(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0024913
(43) 공개일자 2024년02월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C21B 13/00 (2006.01) *F27B 1/16* (2006.01)
F27D 19/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C21B 13/0073 (2013.01)
F27B 1/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7001451
(22) 출원일자(국제) 2022년06월20일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년01월12일
(86) 국제출원번호 PCT/SE2022/050606
(87) 국제공개번호 WO 2022/271064
국제공개일자 2022년12월29일
(30) 우선권주장
2150803-1 2021년06월22일 스웨덴(SE)

(71) 출원인
하이브리트 디벨롭먼트 아베
스웨덴 111 64 스톡홀름 클라라베리스비아두크텐 70 디6
(72) 발명자
모세니-뫼르너 파르자드
스웨덴 163 55 스판가 스카이그랜드 4
마린 레이몬 페레아
스웨덴 136 48 한덴 베르크날레배겐 32
파야지 자바드
스웨덴 169 72 솔나 브레브두베가탄 6
(74) 대리인
특허법인아주김장리

전체 청구항 수 : 총 19 항

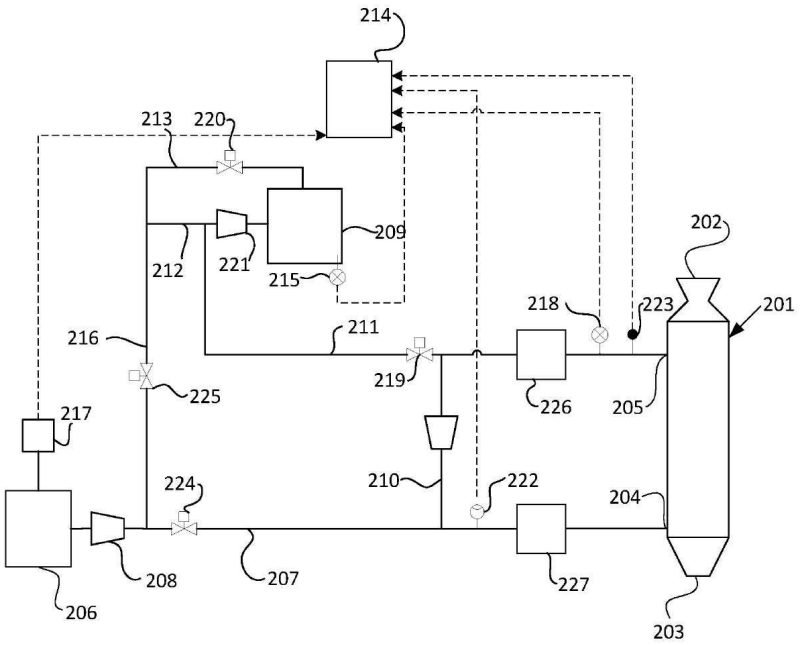
(54) 발명의 명칭 **철광석으로부터 해면철을 생산하는 방법 및 시스템**

(57) 요 약

해면철을 생산하는 시스템으로서, 직접 환원 샤프트(201), 환원 가스 소스(206), 환원 가스 용기(209), 상부 가스의 적어도 일부를 통과시키는 1차 회로(210), 및 이 1차 회로(210)를 통해 전달된 가스로부터 제거된 가스의 적어도 일부를 전달하기 위한 2차 회로(211)로서, 일단부가 1차 회로(210)에 연결되고, 타단부가 환원 가스 용기

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



(209)에 연결되는, 2차 회로(211), 환원 가스 소스(206)와 환원 가스 용기(209)를 연결하는 제2 가스 라인(212), 및 환원 가스 용기(209)와 제1 가스 라인(207)을 연결하는 제3 가스 라인(213)을 포함하는, 시스템.제어 유닛(214)은 환원 가스 소스(206)로부터 제1 가스 라인(207)으로의 환원 가스의 흐름을 제어하고, 환원 가스 용기(209)로부터 제3 가스 라인(213)을 통해 제1 가스 라인(207)으로의 환원 가스의 흐름을 제어하도록 구성되고, 제어 유닛(214)은 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하면서 대응하여 환원 가스 소스(206)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로의 환원 가스의 유량을 감소시키도록 구성된다.

