



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0011435
(43) 공개일자 2012년02월08일

(51) Int. Cl.

C21B 5/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0073216

(22) 출원일자 2010년07월29일

심사청구일자 2010년07월29일

(71) 출원인

현대제철 주식회사

인천광역시 동구 송현동 1-10

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

오한상

제주특별자치도 제주시 오라3동 2330-11

박종인

인천광역시 남구 소성로103번길 21-30, 대성주택
가동 202호 (학익동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

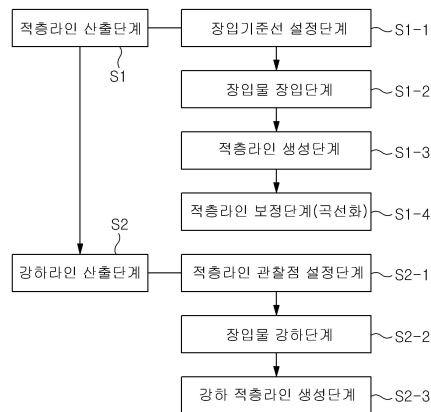
(54) 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법

(57) 요약

본 발명은 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법에 관한 것으로, 장입기준선을 설정하는 장입기준선 설정단계와; 상기 설정된 장입기준선 위로 장입물 장입에 따른 새로운 적층라인을 생성하는 적층라인 생성단계와; 상기 생성된 적층라인에 관찰점을 설정하고, 상기 관찰점이 설정된 적층라인을 강하시켜 새로운 강하 적층라인을 생성하는 강하 적층라인 생성단계를 포함한다.

장입물 물성과 강하 현상을 고려하여 고로 전체의 적층 프로파일을 정확하게 알 수 있게 됨으로써 고로 장입물 분포제어를 효율적으로 수행할 수 있게 된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정훈제

서울특별시 서대문구 북아현로11사길 5 (북아현동)

한정환

경기도 성남시 분당구 정자일로 121, 더샵스타파크
103동 701호 (정자동)

윤호준

경기도 용인시 수지구 푸른솔로 56, 현대홈타운 4
차 2단지 522동 1302호 (죽전동)

이영재

충청남도 당진군 송산면 송산로 765-18, 104동
1203호 (현대제철(주)독신자숙소)

특허청구의 범위

청구항 1

장입기준선을 설정하는 장입기준선 설정단계와;

상기 설정된 장입기준선 위로 장입물 장입에 따른 새로운 적층라인을 생성하는 적층라인 생성단계와;

상기 생성된 적층라인에 관찰점을 설정하고, 상기 관찰점이 설정된 적층라인을 강하시켜 새로운 강하 적층라인을 생성하는 강하 적층라인 생성단계;

를 포함하는 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 적층라인 생성단계에서 생성된 직선형 적층라인에서 직선영역과 곡선화 영역을 결정하고, 상기 곡선화 영역중 상단점과 하단점의 위치를 결정한 후, 상기 직선영역의 적층라인과 상기 곡선화 영역의 적층라인을 상기 상단점과 하단점을 포함하는 곡선으로 연결하는 적층라인 보정단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 장입기준선 설정단계는 초기 장입기준선을 설정하고, 장입물을 장입하여 2차 장입기준선을 생성하고, 상기 2차 장입기준선을 하강시켜 새로운 초기 장입기준선으로 설정하고, 상기 새로운 초기 장입기준선에 장입물을 적층하여 또 다른 새로운 장입기준선을 생성하고, 상기 또 다른 새로운 장입기준선을 상기 초기 장입기준선으로 재설정하는 것을 특징으로 하는 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 장입기준선 설정단계와 상기 적층라인 생성단계에서 먼저 생성된 적층라인에 대한 나중에 생성되는 적층라인의 위치는,

먼저 생성된 적층라인과 나중에 생성된 적층라인 사이의 면적을 부피로 환산한 값과 실제로 장입된 장입물의 부피를 비교하여 상기 두 부피값이 동일해질 때까지 반복 계산하여 설정되는 것을 특징으로 하는 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 강하 적층라인 생성단계에서 먼저 생성된 적층라인에 대한 나중에 생성되는 적층라인의 위치는,

먼저 생성된 적층라인과 나중에 생성된 적층라인 사이의 면적을 부피로 환산한 값과 실제로 장입된 장입물의 부피를 비교하여 상기 두 부피값의 차가 설정된 범위에 들 때까지 반복계산하여 설정되는 것을 특징으로 하는 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 장입기준선 설정단계와 상기 적층라인 형성단계에서 장입물을 적층하여 새로운 적층라인을 형성할 때, 코크스와 광석이 혼합되어 생성되는 혼합층의 발생을 반영하는 것을 특징으로 하는 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법.

청구항 7

장입물의 적층라인을 산출하는 적층라인 산출단계와;

상기 적층라인 산출단계에서 산출된 적층라인을 강하시켜 강하라인을 생성하는 강하라인 산출단계;

를 포함하는 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법에 관한 것으로, 고로 내 장입물의 분포를 보다 정확하게 파악할 수 있도록 된 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 고로는 철광석을 녹여 용선(선철)을 제조하는 설비이다.

