



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0137632  
(43) 공개일자 2024년09월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C21B 5/06 (2014.01) C21B 7/00 (2014.01)  
C22B 1/02 (2006.01) C22B 1/16 (2006.01)  
C22B 1/24 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
C21B 5/06 (2013.01)  
C21B 7/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7027658
- (22) 출원일자(국제) 2023년02월28일  
심사청구일자 2024년08월19일
- (85) 번역문제출일자 2024년08월19일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2023/007389
- (87) 국제공개번호 WO 2023/171467  
국제공개일자 2023년09월14일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2022-034616 2022년03월07일 일본(JP)

- (71) 출원인  
제이에프이 스틸 가부시카이가이사  
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고
- (72) 발명자  
이와미 유지  
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카이가이사 지테크자이 산부 나이  
히구치 다카히데  
일본 도쿄도 지요다꾸 우찌사이와이쵸 2쵸메 2방 3고 제이에프이 스틸 가부시카이가이사 지테크자이 산부 나이  
무라카미 다이치  
일본 미야기켄 센다이시 아오바쿠 가타히라 2쵸메 1방 1고 고쿠리츠다이가쿠호진 도호쿠다이가쿠 나이
- (74) 대리인  
특허법인코리아나

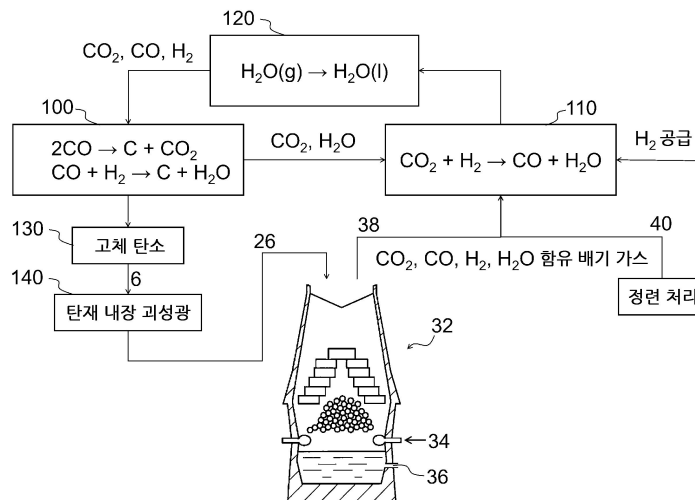
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 용선의 제조 방법

(57) 요약

C 원을 프로세스 내에서 순환시킴과 함께 회수한 C 원을 탄재 내장 피성광으로서 샤프트로의 노 입구를 통해 장입하여 용선을 제조할 수 있는 용선의 제조 방법을 제공한다. 철 함유 원료와 카본 함유 원료로부터 탄재 내장 피성광을 제조하는 제 1 공정과, 상기 탄재 내장 피성광에 산소 함유 가스를 불어넣어 환원·용융시켜, 용선을 제조하는 제 2 공정과, 상기 환원에 의해 부생되는 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 탄소 함유 가스를 다공질 재료에 접촉시켜 탄소를 회수하는 제 3 공정을 갖고, 상기 제 1 공정에서는 상기 제 3 공정에서 회수한 탄소를 상기 카본 함유 원료의 일부 또는 전부에 사용하는, 용선의 제조 방법이다. 상기 제 2 공정 대신에, 상기 탄재 내장 피성광을 1160 ~ 1450 °C 로 가열하여 환원 및 용융시킨 후에 냉각시킴으로써 환원 철을 얻는 환원 공정과, 상기 환원 철을 용융시킴으로써 용선을 제조하는 용융 공정을 가질 수도 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

*C22B 1/02* (2013.01)

*C22B 1/16* (2013.01)

*C22B 1/24* (2013.01)

*C21B 2100/26* (2017.05)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

철 함유 원료와 카본 함유 원료로부터 탄재 내장 괴성광을 제조하는 제 1 공정과,  
 상기 탄재 내장 괴성광에 산소 함유 가스를 불어넣고 환원 및 용융시켜, 용선을 제조하는 제 2 공정과,  
 상기 환원에 의해 부생되는 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 탄소 함유 가스를 다공질 재료에 접촉시켜 탄소를 회수하는 제 3 공정을 갖고,  
 상기 제 1 공정에서는 상기 제 3 공정에서 회수한 탄소를 상기 카본 함유 원료의 일부 또는 전부에 사용하는, 용선의 제조 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
 상기 제 2 공정 대신에,  
 상기 탄재 내장 괴성광을 1160 ~ 1450 °C 로 가열하여 환원 및 용융시킨 후에 냉각시킴으로써 환원 철을 얻는 환원 공정과,  
 상기 환원 철을 용융시킴으로써 용선을 제조하는 용융 공정을 갖는, 용선의 제조 방법.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
 상기 제 3 공정에 있어서, 상기 탄소 함유 가스는, 용철의 정련 공정에서 부생되는 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 가스를 추가로 포함하는, 용선의 제조 방법.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제 3 공정에 있어서의 상기 다공질 재료에 접촉시키기 전에, 상기 탄소 함유 가스에 수소를 공급하고, 800 ~ 1200 °C 로 가열하여 상기 탄소 함유 가스에 포함되는 이산화탄소를 일산화탄소로 하는, 용선의 제조 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,  
 상기 제 3 공정에 있어서의 상기 가열 후이며 상기 다공질 재료에 접촉시키기 전에, 상기 탄소 함유 가스에 포함되는 물을 제거하는, 용선의 제조 방법.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,  
 하기 식 (1) 을 만족하도록 상기 탄소 함유 가스에 포함되는 수분과 상기 탄소 함유 가스의 개질 반응에 의해 발생하는 수분이 제거되는, 탄소 함유 가스로부터의 탄소 회수 방법.

$$[H_2O] / ([H_2O] + [H_2]) < 0.1 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

상기 식 (1) 에 있어서,  $[H_2O]$  는, 개질 후의 혼합 가스에 포함되는 수분 농도 (체적%) 를 표시하고,  $[H_2]$  는, 개질 후의 혼합 가스에 포함되는 수소 농도 (체적%) 를 표시한다.

**청구항 7**

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제 3 공정에 있어서, 상기 다공질 재료는 철이고, 회수되는 탄소의 일부는 탄화 철인, 용선의 제조 방법.

**청구항 8**

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 카본 함유 원료의 입경은 100  $\mu\text{m}$  이하인, 용선의 제조 방법.

**청구항 9**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 제 1 공정에 있어서, 상기 카본 함유 원료는 추가로 바이오매스를 포함하는, 용선의 제조 방법.

**청구항 10**

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 철 함유 원료가 철광석이고, 상기 제 1 공정 전에 그 철광석을, 300  $^{\circ}\text{C}$  이상 1000  $^{\circ}\text{C}$  이하에서 열 처리하는 전처리 공정을 추가로 갖는, 용선의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 제철업에 있어서의 용선의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] SDGs 나 파리 협정을 비롯한 이산화탄소 ( $\text{CO}_2$ ) 배출량의 삭감이 모든 산업에 대해 요구되고 있다. 제조업 중에서도  $\text{CO}_2$  배출량이 높은 제철업에 대해서는, 특히  $\text{CO}_2$  삭감의 요구가 높다. 그 제철업에 있어서 6 할 이상의  $\text{CO}_2$  를 배출하고 있는 것이 제선 (製鐵) 프로세스이고, 이 프로세스에서는 철광석을 탄소원으로 환원 및 용융시켜, 용선을 제조하고 있다. 제선 프로세스에서  $\text{CO}_2$  배출량이 매우 높은 요인으로는, 이 환원 및 용융에 코크스나 석탄을 사용하고 있기 때문인 것으로 생각된다. 계 외로  $\text{CO}_2$  를 배출하지 않는 용선 제조 프로세스의 개발이 요구되고 있다.

[0003] 제로 카본을 지향한 제철 프로세스가 고안되어 있다.