(52) CPC특허분류
F27D 19/00 (2013.01)
F27D 2019/0018 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

철광석으로부터 해면철(sponge iron)을 생산하는 방법으로서,

- 철광석을 직접 환원 샤프트(201)에 장입하는 단계;

- 상기 철광석을 환원시켜 해면철을 생산하기 위해 환원 가스 소스(206)로부터 제1 가스 라인을 통해 상기 직접 환원 샤프트(201)로 수소가 풍부한 환원 가스를 도입하는 단계;

- 상기 직접 환원 샤프트(201)로부터 미반응 수소 가스를 포함하는 상부 가스를 제거하는 단계;

- 제거된 상부 가스의 적어도 일부를 1차 회로(210)에 전달하고, 상기 상부 가스의 일부를 상기 직접 환원 샤프트(201)로 재도입하는 단계;

- 상기 1차 회로(210)로 전달된 가스의 일부를 상기 1차 회로로부터 제거하고, 상기 가스의 일부를 2차 회로(211)를 통해 환원 가스 용기(209)로 전달하는 단계;

- 상기 환원 가스 소스(206)로부터의 환원 가스를 상기 환원 가스 용기(209)로 전달하여 상기 2차 회로(211)로부터의 가스와 함께 가스 혼합물을 상기 환원 가스 용기 내에 형성하는 단계, 및

- 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 상기 가스 혼합물을 전달하고, 이에 따라 상기 환원 가스 소스(206)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로의 환원 가스의 유량을 감소시키는 단계

를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 환원 가스 용기(209)의 가스 압력이 미리 정해진 레벨보다 높은 것에 응답하여 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 상기 가스 혼합물을 전달하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 환원 가스 소스(206)는 변동하는 액세스 관련 매개변수와 연관된 전력에 의해 구동되는 전해조를 포함하고, 상기 공정은 상기 액세스 관련 매개변수의 변동을 연속적으로 등록하는 단계, 및 상기 액세스 관련 매개변수가 미리 결정된 제1 레벨 미만인 것에 응답하여 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 가스 라인으로 상기 가스 혼합물을 전달하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 액세스 관련 매개변수는 전력 저장부에 저장된 전력의 레벨, 또는 태양광, 풍력 또는 수력 발전과 같은 전력 생산 수단의 액세스 레벨 중 임의의 레벨을 포함하는, 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 환원 가스 소스(206)는 공공 전기 네트워크를 통해 제공되는 전력에 의해 구동되는 전해조를 포함하고, 상기 공정은 공공 네트워크의 부하가 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 상기 가스 혼합물을 전달하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 6

제3항 또는 제4항에 있어서, 환원 가스는 상기 액세스 관련 매개변수가 미리 결정된 제2 레벨보다 높은 것에 응답하여 상기 환원 가스 소스(206)로부터 상기 환원 가스 용기(209)로 전달되는, 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 1차 회로(210)로부터 상기 2차 회로(211)로 상기 가스의 일부의 제거는 상기 1차 회로(210)의 압력이 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 수행되는, 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 2차 회로(211)를 통해 전달된 가스와, 상기 환원 가스 소스(206)로부터 상기 환원 가스 용기(209)로 전달된 환원 가스는 상기 환원 가스 용기(209)에 들어가기 전에 압축기 단계에서 압축되는, 방법.

청구항 9

해면철을 생산하는 시스템으로서,

- 직접 환원 샤프트(201)로서,

철광석을 상기 샤프트(201)로 도입하기 위한 제1 입구(202);

상기 샤프트(201)로부터 해면철을 제거하기 위한 제1 출구(203);

상기 샤프트(201)에 환원 가스를 도입하기 위한 제2 입구(204); 및

상기 샤프트(201)로부터 상부 가스를 제거하기 위한 제2 출구(205)

를 포함하는, 상기 직접 환원 샤프트(201);

- 제1 가스 라인(207)을 통해 상기 환원 가스 입구(204)와 연결된 환원 가스 소스(206);

- 환원 가스 용기(209);

- 상기 상부 가스의 적어도 일부를 통과시키기 위한 1차 회로(210)로서, 상기 1차 회로(210)는 일단부가 상기 제2 출구(205)와 연결되고, 타단부가 상기 제1 가스 라인(207)과 연결된, 상기 1차 회로(210);

