앉지 않고 부유된 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 부피가 약 100mL의 용액에 넣은 결과를 보인 것으로 용량이 10m<sup>3</sup>인 슬래그 포트에 알루미늄 드로스를 투입할 경우에는 탄소환원제와 마찬가지로 알루미늄 드로스에 함유된 금속알루미늄의 용융점이 660℃로 낮아 용융되어 슬래그 표면에서 떠 있는 상태로 존재할 것이다. 이렇

계 비중이 낮은 알루미늄 용액은 용융슬래그 표면의 산화분위기에서 반응하기 때문에 실제 조업에서는 실험실보다 더욱 낮은 환원효과를 볼 수밖에 없을 것이다. 또한, 알루미늄과 산화철이 접촉하는 양이 적기 때문에 이들의 테르밋 반응에 의한 용융슬래그의 발열효과도 기대하기 어려울 것이다.

[0064] 도 15는 알루미늄 드로스에 금속철을 혼합하여 알루미늄이 용해되는 온도 (660℃)보다 높은 온도인 800℃에서 1시간 용융시켜 제조한 [표 6]와 같이 겉보기 비중이 3.2 정도의 알루미늄 드로스와 금속철 혼합물을 비중이 2.964인 Tetrabromoethane (CHBr<sub>2</sub>CHBr<sub>2</sub>)용액에 침적시킨 결과를 보인 것이다.

[0065] 도 14에서 알 수 있는 바와 같이 알루미늄 드로스의 겉보기 비중이 약 2.7일 때 중액에 가라앉지 않고 부유되었다. 그러나 도 15와 같이 알루미늄 드로스와 금속철의 겉보기 비중을 3.2정도로 하여 중액에 침적시킨 결과, 침적 즉시 바로 가라앉는 현상을 보였다. 따라서 알루미늄 환원제가 포함된 물체의 겉보기 비중을 용융슬래그의 비중보다 높게 하면 용융 슬래그속에 가라앉게 되고 이들 혼합물의 겉보기 비중이 높아질수록 용융슬래그에서 혼합물의 침강 속도를 높여 질 것으로 판단된다. 또한, 이들은 용융슬래그내부에서 재용해되므로 금속 알루미늄과 산화철의 테르밋 반응이 이루어져 용융슬래그의 가열효과도 기대할 수 있을 것이다.

표 6

원료 혼합비		겉보기 비중
알루미늄 드로스	금속 철	
1	0	2.7
1	0.3	3.2

[0066]

실시예 4

[0067] [표 7]은 도 16과 같이 산화슬래그를 환원제 역할을 하는 탄소도가니에 넣고 유도로에서 용융시켜 1,500℃에서 30분 정도 반응시킨 후 냉각시켜 금속철로 환원된 물질을 제외한 슬래그의 화학성분을 분석한 결과이다.

[0068] 환원전 슬래그의 total Fe는 약 21.3%로 높지만, 유도로에서 탄소도가니로 환원시켜 형성된 금속철을 제외한 나머지 슬래그에는 total Fe가 1.32% 정도 함유되어 93.8% 정도의 높은 철 환원율을 보이고 있다. 이렇게 용융슬래그내의 산화철의 환원율이 높아진 것은 용융슬래그내 존재하는 산화철 성분이 환원제인 탄소도가니와 연속적으로 접촉하여 환원반응이 이루어지기 때문이다. 따라서 용융슬래그내 산화철 성분이 환원제와 연속적으로 접촉하여 반응할 수 있는 조건만 갖추어진다면 용융 슬래그내에 함유된 대부분의 산화철 성분은 금속철로 환원될 것이다.

[0069] 이러한 반응이 일어나기 위해서는 용융슬래그와 반응시키는 환원제의 비중을 용융슬래그보다 높게 하여 용액속으로 침강시켜야만 하고 더욱 더 반응을 촉진시키기 위해서는 환원제로 구성된 교반봉으로 교반하는 방법을 생각할 있을 것이다.

