



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0132371
(43) 공개일자 2024년09월03일

<p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C22B 1/20 (2006.01) G01K 7/42 (2021.01)</p> <p>(52) CPC특허분류 C22B 1/205 (2013.01) G01K 7/42 (2021.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2024-7027120</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2023년03월06일 심사청구일자 2024년08월13일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2024년08월13일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2023/008343</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2023/189242 국제공개일자 2023년10월05일</p> <p>(30) 우선권주장 JP-P-2022-051407 2022년03월28일 일본(JP)</p>	<p>(71) 출원인 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고</p> <p>(72) 발명자 호리타 켄야 일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자 이산부 나이 이와미 유지 일본국 도쿄도 지요다꾸 우치사이와이쵸 2쵸메 2반 3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자 이산부 나이 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인 이철</p>
--	--

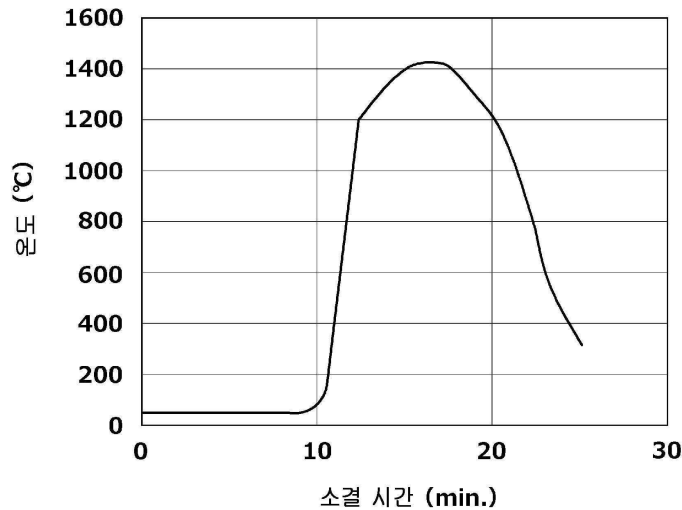
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 소결광 조직의 예측 방법 및 그를 이용한 소결광의 제조 방법

(57) 요약

소결광의 광물 조직이나 기공 구조와 같은 소결광 조직을 온라인으로 파악하여, 관리할 수 있는 소결광 조직의 예측 방법 및 그를 이용한 소결광의 제조 방법을 제안한다. 드와이트 로이드식의 소결기의 무단 이동식의 팻릿 대차에 소결 원료를 장입하여 장입층을 형성시키고, 장입층을 소결하여 제조되는 소결광의 소결광 조직의 예측 방법으로서, 소결광의 제조 조건과 전열 모델로부터 구해지는 장입층 내의 소결 온도 이력을 이용하여 소결광 조직을 예측한다. 또한, 전술한 소결광 조직의 예측 방법을 이용하여 예측되는 소결광 조직이 미리 정해진 소결광 조직이 되는 소결광의 제조 조건을 특정하고, 특정된 제조 조건으로 소결광을 제조한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

히구치 타카히데

일본국 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산
부 나이

가와노 타카시

일본국 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산
부 나이

이케다 요헤이

일본국 도쿄도 지요다쿠 우치사이와이쵸 2쵸메 2반
3고 제이에프이 스틸 가부시카가이샤 치테키자이산
부 나이

명세서

청구범위

청구항 1

드와이트 로이드식의 소결기의 무단 이동식의 펠릿 대차에 소결 원료를 장입하여 장입층을 형성시키고, 상기 장입층을 소결하여 제조되는 소결광의 소결광 조직의 예측 방법으로서,

소결광의 제조 조건과 전열 모델로부터 구해지는 상기 장입층 내의 소결 온도 이력을 이용하여 상기 소결광 조직을 예측하는, 소결광 조직의 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 소결광의 제조 조건으로서, 상기 소결 원료에 배합되는 원료의 성분 농도, 입도(粒度) 및 배합량과, 상기 펠릿 대차의 속도와, 상기 장입층의 층 두께와, 부압(負壓)을 이용하는, 소결광 조직의 예측 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 소결광의 제조 조건으로서, 추가로, 기체 연료 취입량, 산소 취입량 및 순환 배기 가스량의 어느 하나 이상을 이용하는, 소결광 조직의 예측 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

미리 구해지는 소결 온도 이력과 소결광 조직과의 대응 관계를 이용하여 상기 소결광 조직을 예측하는, 소결광 조직의 예측 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소결광 조직은, 소결광 중에 있어서의 칼슘 페라이트의 함유량 및/또는 소결광의 기공률인, 소결광 조직의 예측 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 기재된 소결광 조직의 예측 방법을 이용하는 소결광의 제조 방법으로서,

상기 소결광 조직의 예측 방법을 이용하여 예측되는 소결광 조직이 미리 정해진 소결광 조직이 되는 소결광의 제조 조건을 특정하고,

특정된 상기 제조 조건으로 상기 소결광을 제조하는, 소결광의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 고로(高爐)의 원료로서 이용되는 소결광의 소결광 조직의 예측 방법 및 당해 예측 방법을 이용한 소결광의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 소결광의 강도나 피환원성 등의 품질은, 소결광 중의 광물 조직이나 기공 구조에 의존한다. 소결광의 광물 조직이나 기공 구조는, 원료 조건 및 조업 조건으로 결정하는 소결 온도 이력에 의해 좌우된다. 소결광의 품질을

확보하는 데에 있어서 소결광의 광물 조직이나 기공 구조의 제어는 중요하지만, 광물 조직이나 기공 구조의 측정에는 오프라인에서 제조 후의 소결광을 채취하여, 단면 관찰이나 XRD 등으로 평가할 필요가 있어, 온라인에서의 관리를 할 수 없다.