- 상기 1차 회로(210)를 통해 전달된 가스로부터 제거된 가스의 적어도 일부를 전달하기 위한 2차 회로(211)로서, 상기 2차 회로(211)는 일단부가 상기 1차 회로(210)에 연결되고, 타단부가 상기 환원 가스 용기(209)에 연결된, 상기 2차 회로(211);

- 상기 환원 가스 소스(206)와 상기 환원 가스 용기(209)를 연결하는 제2 가스 라인(212);

- 상기 환원 가스 용기(209)와 상기 제1 가스 라인(207)을 연결하는 제3 가스 라인(213); 및

- 상기 환원 가스 소스(206)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로의 환원 가스의 흐름을 제어하고, 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제3 가스 라인(213)을 통해 상기 제1 가스 라인(207)으로의 환원 가스의 흐름을 제어하도록 구성된 제어 유닛(214)으로서, 상기 제어 유닛(214)은 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하면서 이에 대응하여 상기 환원 가스 소스(206)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 환원 가스의 유량을 감소시키도록 구성된, 상기 제어 유닛(214)

을 포함하는, 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 시스템은 상기 환원 가스 용기(209)의 가스 압력이 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하기 위한 수단(214, 215, 220, 225)을 포함하는, 시스템.

청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서, 상기 환원 가스 소스(206)는 변동하는 액세스 관련 매개변수와 연관된 전력에 의해 구동되는 전해조를 포함하고, 상기 시스템은 상기 액세스 관련 매개변수의 변동을 연속적으로 등록하기 위한 수단을 포함하고, 상기 제어 유닛(214)은 상기 액세스 관련 매개변수가 미리 결정된 제1 레벨보다 낮은 것에 응답하여 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하도록 구성된, 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 액세스 관련 매개변수는 전력 저장부에 저장된 전력의 레벨, 또는 태양광, 풍력 또는 수력 발전과 같은 전력 생산 수단의 액세스 레벨 중 임의의 레벨을 포함하는, 시스템.

청구항 13

제9항 또는 제10항에 있어서, 상기 환원 가스 소스(206)는 공공 전기 네트워크를 통해 제공되는 전력에 의해 구동되는 전해조를 포함하고, 상기 시스템은 공공 전기 네트워크 상에 부하를 등록하기 위한 수단을 포함하고, 상기 제어 유닛(214)은 공공 네트워크의 부하가 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 가스 라인으로 가스 혼합물의 흐름을 가능하게 하도록 구성된, 시스템.

청구항 14

제9항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 유닛(214)은 상기 제1 가스 라인(207)에서 요청된 환원 가스 흐름이 달성되는 조건 하에서 상기 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 환원 가스 흐름을 가능하게 하는 것에 응답하여 상기 환원 가스 소스(206)의 출력을 감소시키도록 구성된, 시스템.

청구항 15

제12항 또는 제13항에 있어서, 상기 제어 유닛(214)은 상기 액세스 관련 매개변수가 미리 결정된 제2 레벨보다 높은 것에 응답하여 상기 환원 가스 소스(206)로부터 상기 환원 가스 용기(209)로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하도록 구성된, 시스템.

청구항 16

제9항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 시스템은 상기 1차 회로(210)의 압력이 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 상기 1차 회로(210)로부터 상기 2차 회로(211)로 상기 가스의 일부의 제거를 가능하게 하도록 구성된 수단을 포함하는, 시스템.

청구항 17

제8항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 시스템은 상기 2차 회로(211)를 통해 전달된 상기 가스의 일부와, 상기 환원 가스 소스(206)로부터 상기 제2 가스 라인(212)을 통해 전달된 환원 가스를, 상기 환원 가스 용기(209)에 들어가기 전에, 압축하기 위한 압축기 장치(220)를 포함하는, 시스템.

청구항 18

제9항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 가스 라인(207)의 환원 가스 유량을 측정하기 위한 적어도 하나의 제1 센서(222), 상기 직접 환원 샤프트(201) 내부의 온도를 측정하기 위한 적어도 하나의 제2 센서(223), 및 상기 직접 환원 샤프트(201) 내부의 압력을 나타내는 압력을 측정하기 위한 적어도 하나의 제3 센서(218)를 포함하고, 상기 제어 유닛(214)은 상기 제1, 제2 및 제3 센서(228, 222, 223)로부터 수신된 입력에 기초하여 상기 제1 가스 라인(207)에서 상기 직접 환원 샤프트(201)로 요청된 환원 가스 유량을 결정하도록 구성된, 시스템.

