



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년03월21일
(11) 등록번호 10-2512953
(24) 등록일자 2023년03월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 3/04 (2006.01) C01B 3/06 (2006.01)
C21B 13/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01B 3/045 (2013.01)
C01B 3/061 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0152650
(22) 출원일자 2020년11월16일
심사청구일자 2020년11월16일
(65) 공개번호 10-2022-0066527
(43) 공개일자 2022년05월24일
(56) 선행기술조사문헌
JP2017039631 A*
KR1020180129412 A
JP06354960 B1
JP06222132 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
손일
서울특별시 서대문구 통일로 397, 1동 1207호 (홍제동, 인왕산 한신희플러스)
서민석
경기도 수원시 영통구 영통로 460, 303동 703호 (영통동, 대우.동신아파트)
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

전체 청구항 수 : 총 11 항

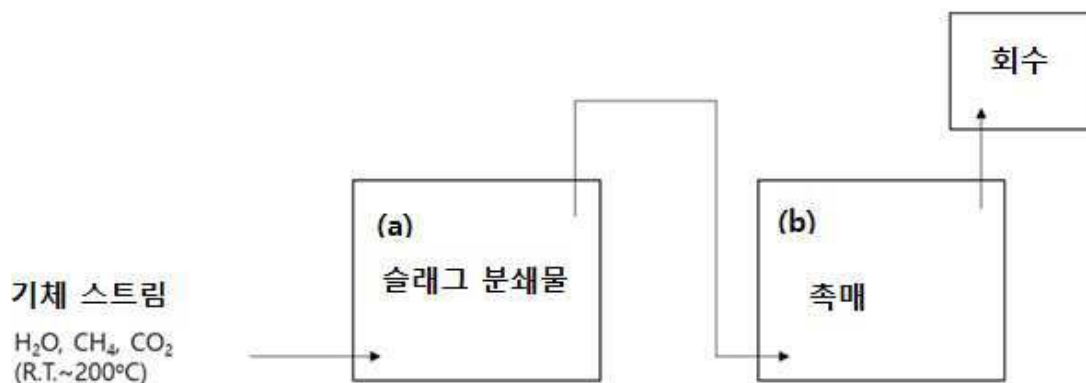
심사관 : 이수재

(54) 발명의 명칭 슬래그를 사용하여 수소를 생산하는 방법

(57) 요약

본 발명은 슬래그를 활용하여 수소를 생산하는 방법에 관한 것이다. 구체적으로 본 발명에 따르면, (a) 고상의 슬래그 분쇄물에 수증기를 포함하는 기체 스트림을 통과하는 단계, 및 (b) 상기 고상의 슬래그 분쇄물을 통과한 후 기체 스트림을 탄소계 촉매와 접촉시키는 단계를 포함하는 수소의 생산 방법이 제공된다. 본 발명에 따르면 취급 및 운반이 편리한 고상의 슬래그 분쇄물 및 석탄과 같은 탄소계 촉매를 사용하여 간편하고 대량으로 수소를 생산할 수 있으며, 제철 공정의 부산물인 슬래그, 특히, 시멘트로의 재활용마저 제한적인 제강 슬래그를 활용할 수 있기 때문에 자원의 재활용 측면에서 우수하다. 본 발명에 따라 제조된 수소 또는 수소와 일산화탄소를 포함하는 생산물 가스는 제철용 환원 가스, 수소 연료 전지용 수소 등 다양한 용도로 사용될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C21B 13/0073 (2013.01)
C01B 2203/0277 (2013.01)
C01B 2203/06 (2013.01)
C01B 2203/0805 (2013.01)
C01B 2203/1041 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711115154
과제번호	2018R1A2B2006609
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	고온산화물용체의 결정상 제어를 통한 유가금속과 에너지 회수 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 1,100 내지 1,400℃에서 고상의 슬래그 분쇄물에 수증기를 포함하는 기체 스트림을 통과하는 단계, 및
(b) 상기 고상의 슬래그 분쇄물을 통과하는 동안에 또는 통과한 후 기체 스트림을 탄소계 촉매와 접촉시키는 단계를 포함하고,

상기 (a) 단계에서,

상기 고상의 슬래그 분쇄물은 제철 공정에서 배출되는 용융 상태의 슬래그를 냉각한 후 분쇄하는 단계를 포함하는 방법에 의해 제조되고,

상기 제조된 고상의 슬래그 분쇄물은 1,100℃ 내지 1,400℃로 가열되는 단계를 포함하고,

상기 슬래그 분쇄물에 통과시키는 기체스트림은 수증기와 불활성 기체를 수증기 : 불활성 기체 부피비 = 0.8 : 1 내지 1 : 0.8로 더 포함하는 것인,