[0003] 소결광 제조 시에 있어서의 소결 원료의 장입층의 소결 온도 이력을 측정하는 방법으로서, 예를 들면 특허문헌 1에는, 열전대에서 실측한 높이 방향의 온도 데이터로부터 특징량을 계산함으로써 조업 상태를 관리하는 수법이 개시되어 있다. 그러나, 실제의 무단 이동식의 펠릿 대차에 열전대를 설치하고, 연속적으로 데이터를 측정하는 것, 혹은 배치식으로 날마다 측정하는 것은 현실적으로 곤란했다. 그에 더하여, 본 수법에서는 피드백 액션이 되어 조업 개선의 찬스 손실이 생기기 때문에, 피드 포워드의 액션을 제안할 수 없는 과제가 있었다.

[0004] 또한, 소결 온도 이력을 추정하는 방법은, 이미 비특허문헌 1에서 전열 모델이 수식화되어 있다. 그리고, 예를 들면, 특허문헌 2에는 비특허문헌 1의 전열 모델을 이용하여, 연소성이 상이한 탄재(炭材) 사용 시에도 비교적 고정밀도로 온도 이력을 계산할 수 있는 방법이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 2013-44491호
(특허문헌 0002) 일본공개특허공보 2015-137368호

비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) 무치 이와오 외 1명, 소결광의 조업 해석, 철과 강, 제56년(1970), 제3호, P371~381
(비특허문헌 0002) 오노 코이치로 외 4명, 소결 프로세스층 내의 온도 분포 추정 수치 시뮬레이션에 미치는 코크스의 연소 속도식의 영향, 철과 강, Vol. 101, (2015), No. 1, P19~P24

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이와 같이, 소결 온도 이력을 추정하는 전열 모델은 알려져 있지만, 광물 조직이나 기공 구조 등의 소결광의 소결광 조직을 예측하는 기술은 개시되어 있지 않다. 전술한 바와 같이, 광물 조직이나 기공 구조를 파악하려면, 오프라인에서 제조 후의 소결광을 채취하여, 단면 관찰이나 XRD 등으로 평가할 필요가 있다. 그 때문에, 소결광의 품질에 영향을 미치는 광물 조직이나 기공 구조를 온라인으로 관리할 수 없다는 과제가 있었다. 더하여, 이미 제조된 소결광의 분석이 되기 때문에, 피드백의 액션에 머물러, 조업 개선의 찬스 손실이 발생해 버리는 점도 해결할 수 없기 때문에, 피드 포워드의 액션이 과제이다.

[0008] 본 발명은, 이러한 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 그의 목적으로 하는 바는, 소결광의 광물 조직이나 기공 구조와 같은 소결광 조직을 온라인으로 파악하여, 관리할 수 있는 소결광 조직의 예측 방법 및 그를 이용한 소결광의 제조 방법을 제안하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은, 드와이트 로이드식의 소결기의 무단 이동식의 펠릿 대차에 소결 원료를 장입하여 장입층을 형성시키고, 상기 장입층을 소결하여 제조되는 소결광의 소결광 조직의 예측 방법으로서, 소결광의 제조 조건과 전열 모델로부터 구해지는 상기 장입층 내의 소결 온도 이력을 이용하여 상기 소결광 조직을 예측하는, 소결광 조직의 예측 방법이다.

[0010] 또한, 상기와 같이 구성되는 본 발명에 따른 소결광 조직의 예측 방법에 있어서는,

[0011] (1) 상기 소결광의 제조 조건으로서, 상기 소결 원료에 배합되는 원료의 성분 농도, 입도(粒度) 및 배합량과, 상기 펠릿 대차의 속도와, 상기 장입층의 층 두께와, 부압(負壓)을 이용하는 것,

- [0012] (2) 상기 소결광의 제조 조건으로서, 추가로, 기체 연료 투입량, 산소 투입량 및 순환 배기 가스량의 어느 하나 이상을 이용하는 것,
- [0013] (3) 미리 구해지는 소결 온도 이력과 소결광 조직과의 대응 관계를 이용하여 상기 소결광 조직을 예측하는 것,
- [0014] (4) 상기 소결광 조직은, 소결광 중에 있어서의 칼슘 페라이트의 함유량 및/또는 소결광의 기공률인 것,
- [0015] 이 보다 바람직한 해결 수단이 되는 것이라고 생각된다.
- [0016] 또한, 본 발명은, 진술한 소결광 조직의 예측 방법을 이용하는 소결광의 제조 방법으로서, 상기 소결광 조직의 예측 방법을 이용하여 예측되는 소결광 조직이 미리 정해진 소결광 조직이 되는 소결광의 제조 조건을 특정하고, 특정된 상기 제조 조건으로 상기 소결광을 제조하는, 소결광의 제조 방법이다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명에 따른 소결광 조직의 예측 방법의 실시에 의해, 단시간에 소결광 조직을 예측할 수 있기 때문에, 소결광의 광물 조직이나 기공 구조와 같은 소결광 조직을 온라인으로 파악하여, 관리할 수 있게 된다. 또한, 예측된 소결광 조직이 목표로 하는 소결광 조직이 되도록 소결광의 제조 조건을 설정함으로써, 소결광의 조직을 제어할 수 있어, 고품질인 소결광의 제조를 실현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은, 본 실시 형태에 따른 소결 조직의 예측 방법을 실시할 수 있는 소결광의 제조 설비의 일 예를 나타내는 개략도이다.
- 도 2는 장입층의 소결 온도와 소결 시간과의 관계로부터 구한 소결 온도 이력의 일 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 3은 소결 온도 이력으로부터 온도 이력 지수를 산출하는 방법의 일 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 칼슘 페라이트의 함유량과 온도 이력 지수와의 상관 관계의 일 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 칼슘 페라이트의 함유량의 예측값과 실측값과의 상관 관계의 일 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 제조되는 소결광의 칼슘 페라이트의 함유량의 시간 경과에 따른 변화의 일 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 소결 온도 이력으로부터 온도 이력 지수를 산출하는 방법의 다른 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 기공률과 온도 이력 지수와의 대응 관계의 일 예를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] (발명을 실시하기 위한 형태)
- [0020] 이하, 본 발명의 실시의 형태에 대해서 구체적으로 설명한다. 또한, 이하의 실시 형태는, 본 발명의 기술적 사상을 구체화하기 위한 장치나 방법을 예시하는 것으로서, 구성을 하기의 것으로 특정하는 것이 아니다. 즉, 본 발명의 기술적 사상은, 특허청구의 범위에 기재된 기술적 범위 내에 있어서, 여러 가지의 변경을 더할 수 있다.
- [0021] <본 발명의 실시 대상이 되는 소결광의 제조 설비에 대해서>
- [0022] 도 1은, 본 실시 형태에 따른 소결 조직의 예측 방법을 실시할 수 있는 소결광의 제조 설비(1)의 일 예를 나타내는 개략도이다. 소결광의 제조 설비(1)는, 조립(造粒) 장치인 드럼 믹서(2)와, 소결기(3)와, 파쇄기(4)와, 쿨러(5)와, 체거름 장치(6)를 갖는다. 철 함유 원료, 부원료 및 탄재나 코크스분(粉)과 같은 응결제를 포함하는 소결 원료는, 조립수(造粒水)가 첨가되어 드럼 믹서(2)에서 조립된다. 조립된 소결 원료는 소결기(3)에 반송된다.
- [0023] 소결기(3)는, 예를 들면, 드와이트 로이드식의 소결기이다. 소결기(3)는, 소결 원료 공급 장치(11)와, 무단 이동식의 펠릿 대차(12)와, 점화로(爐)(13)와, 윈드 박스(14)를 갖는다. 조립된 소결 원료는, 소결 원료 공급 장치(11)로부터 펠릿 대차(12)에 장입되고, 소결 원료의 장입층이 형성된다. 점화로(13)에서 장입층 표층에 포함되는 응결제가 점화됨과 함께, 윈드 박스(14)를 통하여 장입층 내의 공기가 하방으로 흡인됨으로써, 장입층 내의 연소 용융대가 장입층의 하방으로 이동된다. 이 연소 용융대의 이동에 의해, 장입층이 소결되어 소결 케이크가 된다.