[0003] 고로에는 철광석과 코크스가 순차적으로 장입되어 적층되며, 하부의 풍구로부터 열풍을 불어넣어 코크스를 연소시키고, 이때 발생하는 열과 탄소에 의해 철광석을 용해 및 환원시켜서 비중이 높은 용선을 하부로 가라앉혀 출선한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 고로에 장입물이 순차적으로 장입되어 적층된 상태 즉, 장입물의 적층 프로파일을 장입물의 물성과 강하 현상을 고려하여 보다 정확하게 알 수 있게 됨으로써 보다 효율적인 장입물 분포 제어를 통해 고로 조업 효율 및 생산성을 향상시킬 수 있도록 된 고로 장입물의 적층 프로파일 산출방법을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은,

[0006] 장입기준선을 설정하는 장입기준선 설정단계와;

[0007] 상기 설정된 장입기준선 위로 장입물 장입에 따른 새로운 적층라인을 생성하는 적층라인 생성단계와;

[0008] 상기 생성된 적층라인에 관찰점을 설정하고, 상기 관찰점이 설정된 적층라인을 강하시켜 새로운 강하 적층라인을 생성하는 강하 적층라인 생성단계;

[0009] 를 포함한다.

[0010] 또한, 상기 적층라인 생성단계에서 생성된 직선형 적층라인에서 직선영역과 곡선화 영역을 결정하고, 상기 곡선화 영역중 상단점과 하단점의 위치를 결정한 후, 상기 직선영역의 적층라인과 상기 곡선화 영역의 적층라인을 상기 상단점과 하단점을 포함하는 곡선으로 연결하는 적층라인 보정단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 장입기준선 설정단계는 초기 장입기준선을 설정하고, 장입물을 장입하여 2차 장입기준선을 생성하고, 상기 2차 장입기준선을 하강시켜 새로운 초기 장입기준선으로 설정하고, 상기 새로운 초기 장입기준선에 장입물을 적층하여 또 다른 새로운 장입기준선을 생성하고, 상기 또 다른 새로운 장입기준선을 상기 초기 장입기준선으로 재설정하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 장입기준선 설정단계와 상기 적층라인 생성단계에서 먼저 생성된 적층라인에 대한 나중에 생성되는 적층라인의 위치는,

[0013] 먼저 생성된 적층라인과 나중에 생성된 적층라인 사이의 면적을 부피로 환산한 값과 실제로 장입된 장입물의 부피를 비교하여 상기 두 부피값이 동일해질 때까지 반복 계산하여 설정되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 강하 적층라인 생성단계에서 먼저 생성된 적층라인에 대한 나중에 생성되는 적층라인의 위치는,

- [0015] 먼저 생성된 적층라인과 나중에 생성된 적층라인 사이의 면적을 부피로 환산한 값과 실제로 장입된 장입물의 부피를 비교하여 상기 두 부피값의 차가 설정된 범위에 들 때까지 반복계산하여 설정되는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 상기 장입기준선 설정단계와 상기 적층라인 형성단계에서 장입물을 적층하여 새로운 적층라인을 형성할 때, 코크스와 광석이 혼합되어 생성되는 혼합층의 발생을 반영하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 본 발명은, 장입물의 적층라인을 산출하는 적층라인 산출단계와;
- [0018] 상기 적층라인 산출단계에서 산출된 적층라인을 강하시켜 강하라인을 생성하는 강하라인 산출단계;
- [0019] 를 포함하여 이루어질 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 이상 설명한 바와 같은 본 발명에 따르면,
- [0021] 장입물의 물성을 고려하여 장입물 장입에 따른 적층라인의 형상을 보다 정확하고 용이하게 알 수 있게 된다.
- [0022] 또한, 고로 조업 진행에 따른 장입물 강하 현상을 고려하여 장입물의 강하 적층라인을 정확하게 알 수 있게 됨에 따라 고로 장입물의 전체 프로파일을 파악할 수 있게 된다.
- [0023] 따라서, 보다 효율적인 장입물 분포 제어를 통해 고로 조업 효율 및 생산성을 향상시킬 수 있게 되는 효과가 있다.
- [0024] 또한, 상기와 같이 고로내 장입물의 전체 프로파일을 파악할 수 있게 됨으로써 고로의 통기성 제어에도 유용하게 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 구성을 나타낸 블록도,
- 도 2는 장입기준선 설정단계를 설명하기 위한 장입물 적층라인 생성의 예시도,
- 도 3은 고로 축소모델 실험결과로서, 광석 장입 전,후의 코크스 적층라인의 변화를 나타낸 그래프,
- 도 4는 EDEM 시뮬레이션 결과로서, 광석 장입 전,후의 코크스 적층라인의 변화를 나타낸 그래프,
- 도 5는 고로 반경 방향에 따른 광석과 코크스의 상대입도크기를 나타낸 그래프,
- 도 6은 적층라인의 곡선화 과정을 설명하기 위한 모식도,
- 도 7은 고로 축소모델과 본 발명에 따른 적층라인 비교 도면,
- 도 8은 강하 라인 생성 과정을 설명하는 도면,
- 도 9는 장입물 강하에 따른 강하속도를 나타낸 그래프,
- 도 10은 광종별 상대 강하속도 분포를 나타낸 그래프,
- 도 11은 고로 축소모델과 본 발명에 따른 적층 프로파일 비교 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 본 발명을 첨부된 예시도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0027] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명은 고로에 장입된 장입물의 상부면 형상인 적층라인을 산출하는 적층라인 산출단계(S1)와, 상기 적층라인 산출단계(S1)에서 산출된 적층라인을 강하시켜 강하된 새로운 적층라인을 생성하는 강하라인 산출단계(S2)를 포함한다.
- [0028] 상기 적층라인 산출단계(S1)는 장입기준선 설정단계(S1-1)와, 장입물 장입단계(S1-2)와, 적층라인 생성단계(S1-3) 및 적층라인 보정단계(S1-4)를 포함한다.
- [0029] 고로 장입물의 적층형상은 적층라인으로 표현되고, 상기 적층라인은 장입물의 낙하궤적(장입물의 낙하위치와 그 위치에서 장입물 퇴적체의 좌우 안식각)으로부터 계산할 수 있다.
- [0030] 장입초기에는 고로 내부에 장입물이 존재하지 않는 상태이므로 상기 장입기준선 설정단계(S1-1)를 실시하여 장

입물 비존재로 인한 오류를 감소시킨다.