[0004] 비특허문헌 1 에는, 철강에 있어서의 이산화탄소 삭감의 장기 목표 달성을 위한 기술 전망이 리뷰되고 있다. 예를 들어, 환원 반응에서 발생한 배기 가스 중의  $\text{CO}_2$  를 분리하고, 격리 저장하여, 외부로의  $\text{CO}_2$  의 배출량을 삭감하는 방법 (CCS : Caron dioxide Capture and Storage) 이 소개되어 있다. 또, 다른 방법에서는 배기 가스 중의  $\text{CO}_2$  를 분리하여, 재이용한다 (CCU : Carbon dioxide Capture and Utilization) 기술이 알려져 있으며, 이 기술에서는, 배기 가스 중의  $\text{CO}_2$  를 사용하여  $\text{CH}_4$  를 합성하고, 합성된  $\text{CH}_4$  를 고로의 송풍구를 통해 불어넣고 제차 환원 반응에 사용하고 있다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

[0005] (비특허문헌 0001) 비특허문헌 1 : 아리아마 타츠로, 철강에 있어서의 이산화탄소 삭감 장기 목표 달성을 향한 기술 전망, 철과 강, Vol.105, 2019, No.6, pp.567-586

(비특허문헌 0002) 비특허문헌 2 : Materials Transactions, Vol.58, No.12(2017) pp.1742 to 1748 "Development of Manufacturing Principle of Porous Iron by Carbothermic Reduction of Composite of

Hematite and Biomass Char"

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 그러나, 상기 종래 기술에는 이하와 같은 문제가 있다. 즉, CCS 법의 채용은 CO<sub>2</sub> 배출량의 삭감에는 기여할 수 있다 하더라도, 프로세스 자체에 에너지를 소비하는 데다 계 외로 C 원(源)을 이동시키는 문제나 저장 능력의 문제가 있다. 또, CO<sub>2</sub>에서 CH<sub>4</sub>를 합성하고, 당해 CH<sub>4</sub>를 고로의 송풍구를 통해 불어넣은 경우에는 송풍구에 CH<sub>4</sub>를 불어넣는 라인이 필요해진다는 과제가 있었다.

[0007] 본 발명은, 이와 같은 사정을 감안하여 이루어진 것으로, C 원을 프로세스 내에서 순환시킴과 함께 회수한 C 원을 탄재 내장 피성광으로서 샤프트로의 노 입구를 통해 장입하여 용선을 제조할 수 있는 용선의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 상기 과제를 유리하게 해결하는 본 발명에 관련된 용선의 제조 방법은, 철 함유 원료와 카본 함유 원료로부터 탄재 내장 피성광을 제조하는 제 1 공정과, 상기 탄재 내장 피성광에 산소 함유 가스를 불어넣고 환원 및 용융시켜, 용선을 제조하는 제 2 공정과, 상기 환원에 의해 부생되는 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 탄소 함유 가스를 다공질 재료에 접촉시켜 탄소를 회수하는 제 3 공정을 갖고, 상기 제 1 공정에서는 상기 제 3 공정에서 회수한 탄소를 상기 카본 함유 원료의 일부 또는 전부에 사용하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명에 관련된 용선의 제조 방법은,

[0010] (a) 상기 제 2 공정 대신에, 상기 탄재 내장 피성광에 1160 ~ 1450 °C 로 가열하여 환원 및 용융시킨 후에 냉각시킴으로써 환원 철을 얻는 환원 공정과, 상기 환원 철을 용융시킴으로써 용선을 제조하는 용융 공정을 갖는 것,

[0011] (b) 상기 제 3 공정에 있어서, 상기 탄소 함유 가스는, 용철의 정련 공정에서 부생되는 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 가스를 추가로 포함하는 것,

[0012] (c) 상기 제 3 공정에 있어서의 상기 다공질 재료에 접촉시키기 전에, 상기 탄소 함유 가스에 수소를 공급하고, 800 ~ 1200 °C 로 가열하여 상기 탄소 함유 가스에 포함되는 이산화탄소를 일산화탄소로 하는 것,

[0013] (d) 상기 제 3 공정에 있어서의 상기 가열 후이며 상기 다공질 재료에 접촉시키기 전에, 상기 탄소 함유 가스에 포함되는 물을 제거하는 것,

[0014] (e) 하기 식 (1) (식 중에서, [H<sub>2</sub>O] 는, 개질 후의 혼합 가스에 포함되는 수분 농도 (체적%) 를 표시하고, [H<sub>2</sub>] 는, 개질 후의 혼합 가스에 포함되는 수소 농도 (체적%) 를 표시한다.) 을 만족하도록 상기 탄소 함유 가스에 포함되는 수분과 상기 탄소 함유 가스의 개질 반응에 의해 발생하는 수분이 제거되는 것,

[0015] (f) 상기 제 3 공정에 있어서, 상기 다공질 재료는 철이고, 회수되는 탄소의 일부는 탄화 철인 것,

[0016] (g) 상기 카본 함유 원료의 입경은 100 μm 이하인 것,

[0017] (h) 상기 제 1 공정에 있어서, 상기 카본 함유 원료는 추가로 바이오매스를 포함하는 것,

[0018] (i) 상기 철 함유 원료가 철광석이고, 상기 제 1 공정 전에 그 철광석을, 300 °C 이상 1000 °C 이하에서 열처리하는 전처리 공정을 추가로 갖는 것,

[0019] 등이 보다 바람직한 해결 수단이 될 수 있다.

**수학식 1**

$$[H_2O] / ([H_2O] + [H_2]) < 0.1 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

[0020]

**발명의 효과**

[0021]

본 발명에 따르면, 회수한 탄소를 사용한 탄재 내장 피성광을 샤프트로의 노 입구를 통해 장입하여 용선을 제조할 수 있으므로, 샤프트로의 개조를 행하지 않고, 회수한 탄소를 프로세스 내에서 순환시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0022]

도 1 은 본 발명에 관련된 용선의 제조 방법의 일례를 나타내는 모식도이다.

도 2 는 본 발명의 제 1 공정에 관련된 탄재 내장 피성광의 제조 프로세스의 일례를 나타내는 모식도이다.

도 3 은 본 발명의 제 2 공정에 관련된 향류 환원층을 사용한 설비의 일례를 나타내는 모식도이다.

도 4(a) 는 본 발명의 제 3 공정에 관련된 탄화 설비의 일례를 나타내는 모식도이고, 도 4(b) 는 그 탄화 설비에서 사용되는 다공질 재료의 확대 사진이다.

도 5 는 철광석의 피환원성에 미치는 탄소종의 영향을 나타내는 그래프이다.

도 6(a) 는 본 발명에서 사용하는 회수한 탄소의 SEM 사진 이미지이고, 도 6(b) 는 도 6(a) 의 파선부의 확대 사진 이미지이다.

도 7 은 비교예에서 사용하는 카본 블랙의 SEM 사진 이미지이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0023]

이하, 도면에 기초하여 본 실시형태에 관련된 용선의 제조 방법에 대해서 설명한다. 이하의 실시형태는, 본 발명의 기술적 사상을 구체화하기 위한 장치나 방법을 예시하는 것으로, 그것들의 구성을 하기의 것에 한정하는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 기술적 사상은, 특허 청구 범위에 기재된 기술적 범위 내에서 여러 가지 변경을 부가할 수 있다.

[0024]

도 1 은, 본 실시형태에 관련된 용선의 제조 방법의 일례를 나타내는 모식도이다. 도 2 는 탄재 내장 피성광의 제조 프로세스의 일례를 나타내는 모식도이다. 도 3 은 향류 환원층을 사용한 설비의 일례를 나타내는 모식도이다. 본 실시형태에서는, 용선 (36) 은 탄재 내장 피성광 (26) 에 포함되는 철 함유 원료 (4) 를 향류 환원층에 있어서 환원하여 제조된다. 용선 (36) 의 제조에는, 예를 들어 수직형 샤프트로를 사용하는 것이 바람직하다. 이하의 실시형태에서는, 수직형 샤프트로로서 고로 (32) 를 사용한 예에서 본 발명에 관련된 용선의 제조 방법을 설명한다. 또한, 지금까지 코크스를 사용하지 않고 용선을 제조하는 수직형 샤프트로는 존재하지 않는다.

[0025]

제 1 공정에서는, 철 함유 원료 (4) 와 카본 함유 원료 (6) 를 혼합하여, 탄재 내장 피성광 (26) 을 제조한다. 철 함유 원료 (4) 로서는, 분쇄된 철광석이 주이며, 제철소 내에서 발생하는 더스트 등이 포함되어 있어도 된다. 제 2 공정에서는, 얻어진 탄재 내장 피성광 (26) 을 고로 (32) 에 장입하고, 노 내에 송풍 가스 (34) 를 불어넣고, 환원 반응을 진행시켜 용선 (36) 을 제조한다. 제 3 공정에서는, 제 2 공정의 환원 반응에 의해 부생되는 배기 가스 (38) 를 회수하고, 배기 가스 (38) 에 포함되는 일산화탄소를 다공질 재료에 접촉시켜 고체 탄소의 석출, 회수 처리를 실시한다. 처리되는 배기 가스 (38) 에는, 용철의 정련 처리에 의해 부생되는 배기 가스 (40) 가 포함되어 있는 것이 바람직하다.