청구항 19

제9항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 직접 환원 샤프트(201)는 시간당 명목상 해면철 생산율을 갖고, 상기 환원 가스 용기(209)의 저장 용량은 적어도 1시간 동안, 바람직하게는 적어도 3시간 동안, 더욱 더 바람직하게는 적어도 6시간 동안 상기 명목상 환원율로 환원을 가능하게 하는 데 필요한 수소 가스의 양에 대응하는, 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 철광석으로부터 해면철(sponge iron)을 생산하는 방법에 관한 것이다. 본 발명은 추가로 해면철을 생산하는 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 철강은 세계에서 가장 중요한 엔지니어링 및 건축 재료이다. 현대 세계에서 철강을 포함하지 않거나 제조 및/또는 수송을 위해 철강에 의존하지 않는 물건을 찾기는 어렵다. 이러한 방식으로, 철강은 현대 생활의 거의 모든 측면에서 복잡하게 관련되어 있다.

[0003] 2018년에 전 세계 조철강 총 생산량은 18억 1천만 톤으로 다른 금속을 훨씬 능가했으며, 2050년에는 28억 톤에 이를 것으로 예상되며, 이 중 50%는 순수 철 소스에서 나올 것으로 예상된다. 철강은 또한 전기를 1차 에너지 소스로 사용하여 재용융 후 반복해서 사용할 수 있는 금속의 능력으로 인해 재활용 등급이 매우 높은 세계에서 가장 많이 재활용되는 재료이다.

[0004] 따라서, 철강은 현대 사회의 초석으로서 앞으로 더욱 중요한 역할을 담당하게 될 것이다.

[0005] 철강은 주로 세 가지 경로를 통해 생산된다:

[0006] i) 고로(blast furnace: BF)에서 순수 철광석을 이용한 통합 생산, 여기서 광석의 산화철은 탄소에 의해 환원되어 철이 생산된다. 철은 기본 산소로(basic oxygen furnace: BOF)에서 산소 취입에 의해 철강 공장에서 추가로 가공된 후 정련되어 철강을 생산한다. 이 공정은 일반적으로 '산소 제강'이라고도 한다.

[0007] ii) 전기를 1차 에너지 소스로 사용하는 전기 아크로(electric arc furnace: EAF)에서 용융되는 재활용 철강을 사용하는 고철 기반 생산. 이 공정은 일반적으로 '전기 제강'이라고도 한다.

[0008] iii) 해면철을 생산하기 위해 직접 환원(direct reduction: DR) 공정에서 탄소질 환원 가스로 환원되는 순수 철광석을 기반으로 하는 직접 환원 생산. 해면철은 이후 EAF에서 고철과 함께 용융되어 철강을 생산한다.

[0009] 조철(crude iron)이라는 용어는 본 명세서에서 고로에서 얻어진 것(즉, 선철)인지 또는 직접 환원 샤프트에서 얻어진 것(즉, 해면철)인지 여부에 관계없이 철강으로 추가 처리를 위해 생산되는 모든 철을 나타내는 데 사용된다.

[0010] 위에서 언급한 공정은 수십 년 동안 개선되어 이론적 최소 에너지 소비에 근접하고 있지만 아직 해결되지 않은 한 가지 근본적인 문제가 있다. 탄소질 환원제를 사용하여 철광석을 환원하면 부산물로 CO_2가 생성된다. 2018년에 철강 1톤당 평균 1.83톤의 CO_2가 발생했다. 철강 산업은 CO_2 배출량이 가장 많은 산업 중 하나로 전 세계적으로 CO_2 배출량의 약 7%를 차지한다. 탄소질 환원제를 사용하는 한, 철강 생산 공정 내에서 과도한 CO_2 발생을 피할 수 없다.

[0011] HYBRIT 이니셔티브는 이 문제를 해결하기 위해 설립되었다. HYBRIT(HYdrogen BReakthrough Ironmaking Technology의 줄임말)는 SSAB, LKAB 및 Vattenfall의 합작 투자로, 스웨덴 에너지청(Swedish Energy Agency)이 부분적으로 자금을 지원하였으며, CO_2 배출량을 줄이고 철강 산업의 탈탄소화를 목표로 한다.