- [0031] 상기 장입기준선 설정단계(S1-1)은 다음과 같이 실시된다. 도 2의 상부 그래프에서와 같이, 초기 장입기준선(SL1)을 임의로 설정하고 그 상부에 장입모드에 따라서 1batch의 장입을 실시한다.
- [0032] 적층라인은 장입물 낙하유동의 중심에 존재하는 고밀도류의 낙하위치에서 그 좌우의 안식각을 계산함으로써 생성된다.
- [0033] 새로 생성된 적층라인(SL2)의 위치는 상기 적층라인(SL2)과 상기 초기 장입기준선(SL1) 사이의 면적을 부피로 환산하고, 그 부피와 실제 장입부피가 일치하는 위치로 설정된다. 상기 새로운 적층라인(SL2)을 2차 장입기준선(SL2)으로 설정한다.
- [0034] 이후 상기 2차 장입기준선(SL2)을 적절한 높이 H만큼 하강시켜 도2의 하부 그래프와 같이 새로운 초기 장입기준선(SL3)으로 설정한다.
- [0035] 이후, 상기 장입기준선(SL3)의 상부에 다시 1batch의 장입을 실시하고, 상기과 동일한 방법을 거쳐 새로운 적층라인(SL4)을 생성하며, 이를 다시 새로운 장입기준선으로 설정한다.
- [0036] 상기과 같은 과정의 반복을 통해 초기 장입기준선을 설정하면 장입 초기 고로 내부가 비어 있음으로써 발생하는 초기 적층라인 생성의 오류를 감소시킬 수 있다.
- [0037] 상기과 같은 과정을 거쳐 장입기준선이 확정된 후에는, 상기 장입물 장입단계(S1-2)를 실시하여 장입물을 장입한다.
- [0038] 한편, 장입되는 장입물의 종류에 따라 장입물의 물성(광종별 장입량, 입도, 밀도, 형상계수, 마찰계수)과, 장입물 입자의 슈트 이동시 마찰계수, 낙하 퇴적시의 안식각 등이 결정되며, 이러한 물리량이 적층라인 생성에 반영된다.
- [0039] 이후, 상기 장입기준선 설정단계(S1-1)에서와 동일한 방법으로 해당 장입에 의한 적층라인을 생성한다.(적층라인 생성단계(S1-3))
- [0040] 즉, 장입기준선과 그 위에 형성되는 적층라인 사이의 면적을 부피로 환산하고, 환산된 부피가 그때 장입된 장입물의 실제 부피와 일치하도록 새로 형성되는 적층라인의 위치를 결정하는 것이다.
- [0041] 상기과 같이 초기 장입기준선을 설정하고, 그 상부에 또 다른 적층라인을 생성함에 있어서, 본 발명은 장입물의 혼합층과 입도분포, 형상계수 및 공극률을 고려하여 보다 실제에 가까운 적층 형상이 구현되도록 한다.
- [0042] 상기 혼합층은 광석의 낙하 에너지로 인해 먼저 장입된 코크스층이 붕괴되고, 그 붕괴된 코크스가 고로 중심쪽으로 이동하여 장입되는 광석과 혼합됨으로써 생성된다.
- [0043] 혼합층의 밀도는 광석과 코크스의 혼입량에 따라 결정되는데 혼합층에서 코크스의 부피는 25% ~ 75% 정도로 분포한다.
- [0044] 도 3은 고로 축소모델실험 결과로서, 광석 장입 전,후의 코크스 적층라인의 변화를 나타낸 그래프이다.(반경 0 부위가 고로 중심이다.) 상기 그래프에서 광석 장입 전에 비하여 광석을 장입한 후에는 고로 중심쪽의 높이가 상승하고 고로 벽체쪽의 높이는 하강하였음을 알 수 있다. 이로써 광석 장입에 의해 고로 벽체쪽의 코크스가 고로 중심쪽으로 이동하고, 이와 같이 이동한 코크스가 광석과 혼합되어 상기 혼합층을 형성함을 확인할 수 있다.
- [0045] 도 4는 입자 거동 시뮬레이션 툴인 EDEM을 이용하여 동일한 실험을 수행한 결과를 나타낸 그래프이다.(이 경우 X방향 거리가 0인 곳이 고로의 벽체이다. 도 3과 비교할때 도 4는 고로의 왼쪽 벽 부분에서 수행된 시뮬레이션 결과이다.)
- [0046] 도 4에서도 광석 장입 전에 비하여 광석 장입에 의해 코크스 적층라인이 벽체쪽은 낮아지고 노 중심쪽은 높아진 동일한 거동을 확인할 수 있다.
- [0047] 상기 EDEM시뮬레이션시 형성된 혼합층에서 광석과 코크스의 부피비를 계산하였는데, 광석 0.466, 코크스 0.534의 값을 얻을 수 있었다.
- [0048] 상기과 같이 본 발명은 적층라인 산출시 혼합층의 존재를 고려할 수 있으며, 혼합층의 광석과 코크스의 부피비를 산출함으로써 장입물의 분포상태를 보다 정확히 파악할 수 있다.
- [0049] 한편, 장입물의 마찰계수는 입도에 따라 달라지고, 이는 장입물 적층시 사면에서의 이동거리와 연관이 있어서

광중별 반경방향에 따른 입도분포를 달라지게 한다.