[0026]

제 1 공정에서 사용하는 카본 함유 원료 (6) 의 일부 또는 전부는, 제 3 공정에서 회수되는 고체 탄소이다. 또한, 회수된 고체 탄소만으로는 탄소량이 부족한 경우에는, 부족분을 바이오매스 등의 탄소원으로 보충해 되고, 이 경우에는, 카본 함유 원료 (6) 에는 바이오매스 등의 탄소원을 포함한다. 또한 입径이 100 μm 이하인 것이 바람직하다. 제 1 공정에서 사용하는 철 함유 원료 (4) 가 분쇄된 철광석이고, 결정수 (水) 를 많이 포함하는 경우에는, 제 1 공정 전에 300 °C 이상 1000 °C 이하의 범위에서 열 처리하는 열처리 공정을 실시하는 것이 바람직하다.

[0027] 이하, 각 공정을 상세하게 설명한다.

[0028] [제 1 공정]

[0029] 제 1 공정은, 철 함유 원료와 카본 함유 원료를 혼합하여, 탄재 내장 괴성광을 제조하는 공정이다. 도 2 에 나타내는 예에 있어서, 먼저, 저장조 (2) 에 저장된 철 함유 원료 (4) 및 배기 가스 (38) 에 포함되는 일산화탄소로부터 회수된 고체 탄소를 포함하는 카본 함유 원료 (6) 와, 저장조 (8) 에 저장된 시멘트 가루 (10) 가, 각각의 저장조 (2, 8) 로부터 반송기 (12) 로 소정량 잘려서 보내진다. 철 함유 원료 (4), 카본 함유 원료 (6) 및 시멘트 가루 (10) 는, 반송기 (12) 에 의해 혼련기 (14) 에 반송된다. 반송된 철 함유 원료 (4), 카본 함유 원료 (6) 및 시멘트 가루 (10) 는, 적당량의 물 (16) 과 함께 혼련기 (14) 의 내부에서 혼합되어 혼합 가루 (20) 가 된다. 그 후, 혼합 가루 (20) 는 반송기 (22) 에 의해 조립기 (24) 에 반송되고, 적당량의 물 (16) 과 함께 조립기 (24) 의 내부에서 조립되어, 탄재 내장 괴성광 (26) 이 된다.

[0030] 제 1 공정에 있어서, 얻어진 탄재 내장 괴성광 (26) 의 카본량이 목표로 하는 탄소 질량 비율에 도달하지 못하는 경우에는, 카본 함유 원료 (6) 에 바이오매스 등을 포함시켜, 목표로 하는 탄소 질량 비율로 하는 것이 바람직하다. 또, 탄재 내장 괴성광 (26) 은, 카본의 연소, 가스화를 피할 필요가 있기 때문에, 냉간에서 성형되는 것이 바람직하다. 냉간에서 성형하는 방법으로는, 예를 들어, 시멘트계의 고화제 등을 배합한 후, 펠릿 타이저나 드럼 믹서로 조립하는 방법, 혹은 브리켓 머신 등에 의해 압축 성형하는 방법을 들 수 있다. 또한 환원 후의 강도 유지를 위해, 탄재 내장 괴성광의 1 입자의 탄소 질량 비율은 15 질량% 이하로 하는 것이 바람직하다. 여기서, 탄재 내장 괴성광의 1 입자의 탄소 질량 비율이 15 질량% 를 초과하면, 오토그래프 (1 mm/min) 로 측정되는 조립물의 압괴 강도가 임계값 (2.5 MPa) 을 하회하게 되므로, 바람직하지 않다.

[0031] [제 2 공정]

[0032] 제 2 공정은, 향류 환원층을 사용하여, 제 1 공정에서 제조된 탄재 내장 괴성광 (26) 에 포함되는 철 함유 원료 (4) 를 환원 및 용융시켜 용선을 제조하는 프로세스이다. 도 3 에 나타내는 예에 있어서, 상기 서술한 탄재 내장 괴성광의 제조 방법으로 제조된 탄재 내장 괴성광 (26) 과 기타 원료 (28) 를 포함하는 철 함유 괴상 원료 (30) 를, 고로 (32) 의 노 입구를 통해 장입하고, 하방에서부터 환원 가스를 상방을 향해 흐르게 한다. 그렇게 함으로써, 환원 가스에 대해 철 함유 괴상 원료 (30) 을 향류 이동층으로서 환원 및 용융시켜 용선 (36) 을 제조할 수 있다. 고로 (32) 내에 송풍 가스 (34) 로서 산소 함유 가스를 불어넣고, 노 내의 탄소원과 산소의 반응에 의해 생성된 일산화탄소 가스에 의한 간접 환원, 및 철 함유 원료 (4) 에 근접 배치된 고체 탄소원에 의한 직접 환원이 진행된다. 또한, 송풍 가스 (34) 에는 수소가 포함되어 있어도 되고, 수소가 포함되어 있는 경우에는 수소에 의한 철 함유 원료 (4) 의 직접 환원이 진행된다. 수소를 불어넣는 경우, 수소는 재생 가능 에너지 유래인 것이 바람직하다. 이와 같이 본 실시형태에 관련된 용선의 제조 방법에서는, 배기 가스 (38) 에서 회수한 탄소를 사용한 탄재 내장 괴성광을 고로 (32) 의 노 입구를 통해 장입하여 용선을 제조할 수 있으므로, 고로 (32) 의 개조를 행하지 않고, 종래의 고로 (32) 를 그대로 사용할 수 있다.

[0033] [제 3 공정]

[0034] 제 3 공정은, 제 2 공정의 환원 반응에 의해 부생되는 배기 가스 등으로부터 고체 탄소를 석출시켜 회수하는 공정이다. 환원 반응에 의해 부생되는 배기 가스 (38) 나, 용철의 정련 처리에 의해 부생되는 배기 가스 (40) 에는 일산화탄소, 이산화탄소, 수소, 물이 포함되지만, 본 실시형태에 관련된 용선의 제조 방법에 있어서, 배기 가스 (38, 40) 는 적어도 일산화탄소, 이산화탄소를 포함하고 있으면 된다. 본 실시형태의 제 3 공정에서는, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 이 배기 가스 (38, 40) 를 탄화 설비 (100), 가스 개질로 (110) 및 수분 제거 장치 (120) 에서 처리한다. 배기 가스로서, 상기 이외에 자동차, 가스 터빈, 소각로, 화력 발전소, 공장에서 배출되는 배기 가스를 사용해도 된다. 또, 배기 가스 중에 존재하는 각 가스 성분의 체적 비율은, 배기 가스의 원료인 연료의 연소 조건에 따라 조절할 수 있다. 예를 들어, 배기 가스가 고로 가스인 경우에는, 고로 가스는, 일산화탄소 가스를 21 ~ 23 체적%, 이산화탄소 가스를 19 ~ 22 체적%, 수소를 2 ~ 3 체적%, 질소 가스 53 ~ 56 체적% 의 체적 비율로 되어 있기 때문에 바람직하다. 또한, 이러한 고로 가스는, 고로에 투입된 코크스 및 중유, 미분탄이 공기에 의해 부분 연소되어, 일산화탄소와 질소를 주성분으로 하는 환원성 가스가 되고, 이것이 철광석을 환원하여 발생한 것이다.

[0035] <가스 개질 공정>

[0036] 본 실시형태에서 사용하는 배기 가스 (38, 40) 는, 일산화탄소, 이산화탄소, 수소, 물을 포함한다. 배기 가스 (38, 40) 는 가스 개질로 (110) 에 충전된다. 다음으로, 가스 개질로 (110) 에 수소 공급부에서 공급되

는 수소 가스를 첨가하여, 혼합 가스로 한다. 그 후, 혼합 가스가 충전된 가스 개질로 (110) 의 계 내를 800 ~ 1200 °C 로 가열한다. 상기 온도 범위 내에 있어서, 가스 개질로의 계 내를 가열하면, 가스 개질로의 계 내에 존재하고 있는 혼합 가스 중의 이산화탄소는, 이하의 화학 반응식 (I) 에 따라서, 수소와 수성 가스 시프트 반응을 하여, 일산화탄소와 물을 생성한다.