수소의 생산 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 고상의 슬래그 분쇄물은 Fe 함량이 전체 슬래그 분쇄물의 중량을 기준으로 15 내지 30 중량%이고, 여기서, 상기 Fe 함량은 슬래그 분쇄물 중의 금속 Fe, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄ 를 비롯한 모든 형태의 Fe 성분의 합계 함량인 것을 특징으로 하는 수소의 생산 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 고상의 슬래그 분쇄물은 전로 슬래그 또는 전기로 슬래그로부터 제조된 것을 특징으로 하는 수소의 생산 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 탄소계 촉매에 대한 별도의 가열없이, 상기 고상의 슬래그 분쇄물을 통과한 후의 고온 상태의 기체 스트림을 상기 탄소계 촉매와 접촉시키는 것을 특징으로 하는 수소의 생산 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기체 스트림은 수증기 및 불활성 기체를 포함하는 것을 특징으로 하는 수소의 생산 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 수증기는 180 내지 220℃의 온도에서 투입되고 상기 불활성 기체는 상온에서 투입되는 것을 특징으로 하는 수소의 생산 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기체 스트림은 메탄, 이산화탄소, 또는 메탄과 이산화탄소를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수소의 생산 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 탄소계 촉매는 석탄 또는 코크스인 것을 특징으로 하는 수소의 생산 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 기체 스트림과 상기 촉매의 접촉에 의해 수소 및 일산화탄소를 포함하는 생산물 가스가 생산되고, 상기 방법 (c) 상기 생산물 가스를 회수하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 수소의 생산 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 방법은 (d) 상기 (c) 단계에서 회수된 생산물 가스로부터 수소를 분리하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 수소의 생산 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제1항에 따른 수소의 생산 방법에 의해 수소를 생산하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 슬래그를 사용하여 수소를 생산하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 철과 비철 생산 공정에서 발생하는 부산물 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 슬래그이다. 이러한 슬래그는 고로 슬래그와 제강 슬래그로 분류되며, 고로 슬래그의 주성분은 CaO , SiO_2 , Al_2O_3 이며, 상대적으로 낮은 염기도 (CaO/SiO_2 의 비)를 가지고 있어 포틀랜드 시멘트와 유사하여 발생량의 75% 이상이 시멘트로 재활용 되는데 반해, 제강 슬래그는 유리화된 CaO 를 포함하고 있어 자연적으로 붕괴하는 성질인 팽창 붕괴성을 가지고 있어 시멘트로의 재활용에 숙성과정과 개질처리가 요구된다. 전로 슬래그는 고로 슬래그와 달리 다량의 FeO 를 포함하고 있어 제품으로의 재활용에 방법적으로 제한적이라 국내뿐 아니라 미국, 일본에서도 전량이 성토용 또는 도로용 골재 등의 단순 매립제로 밖에 재활용되지 못하고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 부산물의 재자원화를 위해 슬래그를 재활용하는 방안이 연구 중에 있다.

[0003] 한편, 수소는 화석 연료의 고갈 우려와 이의 남용에 따른 온난화 등에대한 우려로 인해 화석 연료를 대체할 수 있는 대안으로 주목받고 있다. 수소는 연료 뿐만 아니라 제철 공정에서 환원 가스로도 사용되는 등, 그 활용도가 매우 높다. 이러한 수소는 여러 가지의 자원, 예를 들어 물, 바이오매스 등으로부터 다양한 방법으로 생산될 수 있으며, 예를 들어 열화학적 물 분해 방법, 광촉매를 이용하는 방법, 전기분해 방법 등이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 일 목적은 제철 공정에서 배출되는 슬래그를 활용하여 수소를 생산하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 양태에 따르면, (a) 1,100 내지 1,400℃에서 고상의 슬래그 분쇄물에 수증기를 포함하는 기체 스트림을 통과하는 단계, 및 (b) 상기 고상의 슬래그 분쇄물을 통과하는 동안에 또는 통과한 후 기체 스트림을 탄소계 촉매와 접촉시키는 단계를 포함하는 수소의 생산 방법이 제공된다.