[0024] 윈드 박스(14)를 통하여 장입층 내의 공기를 하방으로 흡인할 때, 장입층의 상방으로부터 기체 연료 및/또는 산소를 부화(富化)한 산소 부화 공기를 공급해도 좋다. 기체 연료는, 고로 가스, 코크스로 가스, 전로 가스, 도시 가스, 천연 가스, 메탄 가스, 에탄 가스, 프로판 가스 및 이들의 혼합 가스로부터 선택되는 어느 것의 가연성 가스이다.

[0025] 소결 케이크는 파쇄기(4)에 의해 파쇄되고, 쿨러(5)로 냉각된다. 소결 케이크의 파쇄물은, 체거름 장치(6)로 입경 5mm 이상의 소결광과 입경 5mm 미만의 반광(返鑛)으로 체거름된다. 반광은, 재차, 소결 원료에 이용된다. 이와 같이 하여 소결광은 생산된다.

[0026] <본 발명의 소결광 조직의 예측 방법에 대해서>

[0027] 본 실시 형태에 따른 소결광 조직의 예측 방법에서는, 소결광의 제조 설비(1)에서 제조되는 소결광의 소결광 조직을 예측한다. 소결광 조직의 예측은, 우선, (1) 소결광의 제조 조건과 전열 모델을 이용하여 소결 온도 이력을 산출하고, 이어서, (2) 산출한 소결 온도 이력을 이용하여 소결광 조직을 예측한다. 적합한 실시 형태에 있어서는, 미리 구해진 소결 온도 이력과 소결광 조직과의 대응 관계를 이용하여 소결광의 소결광 조직을 예측한다.

[0028] <(1) 소결 온도 이력의 산출에 대해서>

[0029] 소결 온도 이력의 산출은, 공지의 수법인 비특허문헌 2에 기재된 방법을 이용하여 행한다. 구체적으로는, 소결 원료에 배합되는 철 함유 원료, 부원료 및 응결재의 성분 농도, 입도 및 배합량과, 펠릿 대차 속도와, 장입층의 층 두께와, 부압을 포함하는 소결광의 제조 조건과, 전열 모델을 이용하여 소결 온도 이력을 산출한다. 본 실시 형태에 있어서, 전열 모델은, 예를 들면, 에너지 보존식으로부터 도출되는 고상의 열 수지식(하기 (1)식) 및 기상의 열 수지식(하기 (2)식)이다.

[0030]

$$\rho_s C_{p,s} \frac{\partial T_s}{\partial t} - \frac{6(1-\varepsilon_a)}{d} h(T_g - T_s) + Q(\text{reaction}) = k_s \frac{\partial^2 T_s}{\partial Z^2} \cdot \cdot \cdot (1)$$

[0031]

$$\rho_g C_{p,g} \frac{\partial T_g}{\partial t} - \frac{6(1-\varepsilon_a)}{d} h(T_s - T_g) + C_{p,g} \frac{\partial \rho_g u T}{\partial Z} = k_g \frac{\partial^2 T_g}{\partial Z^2} \cdot \cdot \cdot (2)$$

[0032] 상기 (1), (2)식에 있어서, ρ_s 는 고체의 밀도[kg/m³]이고, $C_{p,s}$ 는 고체의 비열[J/(kg×K)]이고, T_s 는 고체의 온도[K]이고, t 는 시간[sec]이고, d 는 평균 입경[m]이고, ε_a 는 공극률[-]이고, h 는 대류 전열 계수[J/(m²×s×K)]이고, T_g 는 가스 온도[K]이고, k_s 는 고체 열 전도도[J/(m²×s×K)]이고, Z 는 좌표[m]이다. 또한, Q 는 소결 원료에 포함되는 각 물질의 반응열[J/s]이고, 당해 반응열은, 각 물질의 반응열과 반응 속도를 곱하여 산출한다. 상기 (2)식에 있어서, ρ_g 는 가스의 밀도[kg/m³]이고, $C_{p,g}$ 는 가스의 비열[J/(kg×K)]이고, u 는 가스 유속[m/s]이고, T 는 온도[K]이고, k_g 는 가스 열 전도도[J/(m²×s×K)]이다.