[0037] [화학식 1]



[0038] 이산화탄소와 수소에 의한 수성 가스 시프트 반응은, 가역 반응이며, 그 반응 온도가 500 °C 를 초과하는 영역에서는, 수성 가스 시프트 반응의 화학 평형이 일산화탄소의 생성 방향으로 치우친다. 따라서, 본 실시형태의 용선의 제조 방법에 있어서, 가스 개질로 (110) 의 계 내의 온도를 800 ~ 1200 °C 로 설정함으로써, 효율적으로 이산화탄소를, 일산화탄소로 전화 (轉化) 하여, 고체 탄소의 원료가 되는 일산화탄소를 생성할 수 있다.

[0039] 즉, 가스 개질 공정에 있어서, 가스 개질로 (110) 의 계 내의 온도를 800 ~ 1200 °C 로 설정함으로써, 효율적으로 혼합 가스를 개질할 수 있다.

[0040] 가스 개질로 (110) 의 계 내에 있어서 진행되는 수성 가스 시프트 반응은, 혼합 가스에 포함되는 이산화탄소와, 혼합 가스에 포함되는 수소 및 수소 공급부에서 공급된 수소 가스 중의 수소의 반응이다. 여기서, 상기 혼합 가스 (질소 가스나 불활성 가스를 제외한 가스 조성을 기준으로 한다) 중에 포함되는 수소 농도가 58 체적% 이상이 되도록 수소 공급부에서 수소를 공급하는 것이 바람직하다. 혼합 가스 중에 포함되는 수소 농도가 58 체적% 이상이면, 수성 가스 시프트 반응에 있어서 일산화탄소의 비율을 높이면서, 이후의 탄소 분리 공정에 있어서 고체 탄소를 회수할 수 있기 때문에 바람직하다. 상기 혼합 가스 중에 포함되는 수소 농도가 58 체적% 이상인 것은, 800 ~ 1200 °C 의 온도 범위에서의 수성 가스 시프트 반응에 있어서, 일산화탄소 가스가 증가하는 조건을 감안하여 정하고 있다. 일산화탄소 가스가 증가하는 조건은, 수성 가스 시프트 반응의 온도와 평형 정수의 관계에서 결정할 수 있다. 또한, 혼합 가스 중의 수소 농도의 상한은 100 체적% 미만이어도 되고, 혼합 가스 중의 수소 농도의 상한은 이산화탄소 농도에 따라 정하면 된다.

[0041] 또, 가스 개질로 (110) 의 외부에 설치된 수소 공급부에서 공급되는 수소 가스는, 재생 가능 에너지 유래의 수소 가스를 사용하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 이산화탄소의 배출량을 더욱 억제할 수 있기 때문에 바람직하다. 또한, 수소 공급부에서 공급되는 수소 가스의 공급량은, 배기 가스 (38, 40) 에 포함되어 있는 수소의 양을 감안하여 설정할 수 있다.

[0042] <탄소 함유 가스로부터 수분을 제거하는 공정>

[0043] 혼합 가스의 수성 가스 시프트 반응 후에 있어서의 개질 가스는, 수분 제거 장치 (120) 에 공급된다. 개질 가스에는, 수성 가스 시프트 반응에 의해 발생하는 수분 (수증기) 이 포함된다. 이 개질 가스에 포함되는 수분은, 수분 제거 장치 (120) 를 통과함으로써 제거된다. 수분의 제거는, 수분 제거 장치 (120) 가 구비하고 있는 흡착제 충전층에 수분을 포함한 개질 가스를 통기시키는 방법, 개질 가스를 분리막에 통기시키는 방법 등에 의해 실시할 수 있다. 개질 가스는, 하기 식 (1) 의 관계를 만족하도록 개질 가스에 포함되는 수분이 제거되어 있는 것이 바람직하다. 개질 가스로부터 식 (1) 의 관계를 만족하도록 수분을 제거함으로써, 탄소 회수 공정에 있어서의 탄소 회수 효율이 높아진다. 하기 식 (1) 에 있어서, [H<sub>2</sub>O] 는, 개질 가스 중의 수분 농도 (체적%) 를 표시하고, [H<sub>2</sub>] 는, 개질 가스 중의 수소 농도 (체적%) 를 표시한다.

## 수학식 2

$$[H_2O] / ([H_2O] + [H_2]) < 0.1 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (1)$$

[0044] 개질 가스 중의 수분 제거에는, 상기 서술한 바와 같이 흡착제나 분리막을 사용할 수 있다. 흡착제로서는, 실리카, 제올라이트, 알루미늄이나 등의 산화물이나, 염화칼슘, 황산마그네슘 등을 사용할 수 있다. 가스 중의 수분 분리막으로서 탄소막, 수지막, 무기막을 들 수 있다. 이들 막은 서브 나노미터 직경의 구멍을 갖는다. 가스 중의 수분은, 수분 제거 장치 (120) 에 의해 상온 액체의 물로서 회수된다.

[0046] 수분이 제거된 제습 가스는, 고체 탄소의 원료가 된다. 이하의 화학 반응식 (II) ~ (III) 으로 나타내는 2 분자의 일산화탄소의 분해에 의한 2 분자 분해 반응 (II), 또는 1 분자의 일산화탄소가 수소와 반응하는 것에 따른 1 분자 분해 반응 (III) 에 의해, 탄화 설비 (100) 에 있어서, 일산화탄소로부터 고체 탄소가 분리된다.

[0047] [화학식 2]



[0048]

[0049] [화학식 3]



[0050]

[0051] 제습 가스에 포함되는 일산화탄소는, CO/(CO+CO<sub>2</sub>) 가 0.5 이상인 것이 바람직하고, 0.7 이상인 것이 보다 바람직하다. 이에 따라, 일산화탄소에서 고체 탄소를 효율적으로 회수할 수 있다.

[0052] 제습 가스는, 소정의 공급 속도로 다공질 재료를 구비하고 있는 탄화 설비 (100) 의 탄소 분리부에 공급된다.

[0053] <탄소 함유 가스를 다공질 재료에 접촉시켜, 고체 탄소를 분리하는 공정 >

[0054] 제습 가스로부터의 탄소 회수 방법은, 제습 가스를 다공질 재료에 접촉시켜, 고체 탄소를 분리하는 공정을 포함한다. 제습 가스의 다공질 재료에 대한 접촉과, 제습 가스로부터의 탄소의 분리는, 탄화 설비 (100) 의 탄소 분리부의 계 내에 있어서 실시된다. 탄화 설비 (100) 의 탄소 분리부의 계 내에는, 도 4 에 예시된 바와 같이 다공질 재료 (102) 가 충전된 충전층이 형성되어 있다.

[0055] 도 1 에 나타낸 바와 같이 제습 가스에 포함되는 일산화탄소를 구성하는 탄소는, 탄화 설비 (100) 의 계 내에 있어서 일산화탄소 가스에서 분리된다. 제습 가스에 포함되는 일산화탄소는, 상기 화학 반응식 (II) ~ (III) 으로 나타내는 일산화탄소의 2 분자 분해 반응 (II), 또는 일산화탄소의 1 분자 분해 반응 (III) 에 의해, 일산화탄소에서 고체 탄소로서 분리된다. 일산화탄소에서 분리된 고체 탄소는, 다공질 재료 (102) 의 표면에 흡착되어 석출된다. 제습 가스와 다공질 재료 (102) 가 접촉하여, 탄소가 분리된 오프 가스는, 탄화 설비 (100) 로부터 배출된다. 오프 가스에는 이산화탄소가 포함되므로, 오프 가스의 일부 또는 전부는 혼합 가스에 혼합되는 것이 바람직하다.

[0056] 제습 가스를 다공질 재료 (102) 에 접촉시켜, 고체 탄소를 분리하는 공정에 있어서, 제습 가스와 다공질 재료 (102) 의 접촉은, 500 ~ 800 °C 이하의 분위기 하에서 실시하는 것이 바람직하다. 개질 가스와 다공질 재료 (102) 를 접촉시키는 온도가 500 °C 이상이면, 일산화탄소의 분해 반응이 촉진되기 때문에 바람직하고, 800 °C 이하이면, 일산화탄소의 분해 반응에 의해 발생하는 열에너지를 유효하게 활용할 수 있기 때문에 바람직하다. 개질 가스와 다공질 재료 (102) 를 접촉시키는 온도에는, 직접 환원 제철 반응에 채용되는 온도 조건인 500 ~ 800 °C 가 포함된다. 또한, 제습 가스와 다공질 재료의 접촉은, 탄소 분리부의 계 내에 구비된 다공질 재료 (102) 의 충전층에 대해 제습 가스를 통기시키면 된다. 이에 따라, 상기 화학 반응식으로 나타내는 일산화탄소의 분해 반응이 진행된다. 일산화탄소의 분해 반응이 진행됨으로써, 일산화탄소를 구성하는 고체 탄소가 다공질 재료 (102) 의 표면으로 석출된다. 또, 철의 다공질 재료를 사용한 경우에는, 표면으로 석출된 고체 탄소의 일부 또는 전부가 침탄되어, 탄화 철이 생성된다.