표 7

시료	화학성분(wt.%)								환원율 (%)
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T-Fe	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
환원전 슬래그	20.00	13.29	21.34	0.86	4.92	22.03	7.82	0.17	0
환원후 슬래그	28.91	14.48	1.32	1.15	6.09	31.43	11.58	0.19	93.8

[0070]

**실시예 5**

- [0071] [표 8]은 연속적인 접촉에 의한 환원 반응을 동시에 기대할 수 있는 탄소봉의 교반에 의한 용융슬래그의 환원효과를 알아보기도 도 16과 같은 유도로서 발열체로 사용하는 탄소도가니가 슬래그와 반응하지 못하도록 탄소도가니 내부에 알루미늄이나 도가니를 넣었다. 그리고 알루미늄이나 도가니에 슬래그를 넣고 유도로서 1,500℃정도까지 가열하여 슬래그를 용융시킨 후 용융슬래그를 도 17과 같이 4개의 탄소봉으로 구성된 장치로 연속적으로 교반하였을 때 슬래그내 산화철의 환원율을 나타낸 것이다.
- [0072] [표 8]과 같이 알루미늄이나 도가니내에서 용융시킨 슬래그를 탄소봉으로 교반하지 않은 경우는 용융슬래그내 산화철이 전혀 환원되지 않았다. 그러나 용융슬래그를 탄소봉과 접촉시켜 10분 정도 교반하였을 때 용융슬래그내 산화철의 환원율은 65%정도, 20분 정도 접촉시켜 교반하였을 때 70.1% 정도, 30분 정도 접촉하여 교반시켰을 때 77.3% 정도, 그리고 60분정도 접촉시켜 교반하였을 때는 89.8%정도까지 환원율이 증가되었다. 용융슬래그와 접촉된 탄소봉은 도 17과 같이 탄소봉의 표면이 용융슬래그와 반응하기 때문에 탄소봉 표면의 탄소성분이 유실되어 부식된 현상을 보였다.
- [0073] 도 18은 회수된 금속 철의 성상을 그리고 도 19는 환원반응시킨 용융슬래그를 물로 급냉한 후 금속철을 제외한 슬래그를 X선 회절분석기로 분석한 결과를 보인 것이다.
- [0074] XRD 분석결과, 슬래그는 잠재수경성 물질인 고로수쇄슬래그와 유사한 비정질 존재하는 형상의 X-선 회절패턴을 보여 이들을 미분말화하여 시멘트 혼화제로 사용할 수 있다. 이때 탄소도가니를 환원제로 사용한 경우와 비교할 때, 환원제인 환원제탄소봉으로 사용한 경우에 동일한 반응시간에서 철 환원율이 다소 낮게 나타나는데 이러한 현상을 보인 것은 용융슬래그와 반응 면적이 탄소봉보다 탄소도가니가 크기 때문에 그 만큼 반응율이 높아졌기 때문이다.
- [0075] 따라서 환원제 및 교반용으로 사용하는 탄소봉의 크기와 수를 증가시키면 산화철과의 반응면적이 넓어지기 때문에 산화철의 환원속도를 높일 수 있다.

**표 8**

교반 시간	화학성분(wt.%)								환원율 (%)
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T-Fe	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
0분	20.00	13.29	21.34	0.86	4.92	22.03	7.82	0.17	0
10분	22.04	22.31	7.47	0.95	5.01	25.03	7.98	0.16	65.0
20분	22.88	23.32	6.39	0.97	5.30	25.69	8.49	0.15	70.1
30분	23.06	24.49	5.28	0.98	5.24	26.09	8.54	0.14	75.3
60분	28.89	24.52	2.10	1.14	6.05	31.32	11.45	0.13	89.8