[0033] 고체의 밀도 ρ_s 및 기체의 밀도 ρ_g 는 가값(假値)을 이용한다. 고체의 밀도 ρ_s 의 가값으로서 하기에 기재된 값을 이용하고, 기체의 밀도도 ρ_g 의 가값으로서 하기에 기재된 값을 이용한다. 또한, 고체의 비열 $C_{p,s}$ 및 가스의 비열 $C_{p,g}$ 는, 각각 하기에 기재된 값을 이용한다.

[0034] <고체의 물성(헤머타이트를 사용)>

밀도 :

$$\rho_s = 5.260 \times 10^3 \quad [\text{kg/m}^3]$$

비열 :

$$C_{p,s} = 800.0 \quad [\text{J/K}]$$

열 전도율 :

$$298 < T_s < 912$$

$$k_s = \frac{1}{1.887 \cdot 10^{-4} T_s} \quad [\text{J/m} \cdot \text{s} \cdot \text{K}]$$

$$912 < T_s < 1500$$

$$k_s = \frac{1}{8.319 \cdot 10^{-5} T_s + 9.243 \cdot 10^{-2}} \quad [\text{J/m} \cdot \text{s} \cdot \text{K}]$$

[0035]

[0036] <가스의 물성(공기를 사용)>

열 전도율 :

$$k_g = (28.836\sqrt{T} - 244.89) \times 10^{-4} \quad [\text{J/m} \cdot \text{s} \cdot \text{K}]$$

밀도 :

$$\rho_g = \frac{1.293}{\{1.0 + 0.00367(T - 273.15)\}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

비열 :

$$C_{p,g} = -2 \times 10^{-6} T^3 + 4 \times 10^{-3} T^2 - 8 \times 10^{-1} T + 998.3 \quad [\text{J/K}]$$

[0037]

[0038] 이하, 각 물성에 대해서 설명한다.

[0039] 고체의 온도 T_s 는, 현재의 고체의 계산 온도이고, 또한, 가스의 온도 T_g 는, 현재의 가스의 계산 온도이다. 시간 t 는, 당해 모델을 이용하여 어느 정도의 시간 간격의 온도 변화를 산출하는가에 따라 정해지는 설정값이다. 평균 입경 d 는 조립된 소결 원료의 평균 입경의 실측값을 이용한다. 공극률 ε_a 는 가값을 이용한다. 공극률 ε_a 의 가값으로서 「0.5」를 이용한다. 대류 전열 계수 h 는, 부압과 공극률과 평균 입경으로부터 풍량을 계산하고, 당해 풍량과 란츠·마셜의 식을 이용하여 산출할 수 있다. 고체 열 전도도 k_s 는 상기에 기재된 값을 이용한다. 반응열 Q 는, 소결 원료에 배합되는 성분 농도, 입도 및 배합량과, 각 성분의 반응열과, 반응 속도를 이용하여 산출할 수 있다. 가스 유속 u 는, 부압과 공극률과 평균 입경을 이용하여 산출할 수 있다. 부압은, 윈드 박스에 형성되는 압력계의 실측값을 이용한다. 가스의 열 전도도 k_g 는, 상기에 기재된 값을 이용한다.

[0040] 펠릿 대차의 속도는, 소결광의 제조 조건으로서 미리 설정되는 것으로서, 점화 시간(고온에 노출되는 시간)이나, 계산 개시에서 계산 완료까지의 시간을 정하는 데에 이용한다. 층 두께도 소결광의 제조 조건으로서 미리 설정되는 것으로서, 계산 개시나 계산 종료까지의 시간을 정하는 데에 이용한다.