[0057] 제습 가스를 다공질 재료 (102) 에 접촉시켜, 고체 탄소를 분리하는 공정에 있어서, 제습 가스와 다공질 재료 (102) 의 접촉은, 제습 가스의 압력이 1.0 ~ 10 atm 인 분위기 하에서 실시하는 것이 바람직하다. 제습 가스와 다공질 재료 (102) 를 접촉시키는 압력이 1.0 atm 이상이면, 가압 조건이 되어, 상기 일산화탄소의 분해 반응의 평형이 우측 방향으로 이동하여 일산화탄소의 분해 반응이 촉진되기 때문에 바람직하고, 10 atm 이하이면, 법 규제의 관점에서 탄화 설비 (100) 의 탄소 분리부의 안전성을 확보할 수 있기 때문에 바람직하다.

[0058] 제습 가스를 접촉시키는 다공질 재료 (102) 는, 아르키메데스법에 의해 측정되는 개방 기공률이 50 ~ 99 % 인 것이 바람직하고, 80 ~ 95 % 인 것이 더욱 바람직하다. 다공질 재료의 개방 기공률이 50 % 이상이면, 제습 가스가 다공질 재료의 세공 (포러스) 을 통과하여 일산화탄소의 분해 반응이 촉진됨과 함께 분해된 탄소를 흡착할 수 있기 때문에 바람직하다. 한편, 다공질 재료 (102) 의 개방 기공률이 99 % 이하이면, 다공질 재료 (102) 에 공급되는 제습 가스에 의한 내열 충격성을 유지할 수 있기 때문에 바람직하다. 다공질 재료 (102) 가 갖고 있는 세공 (포러스) 의 크기는, 그 직경이 10 μm 이상인 것이 바람직하다. 또한, 다공질 재

료 (102) 의 개방 기공률은, 아르키메데스법에 의해 측정되고, 구체적으로는, 일본 공업 규격 (JIS R2205 ; 1992) 에 정해져 있는 측정 방법에 의해 측정된 값을 다공질 재료의 개방 기공률로서 사용할 수 있다.

[0059] 제습 가스를 접촉시키는 다공질 재료 (102) 는, 철, 백금, 니켈, 코발트, 로듐 및 팔라듐에서 선택되는 적어도 1 종을 포함하는 것이 바람직하다. 즉, 다공질 재료는, 철, 백금, 니켈, 코발트, 로듐 및 팔라듐에서 선택되는 1 종류의 금속 원소로 구성되어 있어도 되고, 2 종류 이상의 금속 원소를 조합하여 구성되어 있어도 된다.

또한, 다공질 재료는, 철, 백금, 니켈, 코발트, 로듐 및 팔라듐에서 선택되는 1 종류의 금속 원소를 탄화물, 산화물, 탄산염, 황산염 등으로서 포함하고 있는 금속 화합물이어도 된다.

[0060] 제습 가스를 접촉시키는 다공질 재료 (102) 로서 채용되는 이들 금속 중에서도, 철, 백금, 니켈이 바람직하다. 다공질 재료로서 백금, 니켈을 사용한 경우에는, 당해 백금, 니켈이 일산화탄소의 분해 반응 촉매로서 작용함과 함께, 촉매로서의 열화가 적기 때문에 바람직하다. 또, 다공질 재료 (102) 로서 백금, 니켈을 사용한 경우에는, 일산화탄소의 분해 반응에 의해 생성된 고체 탄소가 그래파이트 단체 (單體) 로서 석출되기 때문에 바람직하다.

[0061] 제습 가스를 접촉시키는 다공질 재료 (102) 는, 철인 것이 보다 바람직하다. 다공질 재료 (102) 로서 철을 사용함으로써, 일산화탄소의 분해 반응에 의해 생성된 탄소가 다공질 재료 (102) 에 침탄되어, 당해 탄소를 고용 (固溶) 하는 오스테나이트 ( $\gamma$  철) 를 얻을 수 있으므로 바람직하다. 또, 다공질 재료 (102) 로서 철을 사용함으로써, 일산화탄소의 분해 반응에 의해 생성된 탄소가 다공질 재료 (102) 에 침탄되어, 당해 탄소와 철이 반응함으로써 시멘타이트 (탄화 철 ( $Fe_3C$ )) 를 얻을 수 있으므로 바람직하다. 일산화탄소의 분해 반응에 의해 생성된 탄소가 다공질 재료 (102) 에 침탄됨으로써 생성되는 오스테나이트 및 시멘타이트는, 쿨링 강과 동일 정도의 경도를 갖고 있으며, 그대로 제철 원료로서 사용할 수 있다. 또한, 제습 가스를 접촉시키는 다공질 재료 (102) 는, 산화 철 및 환원 철에서 선택되는 1 종 또는 2 종의 철인 것이 바람직하다.

[0062] 제습 가스를 접촉시키는 다공질 재료 (102) 는, 철 위스커인 것이 특히 바람직하다. 철 위스커는, 결정 표면에서 그 외측으로 향하여 수염 형상으로 성장한 결정이다. 철 위스커는, 그 결정의 표면 부근에 압축 응력이 발생하면, 그 응력을 완화시키고자 하여 새로운 결정이 원래 결정의 외측으로 향하여 성장해서 형성된다. 철 위스커는, 결정 성장의 기점이 작고, 연속적으로 계속 성장하는 경향을 가지고 있다. 그래서, 철 위스커는, 매우 가늘고 긴 수염 형상의 단결정으로서 형성되고, 1  $\mu m$  정도의 직경에 대해 1 mm 이상인 길이를 가지고 있다. 제습 가스를 접촉시키는 다공질 재료로서 철 위스커를 채용한 경우에는, 일산화탄소의 분해 반응에 의해 생성된 탄소가 철 위스커에 침탄되어, 오스테나이트로 구성되는 위스커 또는 시멘타이트로 구성되는 위스커를 얻을 수 있다.

[0063] 제습 가스를 접촉시키는 다공질 재료 (102) 인 철 위스커는, 예를 들어, 비특허문헌 2 에 기재된 철 위스커의 제조 방법에 의해 제조할 수 있다. 이 철 위스커의 제조 방법에 따르면, 다공질 재료의 개방 기공률이 90 % 이상이고, 세공의 직경이 10  $\mu m$  이상인 철 위스커를 얻을 수 있다. 이 철 위스커의 제조 방법에 의해 얻어지는 철 위스커도 높은 개방 기공률을 갖고 있으므로, 탄소 회수 방법에 사용되는 다공질 재료 (102) 로서 바람직하게 사용할 수 있다. 또한, 제습 가스를 접촉시키는 다공질 재료 (102) 를 구성하는 금속으로서 철 이외의 금속을 채용한 경우이더라도, 마찬가지로 다공질 재료 (102) 를 제조할 수 있다.

[0064] <다공질 재료에 흡착되어 있는 탄소를 회수하는 공정>

[0065] 다공질 재료 (102) 에 흡착되어 있는 탄소의 회수는, 탄소 회수부 (130) 의 계 내에 있어서 실시된다. 여기서, 다공질 재료에 흡착되어 있는 탄소를 회수한다는 것은, 다공질 재료 (102) 의 표면으로 석출되어 있는 고체 탄소를 회수하는 것, 또는 다공질 재료의 내부에 침탄되어 있는 탄소를 다공질 재료에 포함되는 금속 원소와의 고용체 또는 탄화 금속 화합물로서 회수하는 것을 포함한다.