[0006] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 고상의 슬래그는 제철 공정에서 배출되는 용융 상태의 슬래그를 냉각한 후 분쇄하는 단계를 포함하는 방법에 의해 제조된 것일 수 있다.

[0007] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 고상의 슬래그 분쇄물은 Fe 함량이 전체 슬래그 분쇄물의 중량을 기준으로 15 내지 30 중량%일 수 있고, 여기서, 상기 Fe 함량은 슬래그 분쇄물 중의 금속 Fe, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄를 비롯한 모든 형태의 Fe 성분의 합계 함량이다.

[0008] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 고상의 슬래그 분쇄물은 전로 슬래그 또는 전기로 슬래그로부터 제조된 것일 수 있다.

[0009] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 탄소계 촉매에 대한 별도의 가열없이, 상기 고상의 슬래그 분쇄물을 통과한 후의 고온 상태의 기체 스트림을 상기 탄소계 촉매와 접촉시킬 수 있다.

[0010] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 기체 스트림은 수증기 및 불활성 기체를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 수증기는 180 내지 220℃의 온도에서 투입되고 상기 불활성 기체는 상온에서 투입될 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 기체 스트림은 메탄, 이산화탄소, 또는 메탄과 이산화탄소를 더 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 탄소계 촉매는 석탄 또는 코크스일 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 (b) 단계에서 상기 기체 스트림과 상기 촉매의 접촉에 의해 수소 및 일산화탄소를 포함하는 생산물 가스가 생산되고, 상기 방법은 (c) 상기 생산물 가스를 회수하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 방법은 (d) 상기 (c) 단계에서 회수된 생산물 가스로부터 수소를 분리하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 일 양태에 따르면, 상기 수소의 생산 방법에서 생산된 수소를 포함하는 가스를 저장 또는 이송하여 제철용 환원 가스로 사용하는 것을 특징으로 하는 제철 방법이 제공된다.

[0017] 본 발명의 다른 일 양태에 따르면, 상기 수소의 생산 방법에 의해 수소를 생산하는 것을 특징으로 하는 수소 생산 장치가 제공된다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따르면, 물의 전기분해에 의한 수소 생산 방법에서와 같이 전극이나 분리막 등 다양한 소재를 사용하지 않고, 수증기를 슬래그 및 촉매에 통과, 접촉시키는 것만으로 간편하고 대량으로 수소를 생산할 수 있다. 또한, 제철 공정의 부산물인 슬래그, 특히, 시멘트로의 재활용마저 제한적인 제강 슬래그를 활용할 수 있기 때문에 자원의 재활용 측면에서 우수하다. 또한, 용융 슬래그를 냉각하여 분쇄한 고상의 슬래그 분쇄물 및 탄소계 촉매, 예를 들어 석탄을 사용하기 때문에 원료의 취급이나 운반이 편리하다.

[0019] 본 발명에 따라 제조된 수소 또는 수소와 일산화탄소를 포함하는 생산물 가스는 제철용 환원 가스, 수소 연료 전지용 수소 등 다양한 용도로 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일 양태에 따른 수소의 생산 방법을 개략적으로 도식화한 공정 모식도이다.

도 2는 실시예에서 수소의 생산을 위해 사용한 장치 및 실험 방법을 개략적으로 도식화한 모식도이다.