- [0041] 또한, 기체 연료 취입 장치나 산소 가스 취입 장치를 갖는 소결기를 이용하는 경우, 조업 조건으로서, 기체 연료의 취입량, 산소 가스의 취입량 및 순환 배기 가스량의 1개 이상의 조업 조건을 이용하여 (1)식의 반응열 Q를 수정해도 좋다.
- [0042] 상기 (1)식 및 (2)식에 상기 값과, T_s 및 T_g 에 현재의 온도를 입력하면, 설정한 시간 간격(Δt : 예를 들면 1초) 후의 온도 변화가 산출된다. T_s 및 T_g 의 초기 온도는 점화로의 온도인 1300℃를 이용한다. 또한, 예를 들면, 시간 간격이 1초이고 계산 시간이 30분이라면, 1800개의 온도 데이터가 취득되어, 당해 온도 데이터를 이용하여 도 2에 나타내는 바와 같은 소결 온도 이력을 나타내는 그래프를 작성할 수 있다.
- [0043] <(2) 소결광 조직의 예측에 대해서>
- [0044] 이하에 순서로 설명하는 바와 같이, (1)에서 산출한 소결 온도 이력을 이용하여, 소결광 조직, 여기에서는, 소결광 중의 칼슘 페라이트의 함유량 및 소결광의 기공률을 예측한다.
- [0045] <소결광 중의 칼슘 페라이트의 함유량의 예측에 대해서>
- [0046] (1)식, (2)식 및 조업 데이터를 이용하여 장입층의 소결 온도 이력을 구한다. 장입층의 중심부는 평균적인 소결 온도가 된다고 생각되는 점에서, 장입층의 높이 중심부(층 두께 600mm 시의 300mm 지점)의 소결 온도 이력을 구하여, 당해 온도 이력으로부터 온도 이력 지수 1로서 1200~1350℃의 고온 보존유지 시간을 산출한다. 온도 이력 지수 1은, 도 3에 있어서의 $\Delta t1$ 에서 $\Delta t2$ 를 뺀으로써 산출할 수 있다.
- [0047] 칼슘 페라이트는 1200℃ 이상에서 생성되고, 1350℃보다 높아지면 용융 분해하기 때문에, 온도 이력 지수 1은, 소결광에 포함되는 칼슘 페라이트의 함유량에 상관이 있다고 할 수 있다. 그 때문에, 온도 이력 지수 1이 기지(既知)의 소결광에 포함되는 칼슘 페라이트의 함유량을 XRD로 실측하는 실험을 미리 행하고, 도 4에 나타내는 바와 같은 고온 보존유지 시간과 소결광에 포함되는 칼슘 페라이트와의 대응 관계를 미리 구해 두면, 당해 대응 관계와 온도 이력 지수 1로부터 소결광에 포함되는 칼슘 페라이트의 함유량을 예측할 수 있다. 여기에서, 소결광의 칼슘 페라이트의 함유량은, 소결광 조직의 일 예이다.
- [0048] 또한, 도 4에 나타내는 바와 같이, 칼슘 페라이트의 함유량과 온도 이력 지수 1과의 대응 관계는, 소결 원료에 포함되는 CaO의 함유량에 따라 바뀔 수 있다. 이 때문에, 칼슘 페라이트의 함유량과 온도 이력 지수 1과의 대응 관계는, CaO의 함유량마다 구해 두는 것이 바람직하다. 이에 따라, 높은 정밀도로 소결광에 포함되는 칼슘 페라이트의 함유량을 예측할 수 있다.
- [0049] 또한, 칼슘 페라이트의 함유량과 온도 이력 지수 1과의 대응 관계는, CaO와 마찬가지로, 소결 원료에 포함되는 Al_2O_3 의 함유량에 따라서도 바뀔 수 있다. 이 때문에, 칼슘 페라이트의 함유량과 온도 이력 지수 1과의 대응 관계는, Al_2O_3 의 함유량마다 구하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 더욱 높은 정밀도로 소결광에 포함되는 칼슘 페라이트의 함유량을 예측할 수 있다.
- [0050] 도 5는, 칼슘 페라이트의 함유량의 예측값과 실측값과의 상관 관계를 나타내는 그래프이다. 칼슘 페라이트의 함유량의 예측값은, 온도 이력 지수 1과, CaO 함유량과, 도 4에 나타낸 그래프로부터 산출한 값으로서, 칼슘 페라이트의 함유량의 실측값은, 당해 소결광에 포함되는 칼슘 페라이트의 함유량을 XRD 측정하여 구한 측정값이다. 도 5에 나타내는 바와 같이, 예측값과 실측값의 결정 계수(R^2)는 0.84가 되어, 높은 정밀도로 소결광에 포함되는 칼슘 페라이트의 함유량을 예측할 수 있는 것이 확인되었다.
- [0051] 이와 같이, 칼슘 페라이트의 함유량을 예측할 수 있으면, 제조되는 소결광의 칼슘 페라이트의 함유량이 미리 정해진 목표로 하는 칼슘 페라이트의 함유량이 되도록 소결광의 제조 조건을 조정할 수도 있다.
- [0052] 도 6은, 제조되는 소결광의 칼슘 페라이트의 함유량의 시간 경과에 따른 변화를 나타내는 그래프이다. 칼슘 페라이트의 함유량이 25~30질량%였던 소결광의 제조 조건을, 칼슘 페라이트의 함유량이 35~40질량%가 되도록 소결광의 제조 조건을 변경했다. 구체적으로는, 온도 이력 지수 1이 칼슘 페라이트의 함유량 35~40질량%에 대응하는 시간이 되도록, 소결 원료의 제조 조건으로서 분(粉) 코크스의 배합량을 증가시켰다. 이 결과, 제조 조건 변경 후에 제조되는 소결광의 칼슘 페라이트의 함유량은 35~40질량%가 되어, TI 강도가 높은 소결광의 제조를 실현할 수 있었다. 또한, TI 강도(팁블러 강도)는 JIS M 8712:2017에 기재된 방법으로 측정할 수 있다.
- [0053] 소결광의 제조 조건의 조정으로서, 예를 들면, 조작하는 조건이 2개인 경우에는, 이하의 표 1에 나타내는 바와 같은 2차원의 매트릭스 테이블을 작성하고, 목표로 하는 칼슘 페라이트의 함유량에 대응한 온도 이력 지수 1이

되도록 제조 조건을 정하면 좋다. 또한, 표 1에 나타낸 예는, 일 예로서 2개의 조건(풍량과 분 코크스 함유량)으로 온도 이력 지수 1의 2차원의 매트릭스 테이블을 작성한 예를 나타냈지만, 이에 한정하지 않고, 3개의 조건으로 3차원의 매트릭스 테이블을 작성해도 좋다.

표 1

		풍량 (m/s)			
		0.1	0.2	~	1
코크스 함유량 (mass%)	3	a1	a2	a3	a4
	4	b1	b2	b3	b4
	~	c1	c2	c3	c4
	7	d1	d2	d3	d4

온도 이력 지수 1 : a1~a4, b1~b4, c1~c4, d1~d4

[0054]

[0055]

<소결광의 기공률의 예측에 대해서>

[0056]

또한, 이 소결 온도 이력으로부터, 온도 이력 지수 2로서 소결 온도 이력의 그래프의 1200℃ 이상이 되는 영역의 적분값을 산출해도 좋다. 1200℃ 이상이 되는 영역의 적분값이란, 도 7의 사선부로 나타내는 영역이다.