[0066] 제습 가스에 포함되는 일산화탄소의 분해 반응에 의해 분해된 탄소는, 다공질 재료 (102) 의 표면으로 석출된다. 또, 제습 가스에 포함되는 일산화탄소의 분해 반응에 의해 분해된 탄소는, 다공질 재료 (102) 의 내부에 침탄되고, 다공질 재료를 구성하는 금속 원소와 반응함으로써, 탄소 고용체 또는 탄화 금속 화합물을 형성한다. 또한, 제습 가스에 포함되는 일산화탄소의 분해 반응에 의해 분해된 탄소는, 탄소 고용체 또는 탄화 금속 화합물의 표면으로 석출된다.

[0067] 다공질 재료 (102) 의 표면으로 석출된 탄소의 회수는, 탄소를 포함하는 다공질 재료 (102) 를 চে망 등에 의한 분립체의 분리 조작에 의해 실시할 수 있다. 또, 다공질 재료 (102) 의 내부에 침탄된 후, 다공질 재료를 구성하는 금속 원소와 반응함으로써, 탄소 고용체 또는 탄화 금속 화합물이 된 탄소의 회수는, 당해 탄소 고용

체 또는 탄화 금속 화합물 자체를 그대로 회수함으로써 실시할 수 있다. 또한, 회수된 탄소를 제철 원료에 사용하는 경우, 다공질 재료 (102) 로서 철을 사용함으로써, 회수된 탄소를 다공질 재료 (102) 와 분리 조작하지 않고, 이것들을 통합하여 제철 원료에 사용할 수 있으므로 보다 바람직하다.

[0068] 이와 같이 본 실시형태에 관련된 제 3 공정에서는, 제습 가스에 포함되는 일산화탄소를 다공질 재료 (102) 에 접촉시킴으로써, 일산화탄소의 분해 반응을 촉진시켜, 고체 탄소를 분리하고, 당해 탄소를 고체 탄소, 또는 당해 탄소를 포함하는 탄소 고용체 또는 탄소 금속 화합물로서 회수할 수 있다. 그리고, 회수된 탄소를 사용한 탄재 내장 피성광을 원료로 하여 용선을 제조할 수 있으므로, 회수된 탄소를 프로세스 내에서 순환시킬 수 있고, 이에 따라, 계 외로의 CO<sub>2</sub> 배출량의 저감을 실현할 수 있다. 본 실시형태에 있어서의 배기 가스 (38, 40), 혼합 가스, 제습 가스는, 일산화탄소 및 이산화탄소를 포함하는 탄소 함유 가스의 예이다.

[0069] 또한, 본 실시형태에서는, 고로 (32) 를 사용하여 제 2 공정을 실시하는 예를 나타냈으나 이것에 한정되지 않는다. 예를 들어, 고로 (32) 대신에 회전로 바닥로를 사용하여 탄재 내장 피성광을 1160 ~ 1450 °C 로 가열하여 환원 및 용융시킨 후에 냉각시켜 환원 철을 얻는 환원 공정과, 당해 환원 철을, 예를 들어 전기로 등에서 용융시킴으로써 용선을 제조하는 용융 공정을 실시하여 용선을 제조해도 된다. 회전로 바닥로를 사용한 경우이더라도, 회수된 탄소를 사용한 탄재 내장 피성광이면, 기존의 회전로 바닥로를 그대로 사용할 수 있다.

[0070] 본 실시형태에 관련된 탄화 설비의 일례를 도 4(a) 에 나타낸다. 도 4(a) 에 예시된 바와 같이 탄화 설비 (100) 는, 탄소 함유 가스에 포함되는 일산화탄소로부터의 탄소 분리 반응이 일어나는 관 형상의 반응탑 (101) 과, 반응탑 (101) 의 하부로부터 탄소 함유 가스를 공급하기 위한 공급관 (104) 과, 반응탑의 내부에 형성된 다공질 재료 (102) 의 층과, 탄소 분리 반응 후에 발생하는 오프 가스를 배출하기 위한 배출 가스관 (105) 을 구비하고 있다. 반응탑 (101) 내부에는 석영관 (101a) 및 샘플 홀더 (101b) 를 구비하여 이루어진다. 탄화 설비 (100) 가 구비하고 있는 다공질 재료 (102) 로서는, 도 4(b) 에 나타내는, 개방 기공률이 97.7 % 인 철 위스커를 태블릿 형태로 성형한 것을 복수 개 사용하는 것이 바람직하다. 다공질 재료 (102) 는, 입상 (粒狀) 의 알루미늄아 불 (103) (입경 10 mm) 로 이루어지는 층 위에 설치된다. 또한, 다공질 재료 (102) 는, 비특허문헌 2 에 기재된 철 위스커의 제조 방법에 따라서 제조한 것이다.

[0071] 실시예

[0072] 도 4(a) 에 나타내는 장치에 의해 회수한 탄소가 철광석의 피환원성에 미치는 영향을 조사하였다. 사용한 철광석의 성분 조성을 표 1 에 나타낸다. 표 1 중의 T.Fe 는 전체 철량을 표시한다. 또, LOI 는, 1000 °C 에서 60 min 동안 가열했을 때의 강열 감량이고, 철광석의 경우에는 대부분이 결정수이다. 회수한 탄소는, 시멘타이트 및 고체 탄소로서 C : 38.35 질량%, 잔부가 Fe 였다. 또, 전체 탄소 중, 시멘타이트로서 존재하는 C 가 18.7 몰% 및 고체 탄소로서 존재하는 C 가 81.3 몰% 였다.

표 1

	성분 조성 [질량%]			LOI
	T.Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	질량%
철광석 A	57.16	5.51	2.54	10.13

[0073]

[0074] 철광석 A 및 회수한 탄소의 입경을 -105 μm 로 정렬하였다. -105 μm 란, 눈금 크기 105 μm 의 체의 체 아래를 표시한다. 시료는, 철광석 A 및 회수한 탄소의 칭량된 분말을 유발 내에서 유봉을 누르지 않고 3 분간 교반함으로써 혼합하였다. 혼합 시에 분말 입경을 바꾸지 않고 균일한 혼합 분말로 할 수 있었다. 시료는, 산화 철 중의 산소 몰량의 0.8 배의 탄소를 첨가하고, 추가로 산화 철이나 탄화 철 중의 철 몰량의 0.2 배의 탄소를 첨가하여 혼합하였다. 산화 철 중의 산소 몰량의 0.8 배의 탄소를 첨가함으로써, 탄소를 환원제 로서 사용하고, 산화 철이나 탄화 철 중의 철 몰량의 0.2 배의 탄소를 첨가함으로써, 금속 철에 대한 침탄의 효과를 목표로 하여, 탄소에 환원제와 침탄제의 2 가지 역할을 부여하였다.

[0075] 균일하게 혼합한 시료를 98 MPa 의 가압력으로 30 s 동안 프레스 성형하고, 직경 10 mm, 높이 10 mm 의 원통형으로 성형하였다. 성형 시료를 5 체적% N<sub>2</sub>-Ar 혼합 가스를 0.5 NL/min 의 유량으로 공급하는 분위기 중에서 10 °C/min 의 가열 속도로 1300 °C 까지 가열하였다. 발생하는 가스를 적외 분광 광도계로 가스 분석하여, 철광석의 환원율을 계산하였다. 결과를 도 5 에 나타낸다. 비교예로서 회수한 탄소로 바꾸고, 카본

블랙을 사용하여 동일한 시험을 실시한 결과를 도 5 에 병기하였다. 도 5 에서 알 수 있는 바와 같이, 회수한 탄소 (실선) 는, 카본 블랙 (파선) 에 비해서 철광석 A 의 피환원성을 향상시키고 있다.

[0076] 그 이유는 명확하지 않지만, 발명자들은, 탄소 함유 물질의 입경의 차이인 것으로 생각하고 있다. 회수된 탄소는 도 6(a) (b) 에 나타내는 바와 같이 수 nm 정도의 섬유상인 반면에, 카본 블랙은, 도 7 에 나타내는 바와 같이 입경이 수십  $\mu\text{m}$  정도의 입자였다. 이와 같이 일산화탄소에서 회수되는 고체 탄소는 매우 작아지므로, 당해 탄소를 탄재 내장 피성광에 사용함으로써, 철 함유 원료나 가스와의 접촉 면적이 커지고, 이에 따라, 피환원성이 높은 탄재 내장 피성광이 얻어진 것으로 생각된다.