[0012] HYBRIT 개념의 핵심은 순수 철광석으로부터 해면철을 직접 환원에 의해 생산하는 것이다. 그러나, 현재 상업적인 직접 환원 공정에서와 같이 천연 가스와 같은 탄소질 환원제 가스를 사용하는 대신 HYBRIT는 환원제로 수소 가스를 사용할 것을 제안하고, 이를 수소 직접 환원(H-DR)이라고 한다. 수소 가스는 예를 들어 스웨덴 전기 생산의 경우와 같이 주로 화석 연료가 없고/없거나 재생 가능 1차 에너지 소스를 사용하여 물을 전기분해하는 것에 의해 생산될 수 있다. 따라서, 철광석을 환원시키는 중요한 단계는 화석 연료를 입력으로 사용하지 않고 CO_2 대신 물을 부산물로 사용하여 달성될 수 있다.

[0013] 선행 기술은 대부분 천연 가스로 구성된 환원 가스를 사용한다. 직접 환원 플랜트는 일반적으로 환원이 이루어지는 샤프트를 포함한다. 샤프트는 상부에 철광석 펠릿이 도입되는 입구를 갖고, 하부에 샤프트로부터 해면철이 제거되는 출구를 갖는다. 또한, 샤프트의 하위 부분에는 환원 가스를 샤프트 내부로 도입하기 위한 적어도 하나의 입구가 있고, 샤프트의 상위 부분에는 상부 가스를 배출하기 위한 적어도 하나의 출구가 있다. 상부 가스의 상당 부분은, 철광석 펠릿과 해면철 각각의 입구와 출구를 밀봉하는 데 사용되는 불활성 가스와 혼합된 것일 수 있는 미반응 환원 가스로 구성될 수 있다. 상부 가스를 처리하는 종래의 방식은 상부 가스를 소각(flaring)하는 것이다.

[0014] 그러나 환원 가스로 주로 수소를 사용하거나 수소만을 사용하는 경우, 천연 가스에 비해 수소 가스를 생산하는 데 상당한 양의 에너지가 필요하기 때문에 소각은 에너지 효율성 관점에서 덜 매력적인 옵션이다. 또한, 상부

가스가 질소 가스(일반적으로 밀봉 가스로 사용됨)를 포함하는 경우, 소각은 또한 NOx의 배출을 초래할 수 있고, 이는 환경적 관점에서 바람직하지 않다.

[0015] 일반적으로 물 전해조를 사용하여 수소 가스를 생산하는 것은 상당한 양의 전력을 필요로 한다. 전력을 생산하는 데 사용되는 소스에 따라 전력의 이용 가능성은 시간이 지남에 따라 변동될 수 있다. 따라서 환원 공정의 에너지 효율적이고 비용 효율적인 제어에는 전력의 이용 가능성과 관련하여 공정의 최적화도 포함된다.

발명의 내용

[0016] 따라서 본 발명의 목적은 환원 가스로서 주로 수소 가스를 사용하거나 수소 가스만을 사용하는, 철광석을 해면철로 직접 환원시키는 방법 및 시스템으로서, 직접 환원 샤프트에서 나오는 미반응 수소 가스를 상부 가스의 일부로 효율적으로 재활용함으로써 직접 환원 샤프트의 압력을 제어하기 위한 수단이 제공되는, 방법 및 시스템을 제시하는 것이다.

[0017] 또한, 본 발명의 목적은 또한 전력의 이용 가능성과 관련하여 공정의 최적화를 포함하는 환원 공정의 에너지 효율적이고 비용 효율적인 제어를 가능하게 하는 공정 및 시스템을 제시하는 것이다.

[0018] 본 발명의 목적은, 철광석으로부터 해면철을 생산하는 방법으로서,

[0019] - 철광석을 직접 환원 샤프트에 장입하는 단계;

[0020] - 철광석을 환원시켜 해면철을 생산하기 위해 환원 가스 소스로부터 제1 가스 라인을 통해 직접 환원 샤프트로 수소가 풍부한 환원 가스를 도입하는 단계;

[0021] - 직접 환원 샤프트로부터 미반응 수소 가스를 포함하는 상부 가스를 제거하는 단계;

[0022] - 제거된 상부 가스의 적어도 일부를 1차 회로에 전달하고, 상기 상부 가스의 일부를 직접 환원 샤프트로 재도입하는 단계;