도 3(a)는 실시예에서 생성된 생산물 가스를 분석한 결과로서 시간에 따른 수소(H₂) 압력 변화를 도시하는 그래프이고, 도 3(b)는 시간에 따른 일산화탄소(CO) 압력 변화를 도시하는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 본 발명에 대해 상세히 설명한다.
- [0022] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 구현예를 설명하기 위해 사용된 것으로서 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 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.
- [0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다, "함유"한다, "가지다"라고 할 때, 이는 특별히 달리 정의되지 않는 한, 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0025] 이하, 도 1을 참고하여 본 발명에 대해 더욱 상세히 설명한다.
- [0026] 먼저, (a) 단계에 대해 설명하면, (a) 단계는 1,100℃ 내지 1,400℃에서 고상의 슬래그 분쇄물에 수증기를 포함하는 기체 스트림을 통과하는 단계이다.
- [0027] 상기 고상의 슬래그 분쇄물은 철강공정에서 부산물로 배출되는 슬래그를 냉각시킨 후 분쇄하여 제조된 것일 수 있다. 여기서 상기 슬래그는 철강공정에서 유래된 슬래그 중 어느 것을 사용하여도 무방하지만, Fe 함량이 전체 슬래그 분쇄물의 중량을 기준으로 15 내지 30 중량%인 것을 사용하는 것이 반응 효율 측면에서 좋다. 상기 슬래그 분쇄물을 제조하는데 사용될 수 있는 슬래그의 예로는, 고로슬래그 (통상적 구성 = CaO: 40-45 %, SiO₂ : 30-35 %, Al₂O₃: 12-16 %, MgO: 5-8 %, MnO ≤ 1 %, TiO₂ ≤ 2 % Total Fe ≤ 1 %, S ≤ 1%), 전로 슬래그 (통상적 구성 = CaO: 42-52 %, SiO₂: 10-18 %, Al₂O₃: 1-3 %, MgO : 5-8 %, MnO : 3-8 %, TiO₂ ≤ 3 %, Total Fe: 15-25 %, S ≤ 1%), 전기로 슬래그, 예를 들어 전기로 산화슬래그 (통상적 구성 = CaO : 20-30 %, SiO₂ : 25-30 %, Al₂O₃ : 5-10 %, MgO : 5-10 %, MnO ≤ 2 %, TiO₂ ≤ 2 %, Total Fe : 18-28 %, S ≤ 1%) (여기서, Total Fe는 금속 Fe, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄ 를 비롯한 모든 형태의 Fe 성분의 합계 함량) 등을 들 수 있으며, 구체적으로는 본 발명의 일 구현예에 따르면 상기 슬래그는 전로 슬래그 또는 전기로 슬래그일 수 있다.
- [0028] 철강 공정에서 배출되는 슬래그는 현재 약 1,500 - 1,600도의 높은 온도를 보유한 용융 상태로 배출되고 있다. 이러한 슬래그는 통상적으로 용융 슬래그를 고압의 물을 이용하여 급냉하는 급냉 방식 또는 용융 슬래그를 대기 중에서 서서히 냉각하는 서냉 방식에 의해 냉각될 수 있다. 냉각 온도는 슬래그가 냉각에 의해 분쇄 과정에서 분쇄될 수 있는 정도의 굳기를 갖는 고상이 된다면 특별히 한정되지는 않으며, 일반적으로는 상온으로 냉각된다. 이렇게 냉각된 슬래그는 필요에 따라 숙성 등과 같은 추가의 공정을 거칠 수도 있다.
- [0029] 진술한 바와 같이 냉각되어 고상의 상태로 된 슬래그를 분쇄하여 고상의 슬래그 분쇄물을 제조할 수 있다. 상기 분쇄 방법은 특별히 제한되지 않으며, 죠 크러셔(Jaw Crusher) 등을 이용하여 파쇄한 것이거나, 상기 파쇄 이후에 로드 밀(rod mill)과 같은 기계를 이용하여 추가로 분쇄한 것일 수 있다. 상기 분쇄물의 크기는 기체 스트림이 분쇄물들 입자 사이로 통과할 수 있고 기체 스트림과의 충분한 접촉 표면적을 제공하는 정도의 크기라면 특별히 제한되지 않는다. 상기 분쇄물의 입도 크기는 구체적으로 대략 7 내지 40 mm의 범위일 수 있다.
- [0030] 상기 고상의 슬래그 분쇄물은 공정 장치에 투입된 후 1,100℃ 내지 1,400℃의 고온, 구체적으로는 1,200℃ 내지 1,400℃ 로 가열되는 단계가 필요하다. 이는 수증기 (즉, 물)의 열화학적 분해에 의한 수소 생산 반응이 분해를 위한 에너지로 고온을 필요로 하기 때문이다.
- [0031] 이러한 가열 과정을 통해 고상의 슬래그 분쇄물의 온도가 열적 평형을 이루고 있으면, 수증기를 포함하는 기체 스트림을 투입하여 상기 가열된 고상의 슬래그 분쇄물을 통과시킨다. 그 과정에서 수증기, 즉, 물은 수소와 산소로 분해되는데, 이 때 슬래그 분쇄물 내에 함유된 Fe 성분 (예를 들어, Fe₃O₄ 및 FeO)가 탈산소제로서 작용하여 반응을 촉진시키는 역할을 할 수 있다.
- [0032] 여기서 상기 기체 스트림은 수증기 이외에도 다른 성분을 함유하는 것일 수 있다. 구체적으로, 상기 기체 스트림은 수증기에 추가하여, 메탄, 이산화탄소, 또는 메탄과 이산화탄소를 더 함유하는 혼합 기체 스트림일 수 있