- [0076] 본 발명의 일 실시예에 의한 유가금속의 회수 및 잠재수경성 물질의 제조 장치(100)는 용융슬래그보다 비중이 높은 환원제(005), 탄소로 코팅(004)(또는 코팅하지 않은)한 슬래그 포트(001), 환원제로 탄소봉(003)이 부착된 교반장치(002)를 포함한다. 이때 교반장치는 모터의 동력을 전달받아 구동한다. 그리고 용융슬래그에 함유된 산화철을 금속철로 환원하여 유가금속을 회수하고, 나머지 슬래그는 개질한 후 급냉시켜 비정질의 잠재 수경성 시멘트 혼화제를 제조하는 도 1과 같은 환원제의 투입방법 및 환원 장치를 KHS 프로세스(process)라 칭한다.
- [0077] 본 발명의 일 실시예에 의한 유가금속의 회수 및 잠재수경성 물질의 제조 장치(100)는 용융슬래그보다 비중이 높은 환원제(005), 탄소로 코팅(004)(또는 코팅하지 않은)한 슬래그 포트(001), 환원제로 탄소봉(003)이 부착된 교반장치(002)를 포함한다. 이때 교반장치는 모터의 동력을 전달받아 구동한다. 그리고 용융슬래그에 함유된 산화철을 금속철로 환원하여 유가금속을 회수하고, 나머지 슬래그는 개질한 후 급냉시켜 비정질의 잠재 수경성 시멘트 혼화제를 제조하는 도 1과 같은 환원제의 투입방법 및 환원 장치를 KHS 프로세스(process)라 칭한다.
- [0079] 본 발명의 실시예에 의한 유가금속의 회수 및 잠재수경성 물질의 제조 장치(100)를 세부적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0080] 탄소 및 알루미늄계 환원제의 비중은 슬래그의 비중보다 낮아 용융슬래그내로 침적하기 어렵기 때문에 실시예에서와 같이 산화철의 환원율이 매우 낮다. 이러한 단점을 보완하기 위해 도 2는 환원제인 탄소로 만든 환원제탄소봉(003)을 슬래그포트(001)내에서 회전과 상하이동이 가능한 교반장치(002)에 장착시켜 용융슬래그 내부까지 침적시킨 후 교반기를 회전하여 반응시키면 용융슬래그의 금속산화물과 환원제탄소봉(003)이 연속적으로 접

촉하여 환원반응이 일어난다. 이때 산화철 성분과 탄소와의 환원반응으로 환원제탄소봉(003)이 유실되기 때문에 일정 시간이 지나면 새로운 환원제탄소봉으로 교환해 주어야 한다. 도 3에 상세한 환원제탄소봉으로 용융슬래그를 환원하는 환원장치에 대해 도시하였다. 슬래그포트(001) 내에서 회전이 가능하고 환원제탄소봉(003)을 장탈착할 수 있는 구조로 구성되어 있다. 슬래그 포트(001)에 담겨진 용융슬래그와 반응하여 환원제탄소봉(003)이 소모되었을 때 도 3의 A, B, C에 도시한 방법으로 환원제탄소봉(003)-환원제탄소봉(003)과, 교반장치(002)-환원제탄소봉(003)을 장착 및 탈착할 수 있다. 즉, 연결부위 환원제탄소봉 내부의 연결홈(0031)에 암 나사산으로 만들고 숫 나사산을 갖는 탄소 스크류(008)로 연결하면 된다. 교반장치(002)와 환원제탄소봉(003)의 장착 및 탈착은 교반장치 부분이 열에 의해 손상되지 않는 용융슬래그와 접촉하지 않는 높이에서 이루어지도록 한다. 교반장치(002)에 형성되는 회전체(010)의 저면에 금속봉(0021)을 다수개 장착하여 환원제탄소봉(003)을 장착 및 탈착하기 용이하게 구성한다. 즉, 도 3의 A와 같이 금속봉(0021)의 저면에 연결홈(0023)을 형성하고 연결홈(0023)의 내부에 암나산을 형성하고, 또 환원제탄소봉(003)의 상부면에 형성된 연결홈(0031)과 결합할 수 있게 탄소스크류(008)를 상기 연결홈(0031)에 연결하여 금속봉(0021)과 환원제탄소봉(003)이 일체로 결합할 수 있도록 구성한다. 상기 회전체(010)는 교반장치(002)의 회전축(012)과 연결되어 회전하도록 구성되어 있다. 상기 금속봉(0021)과 탄소봉(003)을 연결하는데 사용하는 것을 탄소스크류(008)에 한정하는 것은 아니고 금속스크류를 사용할 수도 있다.