[0050] 도 5는 반경방향에 따른 광석과 코크스의 상대 입도 크기를 나타내고 있다.

[0051] 광석의 경우 노중심부에서 상대적으로 입도가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0052] 본 발명에 따른 해석모델에서는 상기 도 5에 나타난 데이터를 바탕으로 반경방향 입도분포를 고려하였다.(대립 광 0.03m, 소립광 0.01m, 코크스 0.045m, 중심코크스 0.07m 의 입도를 기준으로 입도분포를 달리하였다.)

[0053] 또한, 입도에 따른 형상계수의 변화를 다음 식(1),(2)와 같이 고려하였다.

$$\Phi_{\text{coke}}=0.390\log(D_p)+1.331 \quad \text{-----}(1)$$

$$\Phi_{\text{ore}}=0.328\log(D_p)+1.268 \quad \text{-----}(2)$$

[0056] (Φ_{coke} : 코크스의 형상계수, Φ_{ore} : 광석의 형상계수, D_p : 입자지름)

[0057] 또한, 입도분포에 따른 공극률 분포를 고려하였다. 코크스와 광석의 공극률은 다음 식(13)~(20)과 같다.

$$\varepsilon_c=(0.153\log D_p+0.418)(1-\Delta \varepsilon) \quad \text{-----}(3)$$

$$\Delta \varepsilon=1.225 \times 10^{-2} \times I_{sp}^{0.416} \quad \text{-----}(4)$$

$$\varepsilon_o=(0.403\log D_p^{0.14})(1-\Delta \varepsilon) \quad \text{-----}(5)$$

$$\Delta \varepsilon=1.64 \times 10^{-3} \times I_{sp}^{1.006} \quad \text{-----}(6)$$

[0062] 상기 ε_c , ε_o 는 코크스와 광석의 공극률로서 입도와 I_s , I_p 에 영향을 받는다. 상기 I_s , I_p 는 다음과 같다.

$$I_s=D_p^2 \sum w_i(1/d_i-1/D_p)^2 \quad \text{-----}(7)$$

$$I_p=(1/D_p)^2 \sum w_i(d_i-D_p)^2 \quad \text{-----}(8)$$

$$I_{sp}=100(I_s I_p)^{0.5} \quad \text{-----}(9)$$

$$D_p=1/\sum(w_i/d_i) \quad \text{-----}(10)$$

[0067] (w_i : 입도별 중량분율, d_i : 입도별 대표입경)

[0068] 상기와 같이 장입물의 물성까지 고려하여 적층라인을 생성한 후에는 적층라인 보정단계(S1-4)를 실시한다.

[0069] 상기 적층라인 보정단계(S1-4)는 직선 형태로 생성된 적층라인을 '곡선화'함으로써 실제 적층 형상에 보다 근접한 데이터를 얻기 위함이다.

[0070] 직선형 적층라인의 곡선화는 도 6과 같이 이루어진다.

[0071] 도시된 바와 같이 삼각형 형상의 직선 적층라인에서 곡선화 되는 영역은 w_1 과 w_2 의 상부 및 w_3 와 w_4 의 하부이다. 여기서 w_1 에서 w_4 까지의 값은 축소모델 실험 데이터를 이용하여 설정한다.

[0072] dD 는 적층라인의 상부 꼭지점에서 곡선까지의 거리로 dD 값이 커질수록 적층라인의 상부가 완만해진다.

[0073] dD_2 와 dD_3 값은 사면에서 미끄러진 입자들이 라인 하부에 쌓이는 것을 고려한 것으로 값이 커질수록 역시 완만한 곡선 형태를 이루게 된다.

[0074] 상기 dD , dD_2 , dD_3 의 값 또한 실험 데이터와 비교후 설정한다.

[0075] f_1 , f_2 , f_3 , f_4 는 지수함수로서 직선을 곡선화시키는데 사용된다.

[0076] 즉, 상기 적층라인 보정단계(S1-4)은 상기 적층라인 생성단계(S1-3)에서 생성된 직선형 적층라인에서 먼저 직선 영역과 곡선화 영역을 결정하고, 상기 곡선화 영역중 상단점과 양쪽 하단점의 위치를 설정한 후, 지수함수를 이용하여 상기 곡선화 영역의 적층라인을 상기 직선영역의 직선형 적층라인에 부드럽게 연결하는 것이다. 이때 상

기 곡선화 영역에 생성된 곡선은 상기 상단점과 하단점을 경유한다.

[0077] 상기 적층라인을 구성하는 각 점의 좌표값(X,Y)은 적층라인 수식모델 $X = V_t \sin \alpha_s \cdot t$, $Y = V_t \sin \alpha_s \cdot t + \frac{gt^2}{2}$ 로부터 알 수 있다. (V_t : 슈트출구속도, α_s : 주응력과 전단라인 사이의 각도, g : 중력가속도)

[0078] 도 7은 고로 축소모델과 본 발명에 따른 해석모델의 적층라인을 비교한 것으로, 축소모델 실험의 경우 대립광(OL)이 상대적으로 노 중심부로 밀려 내려온 것을 볼 수 있다. 반면, 해석모델의 적층라인에서는 대립광(OL)과 코크스(C)가 섞여 생성된 혼합층(M)을 확인할 수 있다.(실험의 경우에는 레이저를 이용하여 적층부의 상부면만을 측정하기 때문에 혼합층의 위치를 알 수 없다.)