[0057]

용액이 생성되고, 생성된 용액이 유동하면 기공이 메워지기 때문에, 온도 이력 지수 2는, 소결광의 기공률에 상관성이 있다고 할 수 있다. 그 때문에, 미리 온도 이력 지수 2가 기지의 소결광의 기공률을 하기의 순서로 측정하고, 온도 이력 지수 2와 소결광에 포함되는 기공률과의 대응 관계(도 8)를 실험에 의해 구해 두면, 당해 대응 관계와 온도 이력 지수 2로부터 소결광의 기공률을 예측할 수 있다. 소결광의 기공률은, 소결광 조직의 다른 예이다.

[0058]

소결광의 기공률은 하기 S11 및 S12의 순서로 측정할 수 있다.

[0059]

(S11) 소결광 S1을 분쇄하여, +1mm-2mm의 입경으로 체질한다. 분쇄 방법으로는, 디스크 밀이나 조 크러셔와 같이 소정의 입경 이하로 분쇄된 것이 그 이상 분쇄되지 않는 분쇄 장치를 이용하는 것이 바람직하다.

[0060]

(S12) 얻어진, 입경 +1mm-2mm의 소결광을 JIS R 1655:2003에 준거하여, 수은 압입법에 의한 기공경 분포를 측정하고, 기공경 3.6nm~200μm의 누적 기공 체적으로부터 기공률 및 평균 기공경이 구해진다.

[0061]

도 8은, 기공률과 온도 이력 지수 2와의 대응 관계를 나타내는 그래프이다. 도 8에 나타내는 바와 같이, 기공률과 온도 이력 지수 2와의 대응 관계는, 소결 원료에 포함되는 CaO의 함유량에 따라 바뀔 수 있다. 이 때문에, 기공률과 온도 이력 지수 2와의 대응 관계는, CaO의 함유량마다 구해 두는 것이 바람직하다. 이에 따라, 높은 정밀도로 소결광의 기공률을 예측할 수 있다.

[0062]

또한, 칼슘 페라이트의 함유량과 마찬가지로, 상기 대응 관계를 이용하여, 제조되는 소결광의 기공률이 미리 정해진 기공률이 되도록, 소결광의 제조 조건을 조정할 수 있다. 소결광의 제조 조건의 조정 방법은, 칼슘 페라이트의 함유량과 마찬가지로, 표 1에 나타낸 바와 같은 매트릭스 테이블을 이용하여 조정해도 좋다.

[0063]

<본 발명에 따른 소결광의 제조 방법에 대해서>

[0064]

전술한 소결광 조직의 예측 방법의 실시에 의해, 단시간에 소결광 조직을 예측할 수 있기 때문에, 소결광의 광물 조직이나 기공 구조와 같은 소결광 조직을 온라인으로 파악하여, 관리할 수 있게 된다. 또한, 예측된 소결광 조직이 목표로 하는 소결광 조직이 되도록 소결광의 제조 조건을 설정함으로써, 소결광의 조직을 제어할 수 있어, 고품질인 소결광의 제조를 실현할 수 있다.

[0065]

산업상의 이용 가능성

[0066]

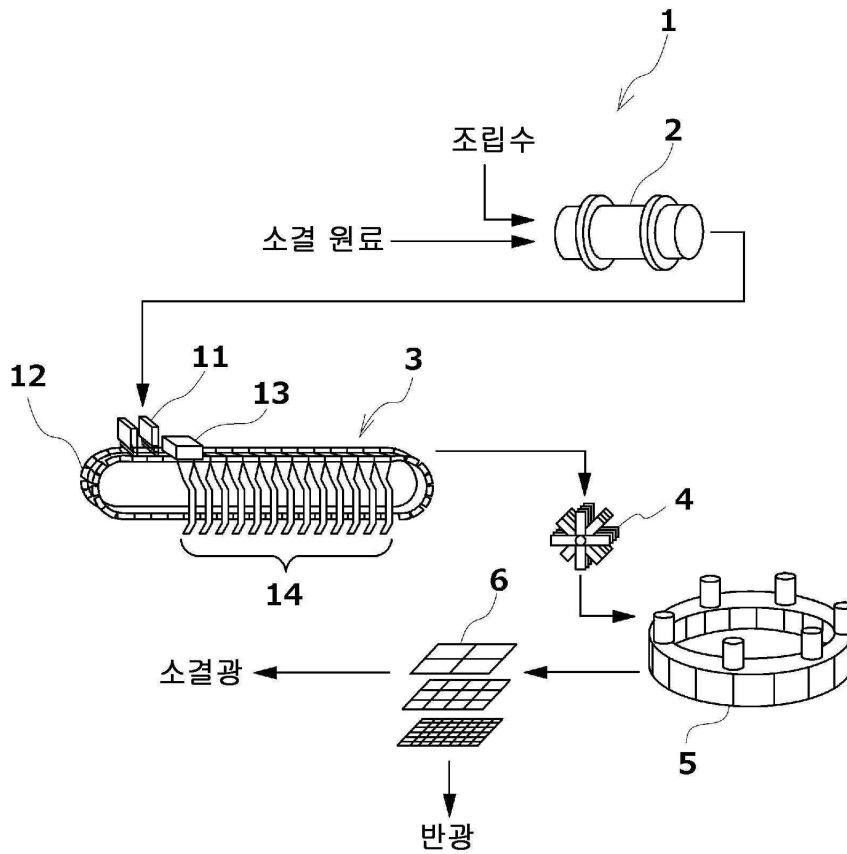
본 발명에 따른 소결광 조직의 예측 방법에 의하면, 소결광의 광물 조직이나 기공 구조와 같은 소결광 조직을 온라인으로 파악하여, 관리할 수 있고, 그의 소결광 조직의 예측 방법을 이용한 소결광의 제조 방법과 함께, 산업상 유용하다.