[0081] 그리고 도 3의 B와 같이 금속봉(0021)에 형성된 돌출구(0024)에 숫나사산을 만들어 환원제탄소봉(003)에 형성된 연결홈(0031)에 연결하거나, 도 3의 C와 같이 교반장치(002)에 형성된 금속봉(0021)의 내부를 원통형으로 삽입홈(0022)을 형성 하여 환원제탄소봉(003)을 끼인 후 볼트(009)로 고정하는 방법을 택할 수도 있다.

[0082] 도 4는 환원제로 사용하는 탄소 및 알루미늄의 비중이 용융슬래그의 비중보다 낮기 때문에 이들 환원제(005)에 금속철을 함유시켜 비중을 용융슬래그 보다 높은 환원제의 혼합물을 용융슬래그가 수장된 슬래그 포트(001)에 투입하여 환원시키는 장치이다. 이때 실시예와 같이 환원제(005)로 비중 증진재료를 일체화시키기 위해 시멘트로 고화시켜 혼합물의 비중을 용융슬래그 보다 높인다. 결국 시멘트는 물과 반응하여 시멘트 수화물로 존재하므로 이들이 고온의 슬래그와 반응하여 미세한 환원제로 붕괴(약간의 폭발)됨으로서 용융슬래그내로 분산되므로 환원반응의 효과가 크다. 폭발에 의한 위험성을 감소시키기 위해 폭발물의 외부로 방출되는 것을 폭발차단덮개(007)로 막아 준다. 환원제(005)로 전체적으로 균일하게 배합하기 위해 상부에서 여러 가지 방향으로 환원제투입장치(006)를 설치한다.

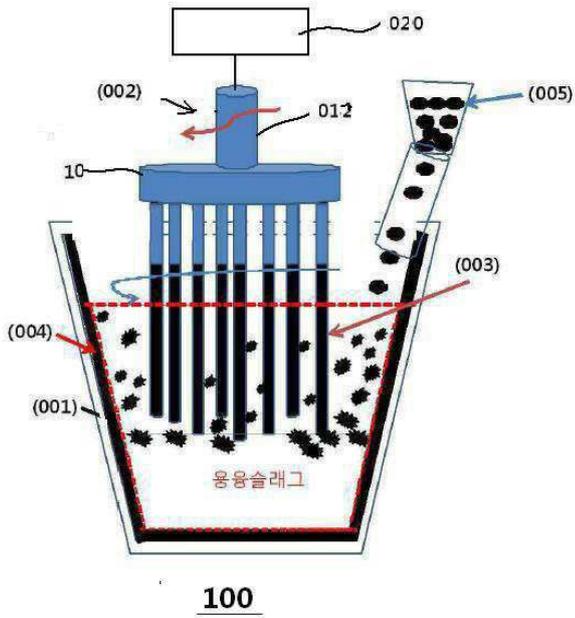
[0083] 도 5는 슬래그 포트(001) 표면을 탄소질 물질로 코팅(004)하여 연속적인 접촉에 의해 환원반응이 일어나도록 한 것이다. 환원반응에 의해 코팅(004)한 탄소물질이 유실되므로 다시 슬래그 포트(001) 내부 표면을 탄소로 코팅(004)해야 할 것이다.

**부호의 설명**

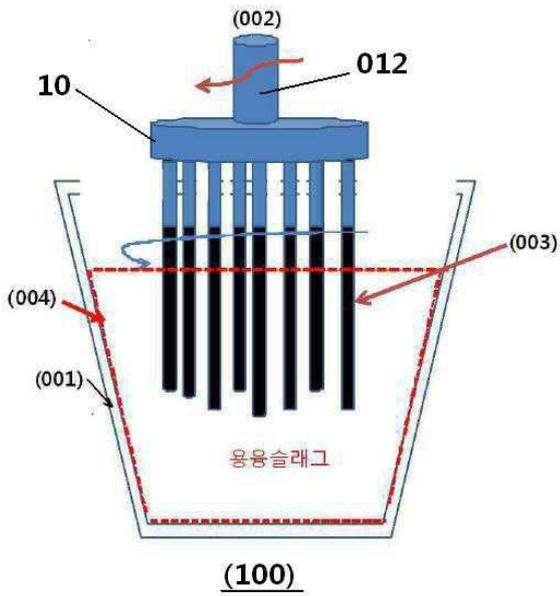
- |        |             |              |
|--------|-------------|--------------|
| [0084] | 001. 포트     | 002. 교반장치    |
|        | 003. 환원제탄소봉 | 004. 코팅      |
|        | 005. 환원제    | 006. 환원제투입장치 |
|        | 007. 폭발차단덮개 | 008. 탄소스크류   |