[0023] - 상기 1차 회로로 전달된 가스의 일부를 1차 회로로부터 제거하고, 상기 가스의 일부를 2차 회로를 통해 환원 가스 용기로 전달하는 단계;

[0024] - 환원 가스 소스로부터의 환원 가스를 상기 환원 가스 용기로 전달하여 2차 회로로부터의 가스와 함께 가스 혼합물을 환원 가스 용기 내에 형성하는 단계, 및

[0025] - 환원 가스 용기로부터 상기 제1 가스 라인으로 가스 혼합물을 전달하고, 이에 따라 환원 가스 소스로부터 상기 제1 가스 라인으로의 환원 가스의 유량을 감소시키는 단계

[0026] 를 포함하는, 철광석으로부터 해면철을 생산하는 방법에 의해 달성된다.

[0027] 환원 가스 용기는 상당한 부피를 가질 수 있다. 일 실시예에 따르면, 환원 가스 용기는 라이닝된 암석 동굴(lined rock cavern)을 포함한다.

[0028] 일 실시예에 따르면, 환원 가스 용기로부터 상기 제1 가스 라인으로 가스 혼합물을 전달하는 단계는 환원 가스 용기의 가스 압력이 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 수행된다.

[0029] 일 실시예에 따르면, 환원 가스 소스는 변동하는 액세스(access) 관련 매개변수와 연관된 전력에 의해 구동되는 전해조를 포함하고, 공정은 상기 액세스 관련 매개변수의 변동을 연속적으로 등록(register)하는 단계, 및 액세스 관련 매개변수가 미리 결정된 제1 레벨 미만인 것에 응답하여 환원 가스 용기로부터 상기 제1 가스 라인으로 가스 혼합물을 전달하는 단계를 포함한다.

[0030] 일 실시예에 따르면, 액세스 관련 매개변수는 전력 저장부에 저장된 전력의 레벨, 또는 태양광, 풍력 또는 수력 발전과 같은 전력 생산 수단의 액세스 레벨 중 임의의 레벨을 포함한다. 예를 들어 태양광 발전의 경우 야간 동안 전력에 대한 액세스가 감소되는 경우, 환원 가스는 환원 가스 소스가 아닌 환원 가스 용기로부터 취해져서 제1 가스 라인을 통해 샤프트로 전달된다.

[0031] 일 실시예에 따르면, 환원 가스 소스는 공공 전기 네트워크를 통해 제공되는 전력에 의해 구동되는 전해조를 포함하고, 공정은 공용 네트워크의 부하가 미리 정해진 레벨보다 높은 것에 응답하여 환원 가스 용기로부터 상기 가스 라인으로 가스 혼합물을 전달하는 단계를 포함한다.

[0032] 일 실시예에 따르면, 환원 가스는 액세스 관련 매개변수가 미리 결정된 제2 레벨보다 높은 것에 응답하여 환원

가스 소스로부터 환원 가스 용기로 전달된다.

[0033] 일 실시예에 따르면, 1차 회로로부터 2차 회로로 상기 가스의 일부의 제거는 1차 회로의 압력이 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 수행된다.

[0034] 일 실시예에 따르면, 2차 회로를 통해 전달된 가스와, 환원 가스 소스로부터 환원 가스 용기로 전달된 환원 가스는 환원 가스 용기에 들어가기 전에 압축기 단계에서 압축된다. 환원 가스 용기의 압력은 시스템의 나머지 부분의 압력보다 상당히 높은 레벨일 수 있다. 예를 들어, 직접 환원 샤프트의 압력은 10 bar 정도일 수 있고, 환원 가스 용기의 압력은 100 bar 정도일 수 있다.

[0035] 또한 본 발명의 목적은, 해면철을 생산하는 시스템으로서,

[0036] - 직접 환원 샤프트로서,

[0037] 철광석을 샤프트로 도입하기 위한 제1 입구;

[0038] 샤프트로부터 해면철을 제거하기 위한 제1 출구;

[0039] 샤프트에 환원 가스를 도입하기 위한 제2 입구; 및

[0040] 샤프트로부터 상부 가스를 제거하기 위한 제2 출구

[0041] 를 포함하는, 직접 환원 샤프트;

[0042] - 제1 가스 라인을 통해 환원 가스 입구와 연결된 환원 가스 소스;

[0043] - 환원 가스 용기;