[0079] 한편, 상기 강하라인 산출단계(S2)는 적층라인 관찰점 설정단계(S2-1)와, 장입물 강하단계(S2-2) 및 강하 적층라인 생성단계(S2-3)를 포함한다.

[0080] 고로내 장입물은 출선으로 인해 하부로 하강하게 되는데, 입자간 마찰, 고로 벽면과의 마찰, 분화, 내부 응력 및 상 변화와 같은 복잡한 요인으로 인해 위치에 따른 하강속도가 결정된다. 또한, 실제 고로 내부의 입자들은 연화용착대를 지나면서 상이 변하기 시작하여 고상과 액상이 함께 존재한다. 이를 모두 고려하는 것은 매우 난해하므로 본 발명은 고로 내 장입물은 모두 고상이고, 노심의 형상은 일정하며, 노심으로의 장입물 이동은 없다고 가정한다.

[0081] 본 발명은 장입물 강하를 적층라인의 이동(하강)으로 표현한다.

[0082] 도 8을 참조하여, 낙하궤적과 적층 모델로 계산된(즉, 상기 적층라인 산출단계(S1)을 통해 산출된) 적층라인(SL4)의 강하라인 산출과정을 설명한다.

[0083] 먼저, 상기 적층라인 관찰점 설정단계(S2-1)를 실시한다.

[0084] 적층라인은 다수의 점으로 구성되어 있는 것이므로 상기 적층라인(SL4)상에 복수개의 관찰점을 일정 간격마다 설정한다. 이는 적층라인상의 모든 장입물 입자의 거동을 해석하는 것은 사실상 불가능하므로 계산을 단순화하기 위한 것이다.

[0085] 이후, 상기 적층라인을 강하시키는 장입물 강하단계(S2-2)를 실시한다.

[0086] 상기 적층라인 강하시 상기 관찰점들의 이동량은 수직성분(Δy)과 수평성분(Δx)으로 이루어지는데, 이는 고로가 샤프트부를 지날수록 노 지름이 커지는 형상으로 되어 있기 때문이다.

[0087] 이후, 상기 강하 적층라인 생성단계(S2-3)를 실시한다.

[0088] 이는, 상기 강하전 적층라인(SL4)과 강하후 적층라인 사이의 면적을 계산하고, 이를 부피로 환산하여 실제 장입 부피와 비교하여 그 차가 일정 범위에 들 때까지 반복계산을 실시하여 상기 강하후 적층라인의 위치를 결정하는 것이다.

[0089] 상기 계산과정을 거쳐 최종 생성된 적층라인이 상기 적층라인(SL4)의 강하 적층라인(SL5)으로 결정된다.

[0090] 도 9는 적층라인의 강하속도를 나타낸 것(관찰점이 19개 설정된 경우이다.)으로, 노 중심에서 벽부로 갈수록 강하속도가 증가하는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 고로 샤프트부의 형상이 하방으로 갈수록 반경이 증가하는 형상으로 이루어져 있기 때문이다.

[0091] 실제 입자와 벽면의 마찰력, 노심형상 등 장입물의 강하속도에 영향을 미치는 요소를 모두 고려하는 것은 현실적으로 불가능하므로 본 발명은 실험을 통해 강하속도분포를 도출한 데이터를 이용하여 강하속도를 설정하였다.

[0092] 도 10은 V타입 적층 프로파일에서 반경방향에 따른 상대강하속도를 나타낸 것으로, 코크스, 광석(소결광;sinter), 알루미나볼(alumina ball) 등 종류에 따라 차이는 있지만 전체적으로 노 벽부로 갈수록 강하속도가 증가하는 동일한 경향을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 축소모델 실험 결과와도 일치한다.

[0093] 본 발명은 아래 표 1(노 중심과 노 벽부의 상대 강하속도)의 데이터를 이용하여 입자의 강하속도를 결정하였다.

표 1

	노 중심	노 벽부
코크스	0.87	1.07
광석(소결광)	0.90	1.05
알루미나볼	0.91	1.05
평균	0.89	1.06

[0095] 도 11은 본 발명에 따른 해석모델과 고로 축소모델 실험에서의 적층형상을 비교한 도면이다.

[0096] 해석모델과 고로 축소모델의 결과는 비교적 유사한 적층형상을 보인다. 축소모델의 경우 노심이 존재하지 않고 장입물의 강하가 수평면으로 이루어지기 때문에 노심을 설정한 해석모델과 중심코크스의 적층 형상에 차이가 나는 것을 볼 수 있다.

[0097] 도면의 우측 하단에 적층라인이 좀 더 상세하게 나타나 있는데, 대립광(OL), 소립광(OS), 코크스베이스(C) 및 중심코크스(CC)가 존재하고, 코크스와 대립광 사이에 혼합층(M)이 존재하는 것을 알 수 있다.

[0098] 이상 설명한 바와 같이 본 발명에 따르면, 장입물의 적층라인과 그 강하상태를 정확하게 알 수 있으므로, 장입물의 적층 프로파일을 정확하게 파악할 수 있게 된다.

[0099] 또한, 각 광종에 따른 영역구분이 세밀하게 이루어질 수 있다.