도면

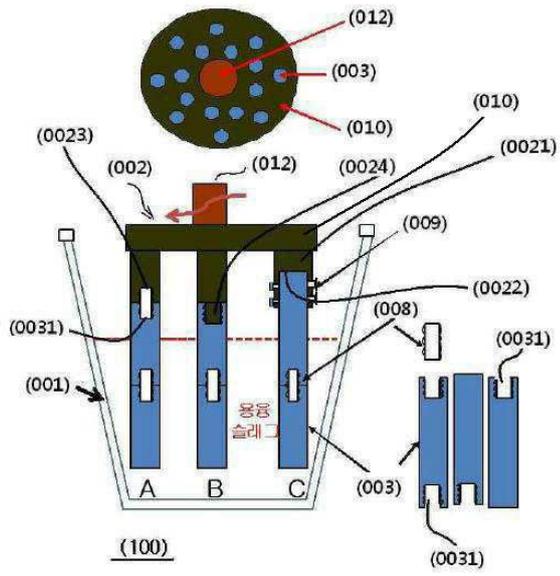
도면1



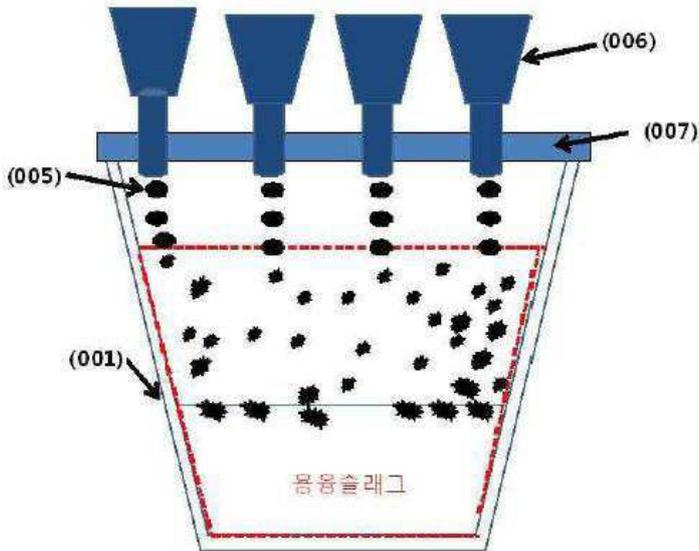
도면2



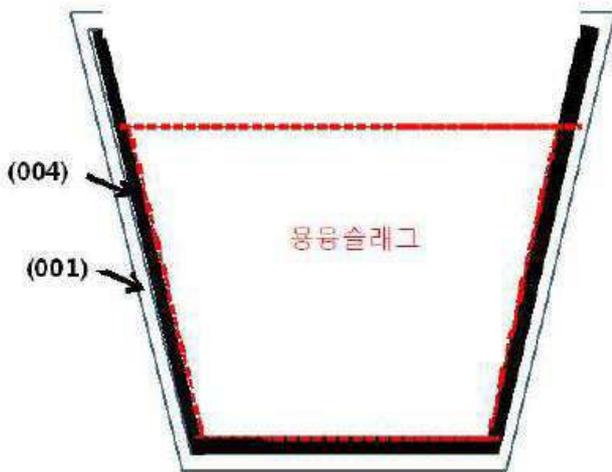
도면3