[0077] 산업상 이용가능성

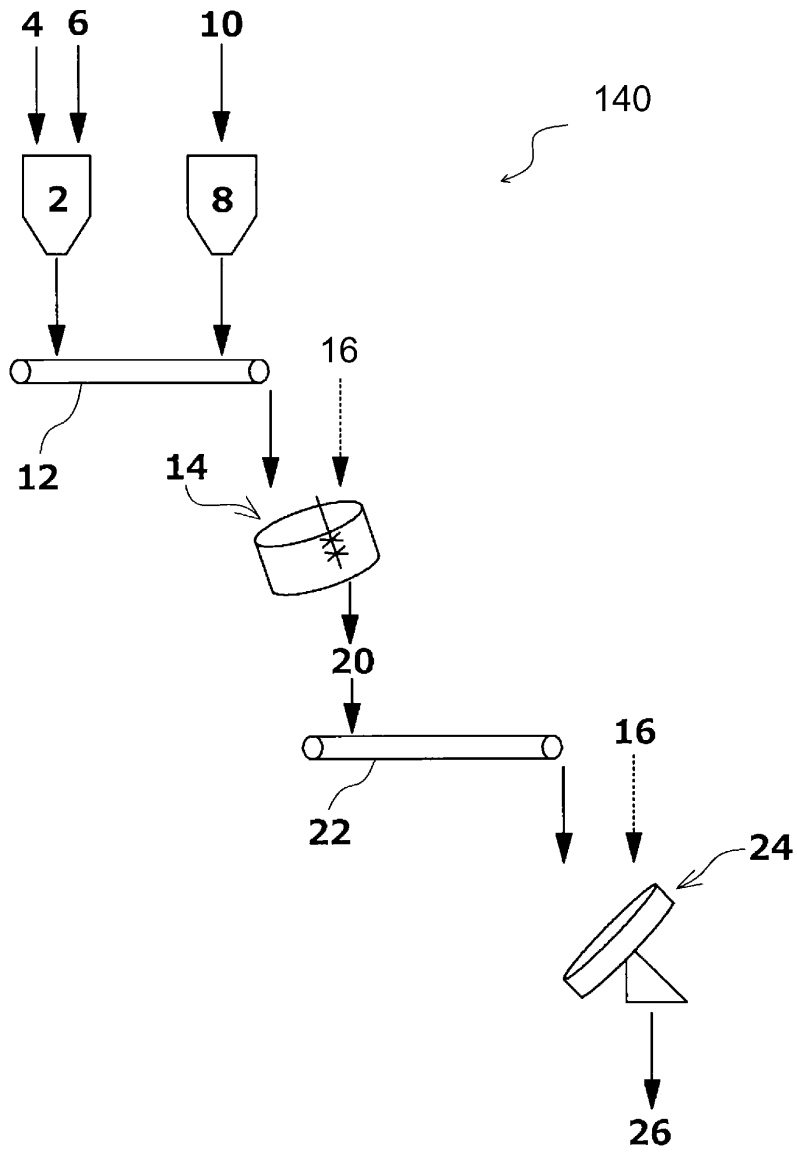
[0078] 본 발명에 관련된 용선의 제조 방법은, 계 외로의 CO<sub>2</sub> 배출량을 저감시킬 수 있는 효과에 추가하여, 배기 가스 중의 CO<sub>2</sub> 를 고체 카본으로서 회수하고, 철 함유 원료와 조합하여 탄재 내장 피성광으로 함으로써 피성광의 피환원성을 향상시킬 수 있고, 환원에 필요로 하는 탄소의 원단위를 저감시키는 것이 가능해져, 제철업에 있어서의 환경 부하 경감에 기여하여, 산업상 매우 유용하다.

### 부호의 설명

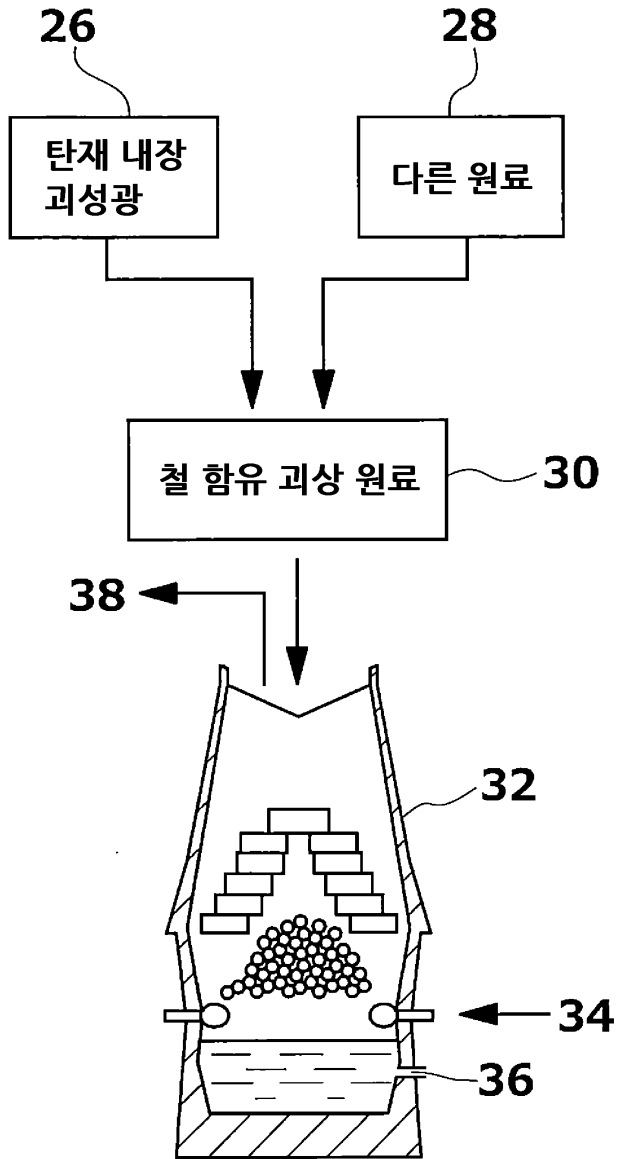
- [0079] 2, 8 : 저장조  
 4 : 철 함유 원료  
 6 : 카본 함유 원료 (고체 탄소 및/또는 탄화 철)  
 10 : 시멘트 가루  
 12, 22 : 반응기  
 14 : 혼련기  
 16 : 물  
 20 : 혼합 가루  
 24 : 조립기  
 26 : 탄재 내장 피성광  
 28 : 기타 원료  
 30 : 철 함유 피상 원료  
 32 : 고로  
 34 : 송풍 가스  
 36 : 용선  
 38 : 고로 배기 가스  
 40 : 정련 처리의 배기 가스  
 100 : 탄화 설비 (탄소 분리부)  
 101 : 반응탑  
 101a : 석영관  
 101b : 샘플 홀더  
 102 : 다공질 재료 (철 위스커)  
 103 : 알루미늄 불  
 104 : 공급관 (탄소 함유 가스용)