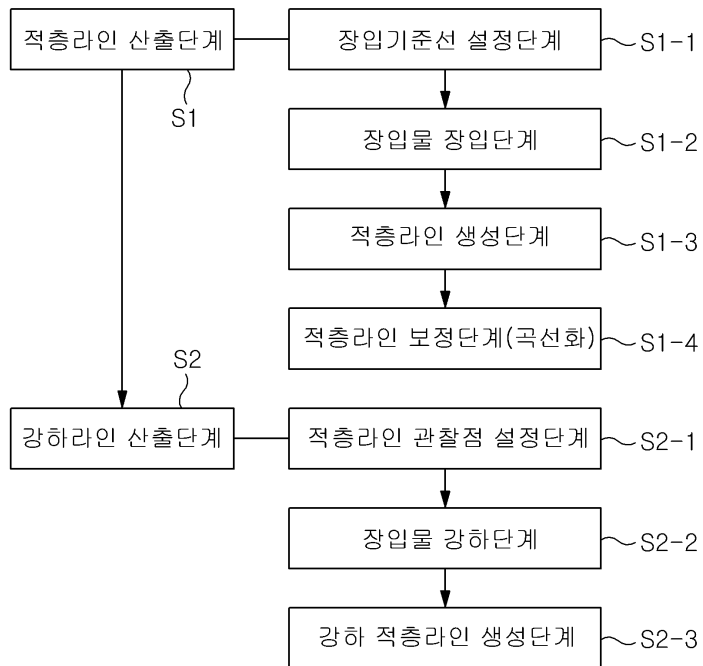
[0100] 따라서, 노내 장입물의 분포형상을 정확하게 파악하여 보다 효율적인 장입물 분포 제어를 수행할 수 있게 됨으로써 고로 조업 효율이 향상되고, 생산성 및 제품 품질이 향상되는 효과가 있다.

부호의 설명

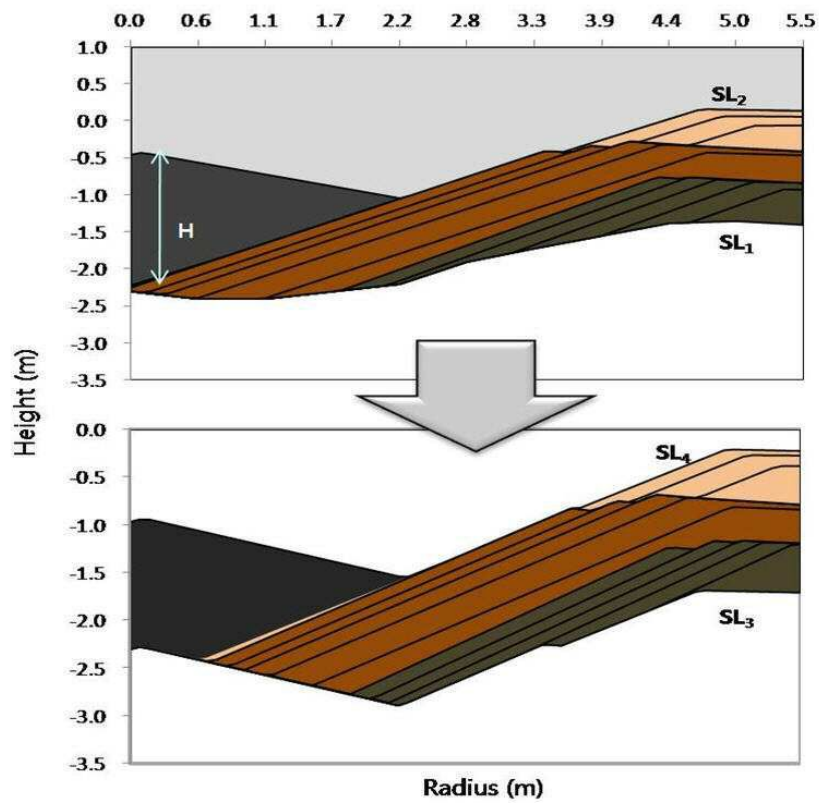
[0101] C : 코크스(베이스) CC : 중심 코크스
 OL : 대립광 OS : 소립광
 M : 혼합층