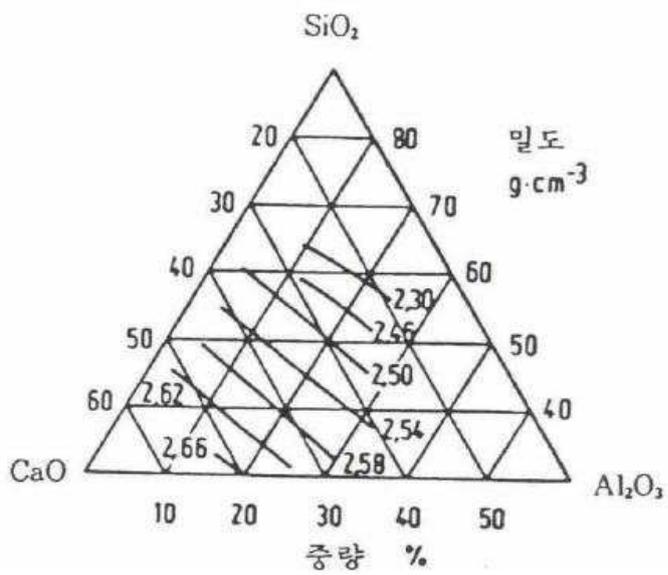
도면4



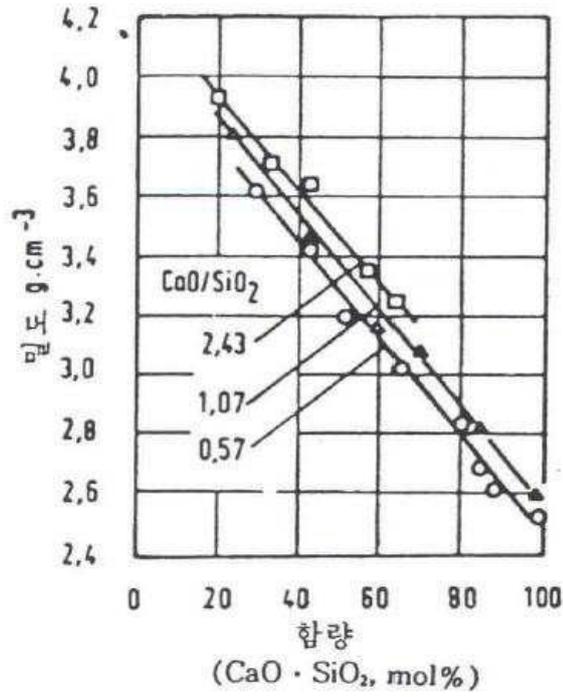
도면5



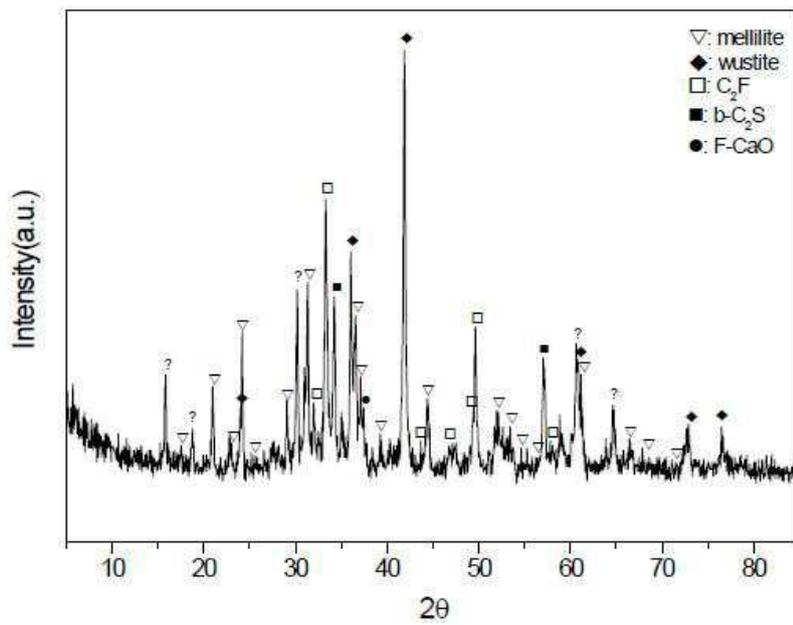
도면6