부호의 설명

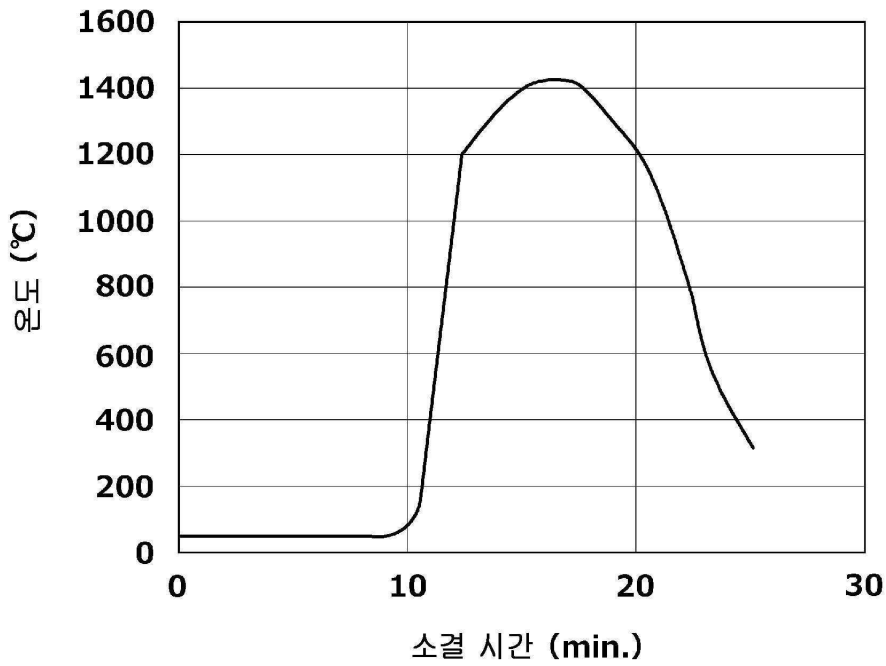
- [0067]
- 1 : 소결광의 제조 설비
 - 2 : 드럼 믹서
 - 3 : 소결기
 - 4 : 파쇄기
 - 5 : 쿨러
 - 6 : 체거름 장치
 - 11 : 원료 공급 장치
 - 12 : 팠릿 대차
 - 13 : 점화로
 - 14 : 윈드 박스