다. 또는 상기 기체 스트림은 불활성 기체를 더 포함할 수 있으며, 이 때 수증기를 포함하는 수증기 스트림과 불활성 기체를 포함하는 불활성 기체 스트림은 서로 상이한 공급 라인을 통해 개별적으로 투입되고 슬래그 분쇄물 유닛에 도달하기 직전에 혼합된 것일 수 있다. 상기 수증기와 불활성 기체를 포함하는 혼합 기체 스트림 중에서 상기 수증기와 불활성 기체는 0.8:1 내지 1:0.8의 부피비로 포함될 수 있으며, 이때 상기 수증기 스트림은 대략 180 내지 220℃의 온도에서 투입되고 상기 불활성 기체는 상온에서 투입되는 것일 수 있다.

[0034] 다음으로, (b) 단계에 대해 설명하면, (b) 단계는 상기 고상의 슬래그 분쇄물을 통과하면서 열 교환된 기체 스트림이 탄소계 촉매와 접촉하는 단계이다. 도 1에서는 탄소계 촉매가 별도의 다른 유닛에 들어 있으나, 이와 달리, 슬래그 분쇄물 유닛에 탄소계 촉매가 함께 들어 있어서 기체 스트림이 슬래그 분쇄물을 통과하면서 열 교환하는 동안에 탄소계 촉매와 접촉하여도 무방하다. 기체 스트림이 고온의 슬래그 분쇄물을 통과하는 과정에서 열 교환을 하여 고온 상태의 기체 스트림이 되기 때문에 상기 탄소계 촉매 또는 탄소계 촉매 유닛은 별도의 가열이 반드시 필요하지 않다.

[0035] 상기 탄소계 촉매는 예를 들어, 석탄 또는 코크스일 수 있으며, 상기 석탄 또는 코크스의 크기는 기체의 통과를 방해하지 않는 정도라면 특별히 제한되지는 않으며, 이를 위해 가능하면 분말 또는 가루 상태의 석탄 또는 코크스는 사용하지 않는다.

[0036] 상기 탄소계 촉매는 수증기가 열화학적 분해에 의해 수소를 생산하는 반응을 촉진하는 역할을 할 수 있다. 이 과정에서 탄소가 물(수증기)과 반응하여 일산화탄소를 생성할 수 있다. 따라서, (b) 단계에서 촉매와의 접촉을 통해 수증기로부터 수소 뿐만 아니라 일산화탄소가 생산되고, 이에, 상기 (b) 단계에 의해 수소 및 일산화탄소를 포함하는 생산물 가스가 생산될 수 있다.

[0038] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 본 발명의 수소의 생산 방법은 상기 (b) 단계에 의해 생산된, 수소 또는 수소와 일산화탄소를 포함하는 생산물 가스를 회수하는 단계 (c)를 더 포함할 수 있다. 상기 회수된 생산물 가스는 제철 공정에서 제철용 환원 가스로 사용되거나 또는 수소만 분리하여 연료로 사용할 수도 있다. 이에, 비록 도 1에는 도시하지 않았으나, 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 본 발명의 수소의 생산 방법은 상기 회수된 생산물 가스에서 수소를 분리하는 단계 (d)를 더 포함할 수 있다. 상기 회수 및 수소 분리 방법은 특별히 제한되지 않으며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상적으로 알려진 방법을 사용할 수 있다.

[0040] 본 발명의 다른 일 양태에 따르면 전술한 바와 같은 수소의 생산 방법에 의해 수소를 생산하는 수소 생산 장치가 제공될 수 있다. 상기 수소 생산 장치의 구조는 본 발명의 일 양태에 따른 수소의 생산 방법이 구현될 수 있다면 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같은, 기체 스트림 투입 라인, 슬래그 분쇄물을 포함하는 유닛 (a), 상기 유닛 (a)를 통과한 기체 스트림을 유닛 (b)에 공급하는 공급 라인, 탄소계 촉매를 포함하는 유닛 (b), 상기 유닛 (b)를 통과한 생산물 가스를 공급하는 공급 라인, 상기 생산물 가스를 회수하는 회수 유닛 (c)를 포함할 수 있다.

[0042] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 실시예를 참고하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 하기 실시예에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.