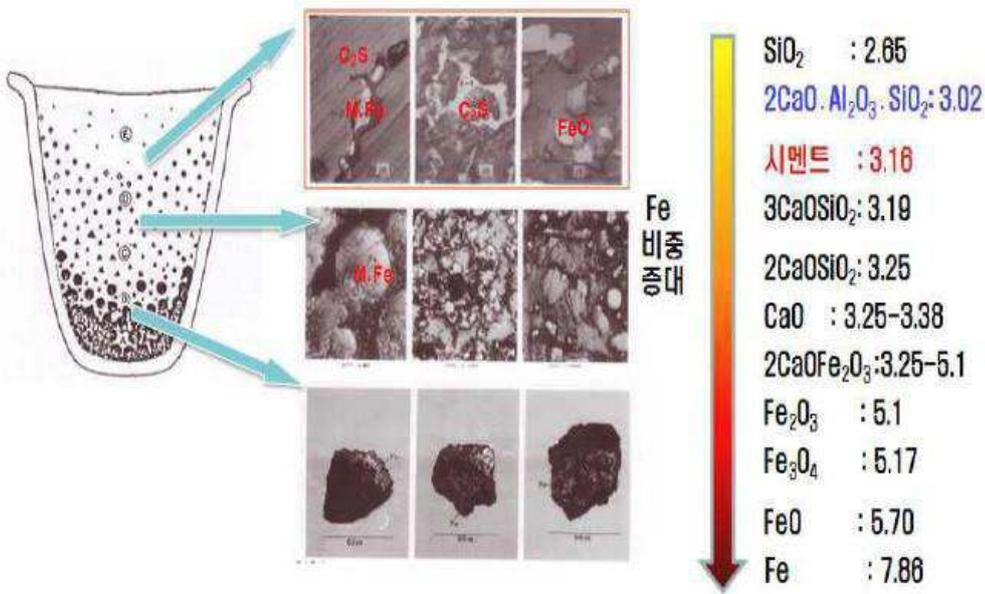
도면7



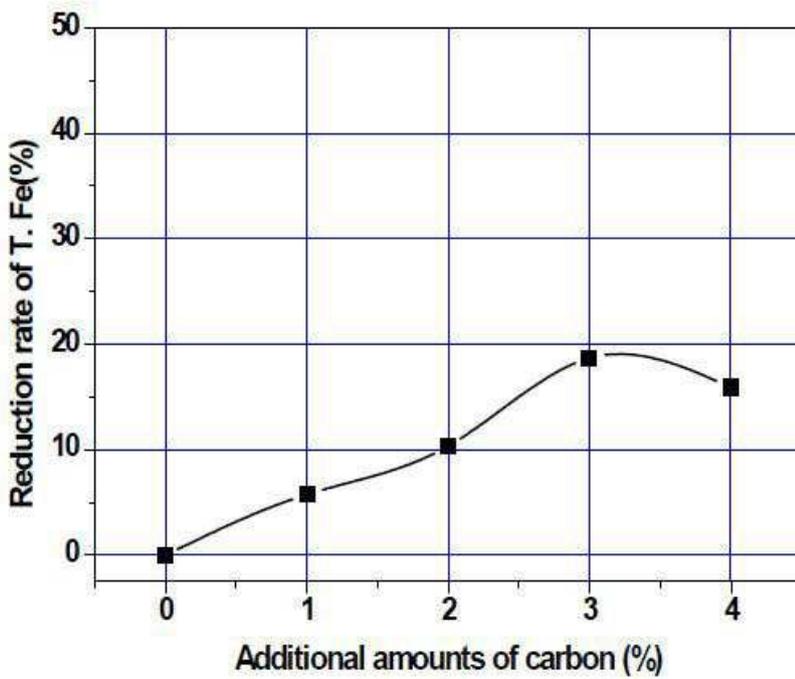
도면8



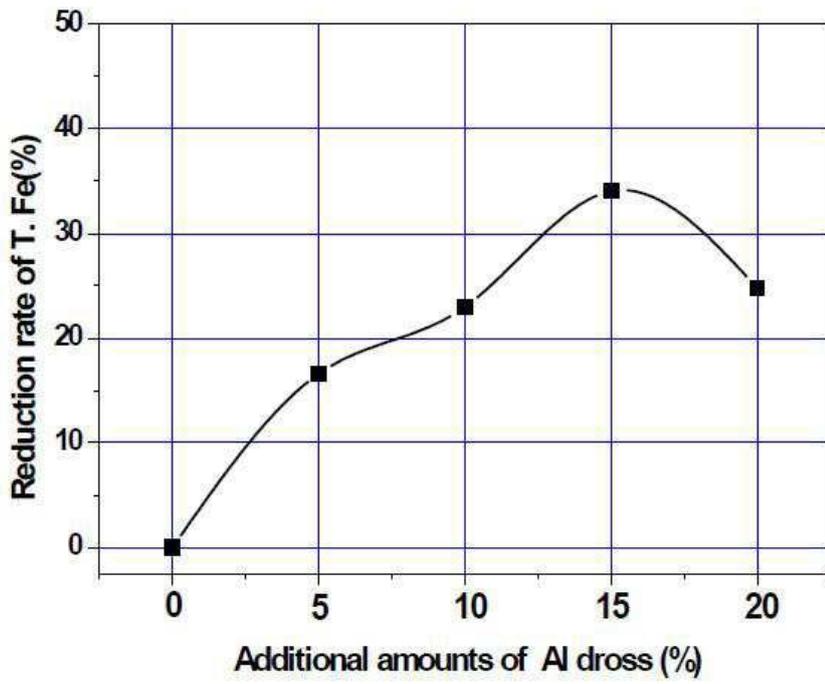
도면9



도면10