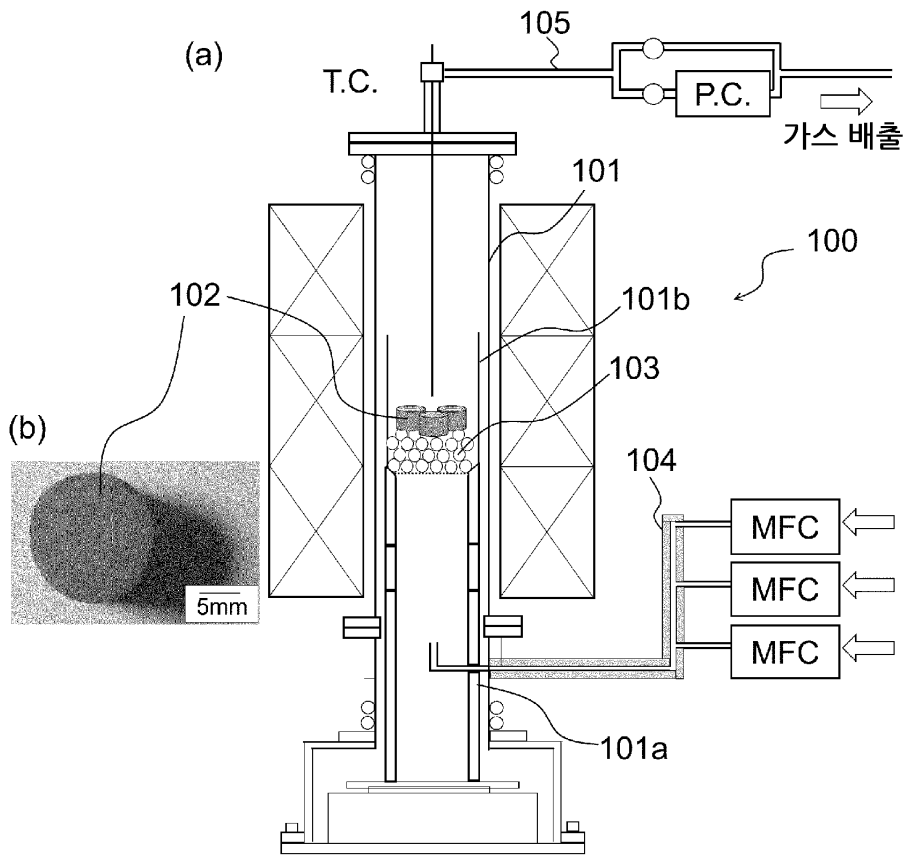
도면2



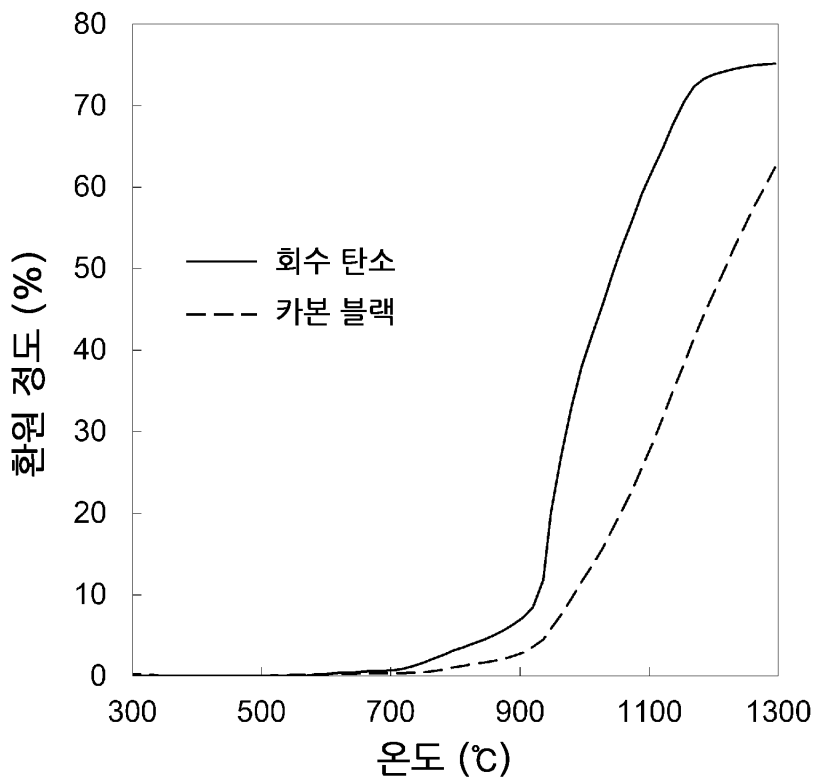
도면3



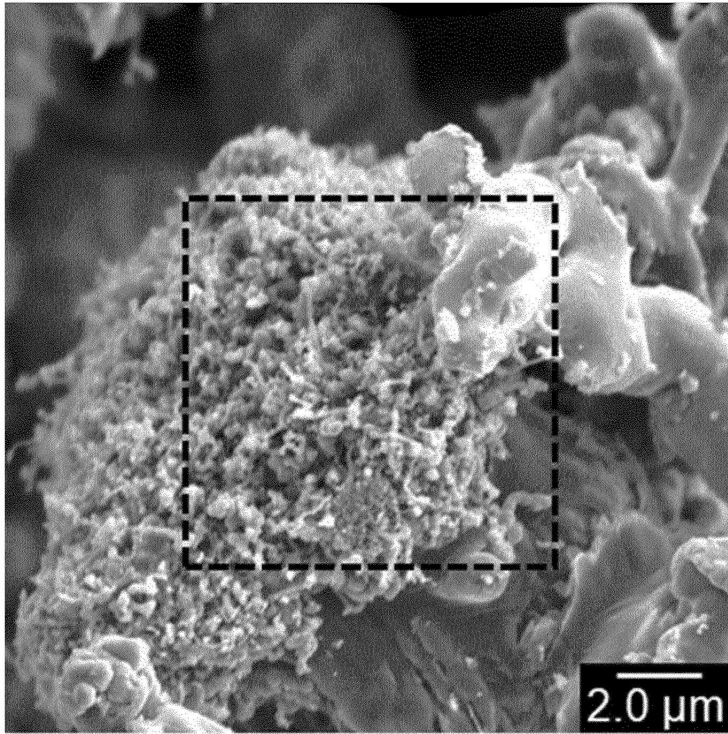
도면4



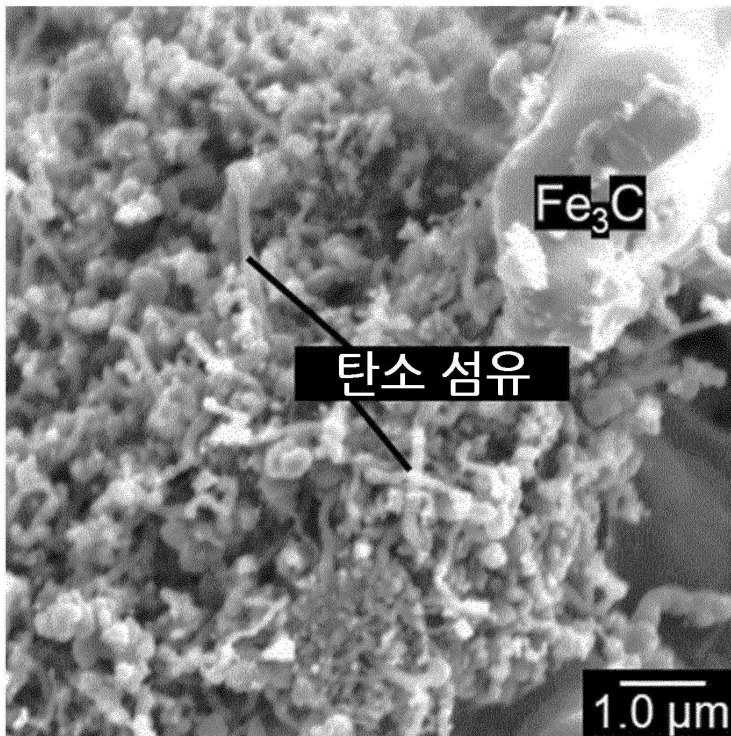
도면5



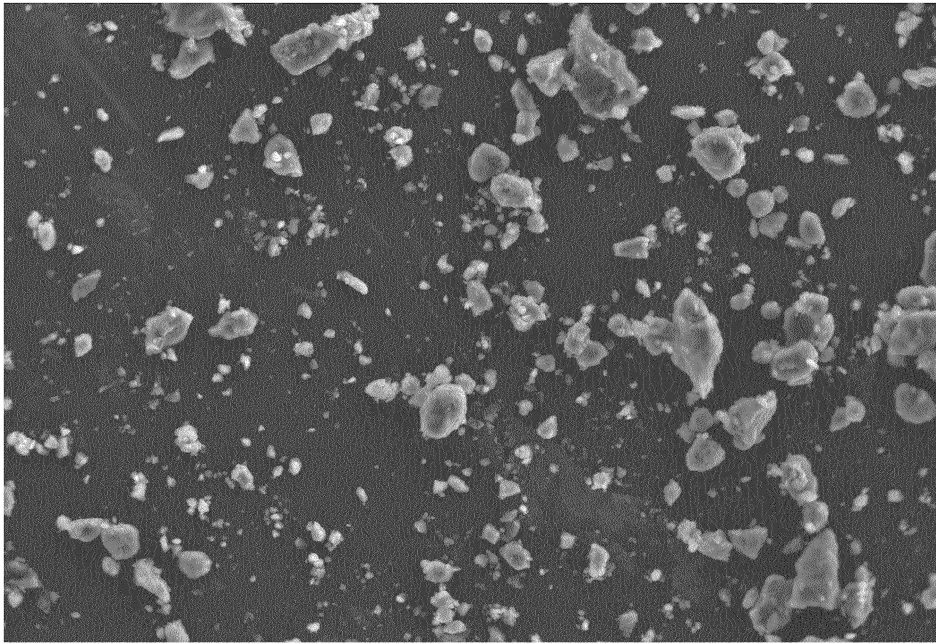
도면6a



도면6b



도면7



$\overline{100\mu\text{m}}$