도면

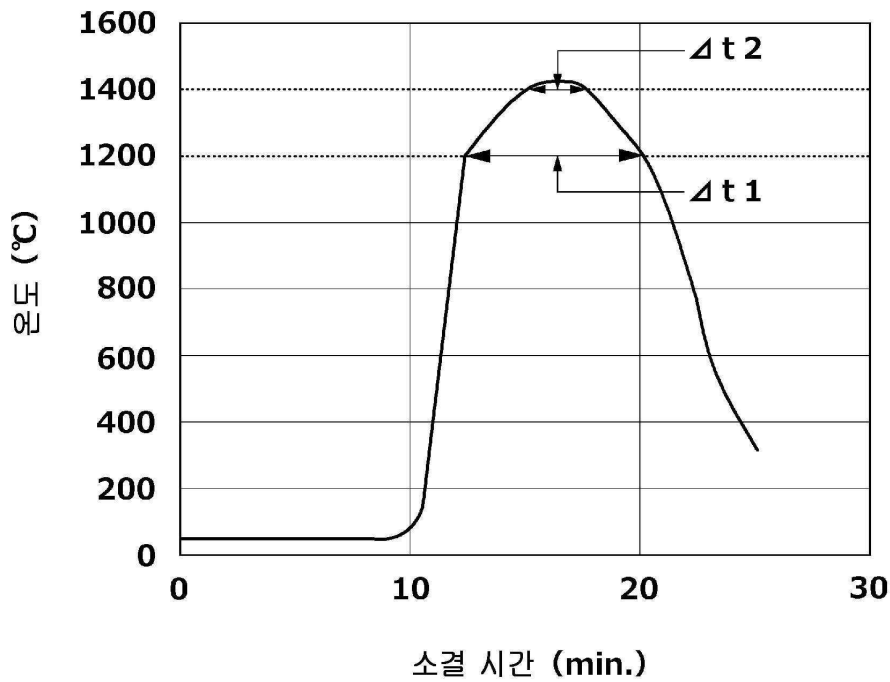
도면1



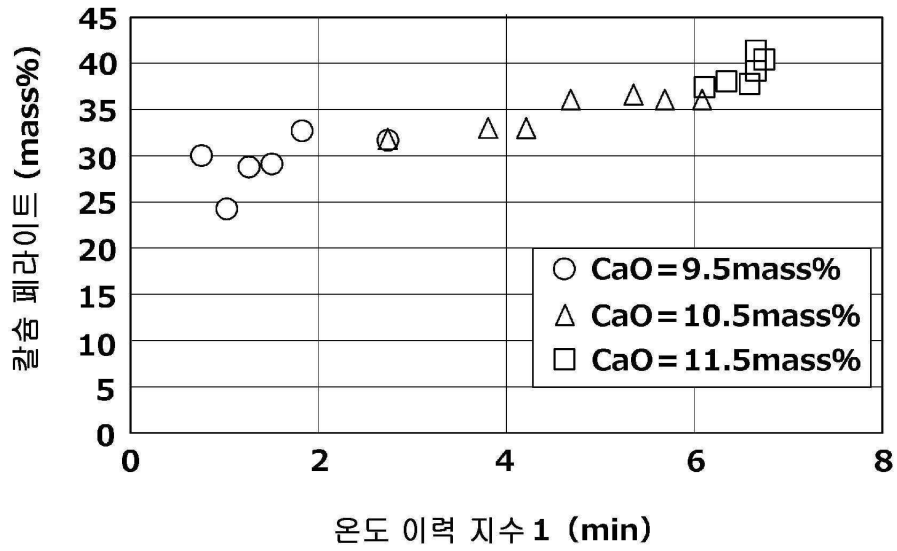
도면2



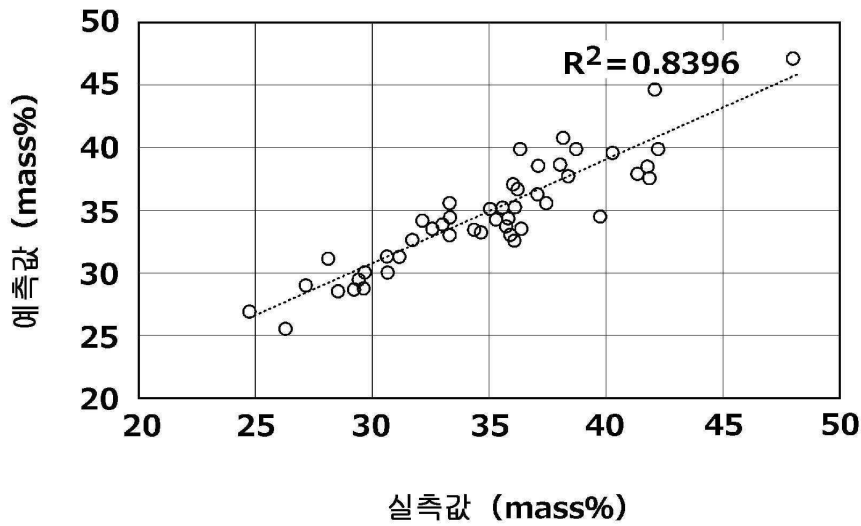
도면3



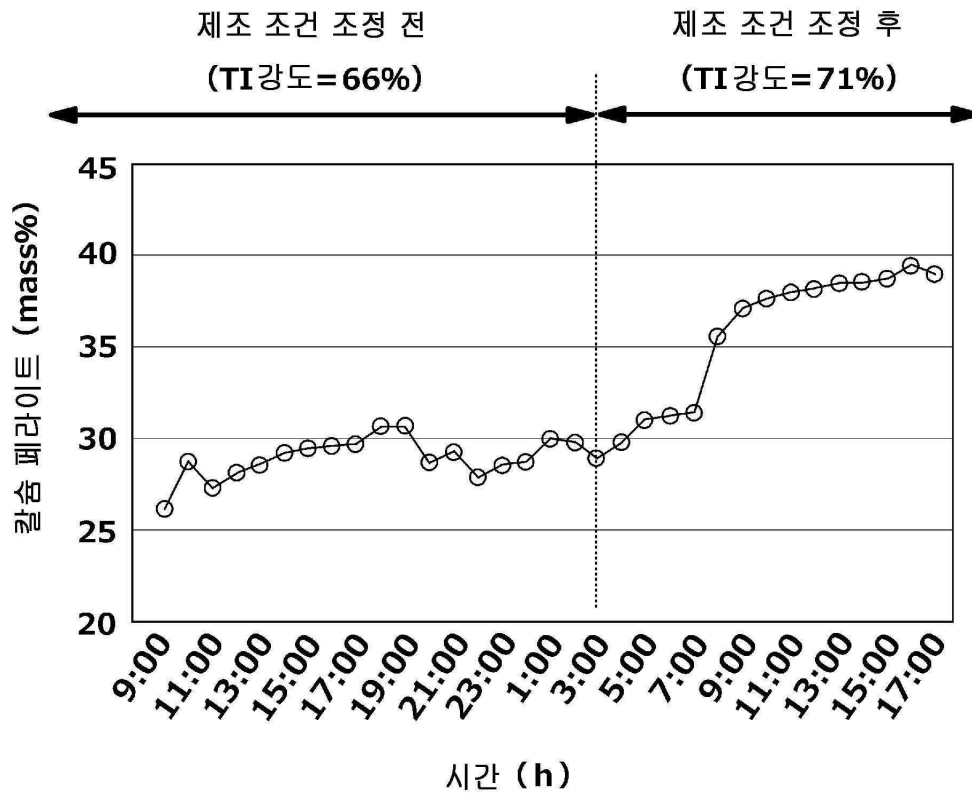
도면4



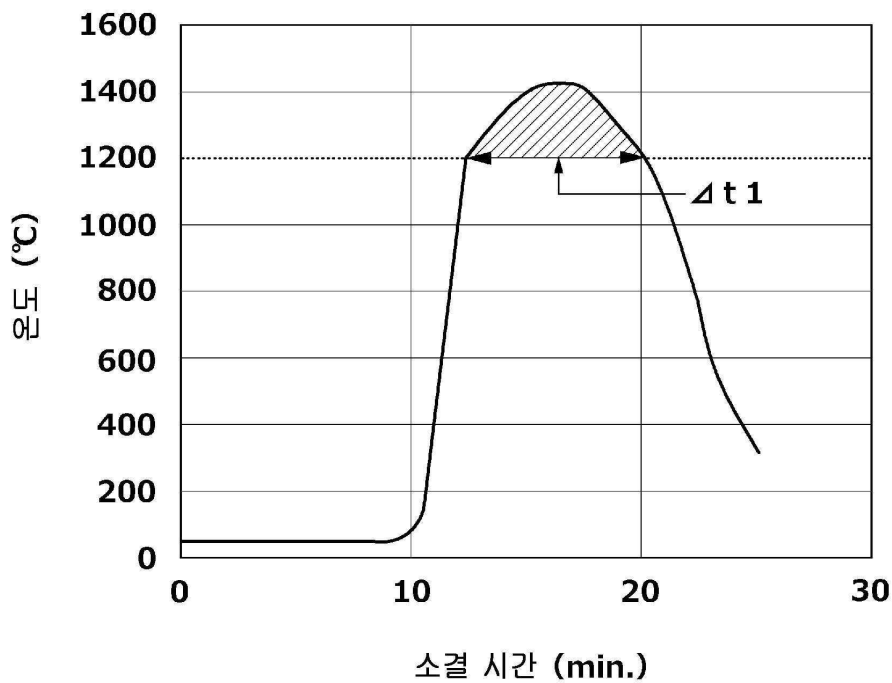
도면5



도면6



도면7



도면8