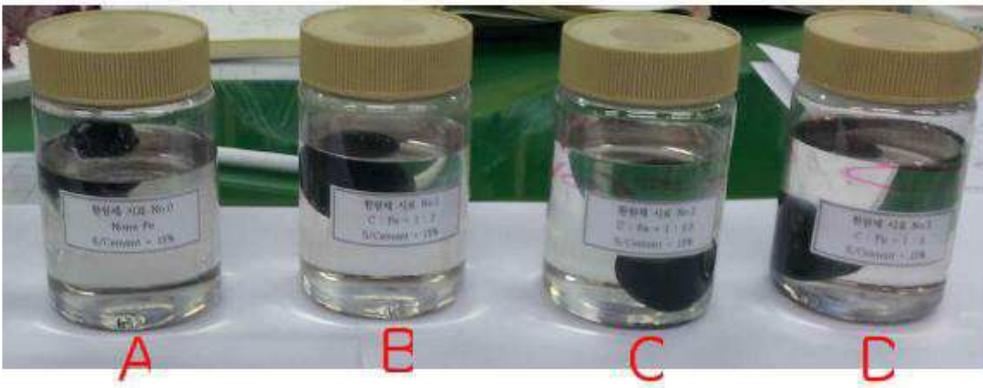
도면11



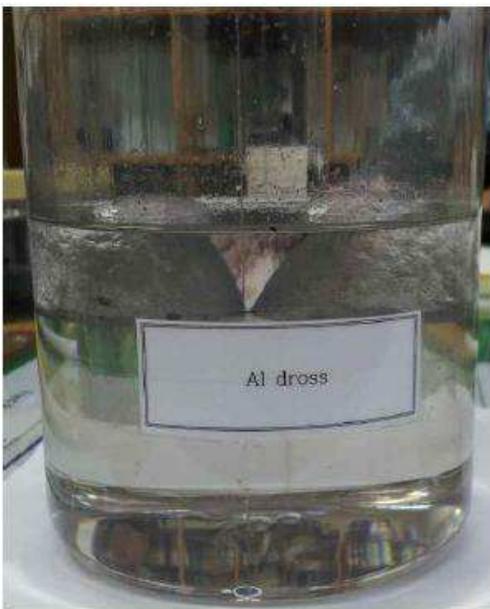
도면12



도면13



도면14



도면15



도면16



유도로



용융



냉각

도면17



도면18



도면19