[0044] **[실시예]** 전기로 산화 슬래그를 이용한 수소의 생산

[0045] 본 실험예는 도 2에 도시한 바와 같은 모식도에 따라 실험하였다.

[0046] 먼저, 전기로 산화 슬래그의 통상적인 조성을 갖는 고상의 슬래그 분쇄물을 준비하였다. 상기 슬래그 분쇄물 300 g을 원통형의 알루미늄 내화재 안에 투입하였고, 상기 투입후 1300℃까지 가열하였다. 200℃의 수증기 (H₂O)와 상온의 아르곤을 1:1의 부피비로 혼합한 기체 스트림을 총 700 sccm 으로 상기 슬래그 분쇄물로 주입하였으며, 이 때, 상기 기체 스트림이 기공이 많은 내화재를 통해 투입함으로써 기체 스트림이 충분히 퍼진 채로 슬래그 분쇄물과 접촉할 수 있도록 유도하였다. 상기 기체 스트림의 투입후 슬래그 분쇄물의 온도가 1300℃에서 열적 평형에 이루어져 있을 때 상온의 석탄을 상기 슬래그 분쇄물 위에 투입하였고 이와 동시에 슬래그 분쇄물의 가열은 중단하였다. 배가스(생산물 가스)의 일부를 가스 분석기로 분석하여 수소(H₂)와 일산화탄소(CO)의 생성을 확인하였다.

[0048] **[평가예]** 생산물 가스의 분석 결과

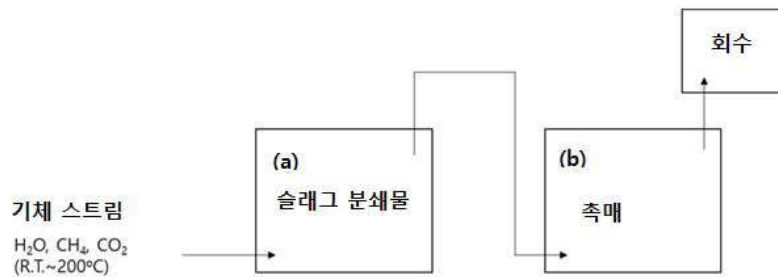
[0049] 전술한 실시예에서 생성된 생산물 가스 (배가스) 중의 수소 압력과 일산화탄소 압력을 측정하여 수소 및 일산화탄소의 생성 여부를 확인하였다.

[0050] 도 3(a)와 도 3(b)에서 보는 바와 같이, 수소와 일산화탄소 모두, 석탄 투입 직후 압력이 증가하는 것을 확인할 수 있는데 이는 배가스에 포함된 수소(H_2)와 일산화탄소(CO)의 함량이 석탄 투입 전후로 증가한다는 것을 의미한다. 따라서 고온의 슬래그를 통과한 수증기는 충분한 열을 가지고 석탄과 반응하여 환원기체 또는 연료로 활용할 수 있는 수소(H_2)와 일산화탄소(CO)를 생성할 수 있다는 점이 확인되었다.

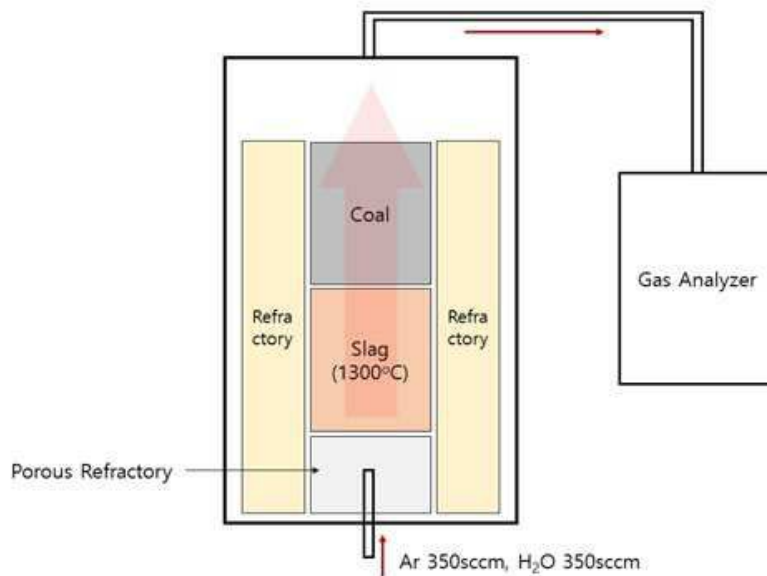
[0052] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3