도면

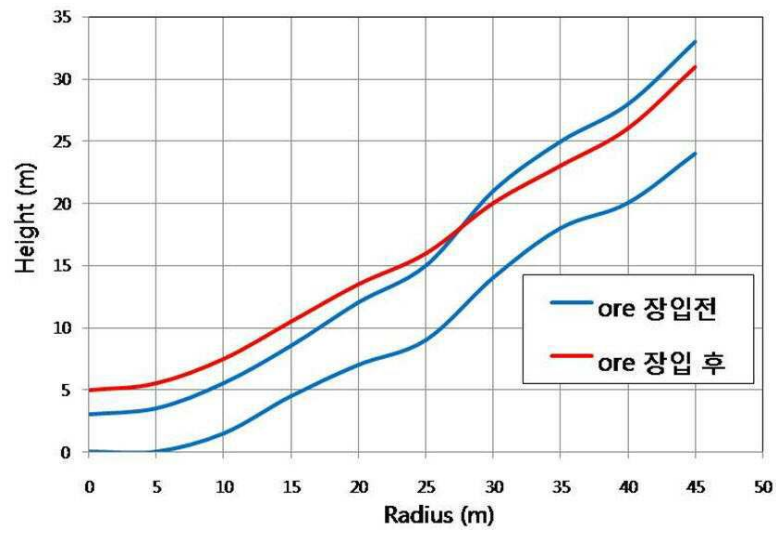
도면1



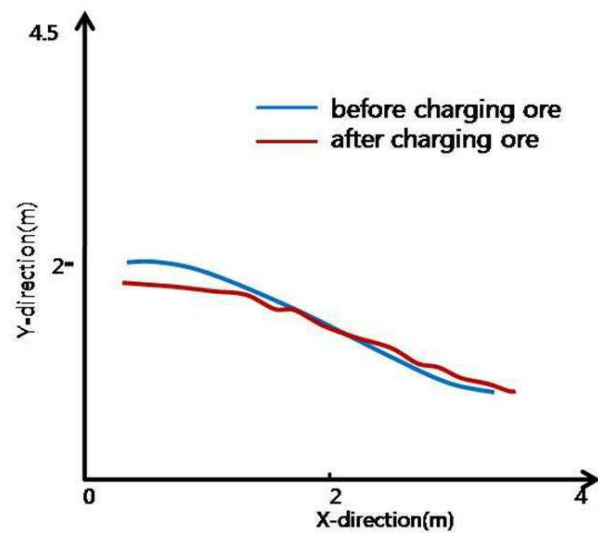
도면2



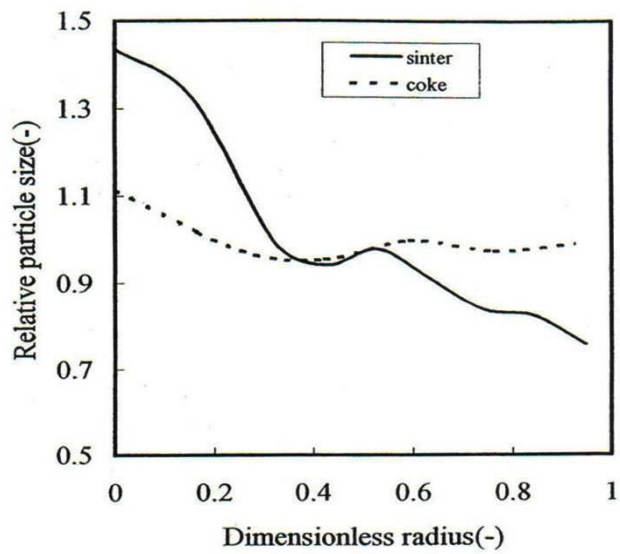
도면3



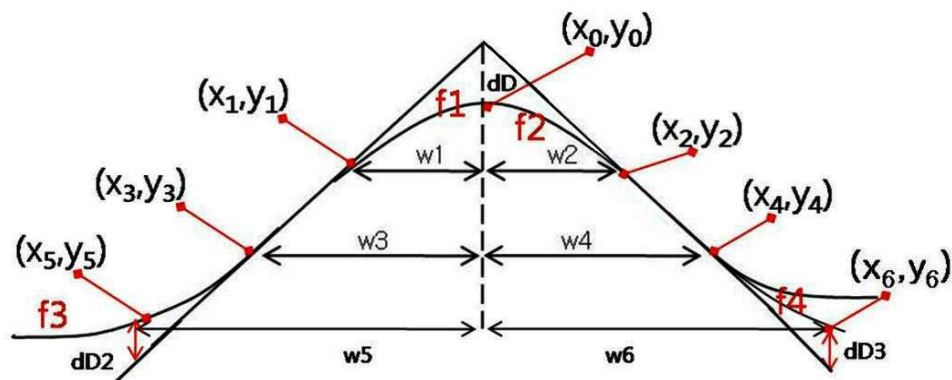
도면4



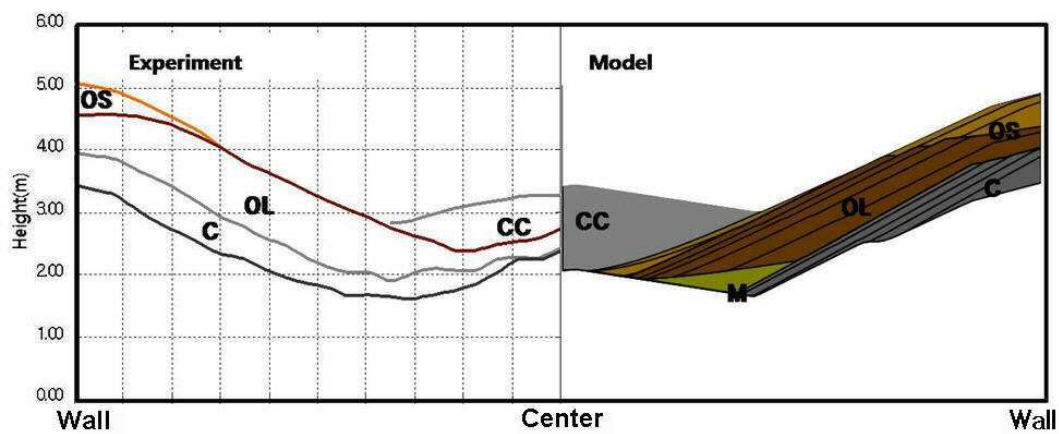
도면5



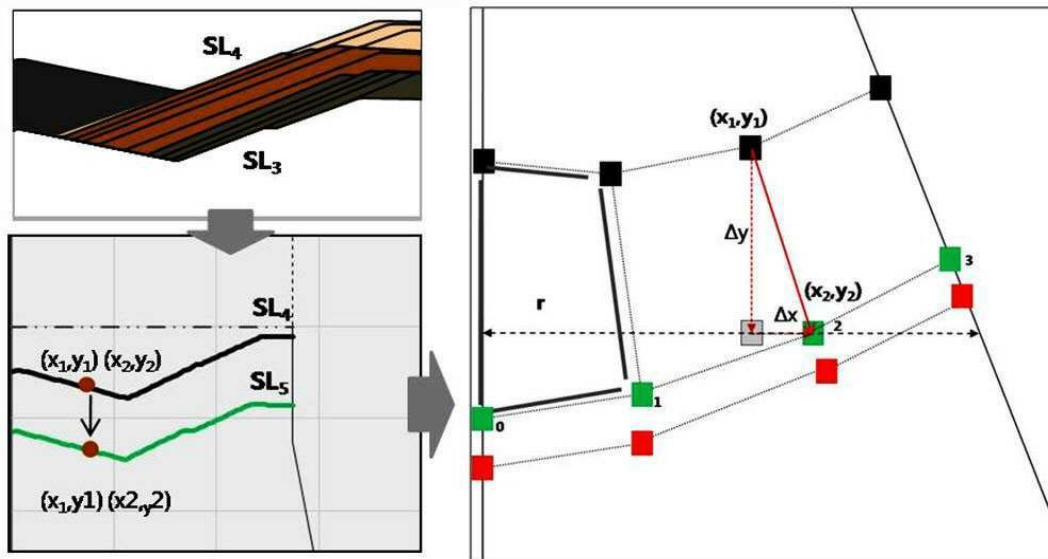
도면6



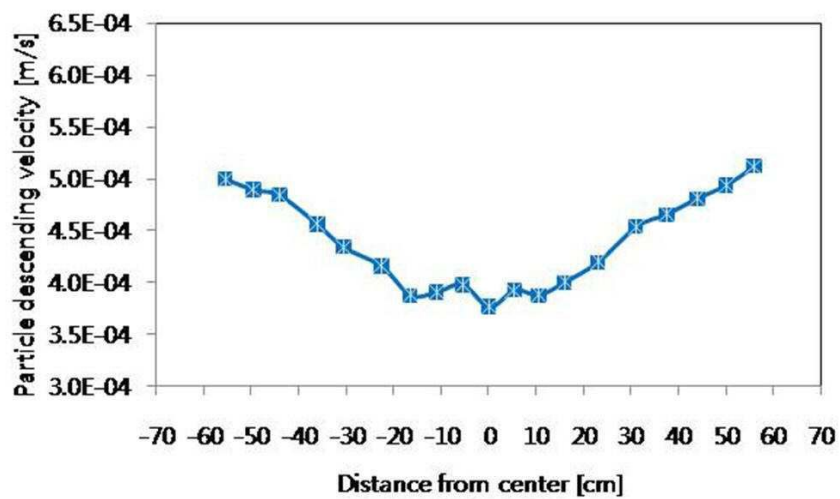
도면7



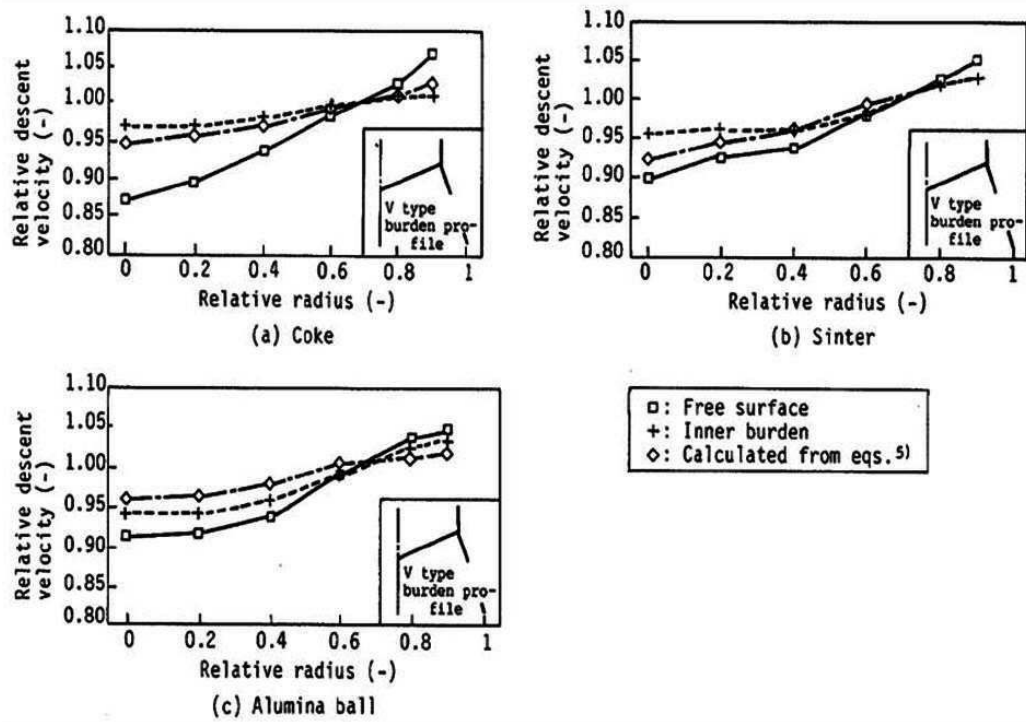
도면8



도면9



도면10



도면11