[0044] - 상부 가스의 적어도 일부를 통과시키기 위한 1차 회로로서, 상기 1차 회로는 일단부가 제2 출구와 연결되고, 타단부가 상기 제1 가스 라인과 연결된, 1차 회로;

[0045] - 1차 회로를 통해 전달된 가스로부터 제거된 가스의 적어도 일부를 전달하기 위한 2차 회로로서, 상기 2차 회로는 일단부가 1차 회로에 연결되고, 타단부가 환원 가스 용기에 연결된, 2차 회로;

[0046] - 환원 가스 소스와 환원 가스 용기를 연결하는 제2 가스 라인;

[0047] - 환원 가스 용기와 제1 가스 라인을 연결하는 제3 가스 라인; 및

[0048] - 환원 가스 소스로부터 제1 가스 라인으로의 환원 가스의 흐름을 제어하고, 환원 가스 용기로부터 제3 가스 라인을 통해 제1 가스 라인으로의 환원 가스의 흐름을 제어하도록 구성된 제어 유닛으로서, 제어 유닛은 환원 가스 용기로부터 상기 제1 가스 라인으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하면서 이에 대응하여 환원 가스 소스로부터 상기 제1 가스 라인으로 환원 가스의 유량을 감소시키도록 구성된, 제어 유닛

[0049] 을 포함하는, 해면철을 생산하는 시스템에 의해 달성된다.

[0050] 일 실시예에 따르면, 시스템은 환원 가스 용기의 가스 압력이 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 환원 가스 용기로부터 제1 가스 라인으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하기 위한 수단을 포함한다. 일 실시예에 따르면, 제3 가스 라인에는 감압기가 제공된다. 일 실시예에 따르면, 제3 가스 라인의 가스 흐름을 촉발하는 환원 가스 용기의 상기 미리 결정된 압력은 제1 가스 라인의 압력보다 상당히 더 높다. 감압기는 통과하는 가스의 더 높은 에너지를, 바람직하게는 환원 가스 소스에서 수소 가스를 생성하는 데 사용되는 전력으로 변환하도록 (예를 들어, 터빈을 장착함으로써) 구성된다.

[0051] 일 실시예에 따르면, 환원 가스 소스는 변동하는 액세스 관련 매개변수와 연관된 전력에 의해 구동되는 전해조를 포함하고, 시스템은 상기 액세스 관련 매개변수의 변동을 연속적으로 등록하기 위한 수단을 포함하고, 제어 유닛은 액세스 관련 매개변수가 미리 결정된 제1 레벨 미만인 것에 응답하여 환원 가스 용기로부터 상기 가스 라인으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하도록 구성된다.

[0052] 일 실시예에 따르면, 액세스 관련 매개변수는 전력 저장부에 저장된 전력의 레벨, 또는 태양광, 풍력 또는 수력 발전과 같은 전력 생산 수단의 액세스 레벨 중 임의의 레벨을 포함한다.

[0053] 일 실시예에 따르면, 환원 가스 소스는 공공 전기 네트워크를 통해 제공되는 전력에 의해 구동되는 전해조를 포함하고, 시스템은 공공 전기 네트워크 상에 부하를 등록하는 수단을 포함하고, 제어 유닛은 공공 네트워크의 부하가 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 환원 가스 용기로부터 상기 가스 라인으로 가스 혼합물의 흐름

을 가능하게 하도록 구성된다. 따라서, 공공망의 부하가 높아 전력 가격이 높아지는 경우, 환원 샤프트로 공급되는 환원 가스는 특히 환원 가스 소스가 전해조를 포함하는 경우 환원 가스 소스가 아닌 환원 가스 용기로부터 점점 더 많이 취해진다.

[0054] 일 실시예에 따르면, 제어 유닛은 제1 가스 라인에서 요청된 환원 가스 흐름이 달성되는 조건 하에서 환원 가스 용기로부터 제1 가스 라인으로 환원 가스 흐름을 가능하게 하는 것에 응답하여 환원 가스 소스의 출력을 감소시키도록 구성된다.

[0055] 일 실시예에 따르면, 제어 유닛은 액세스 관련 매개변수가 미리 결정된 제2 레벨보다 높은 것에 응답하여 환원 가스 소스로부터 환원 가스 용기로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하도록 구성된다. 전력에 대한 액세스로 환원 가스 소스가 샤프트에 필요한 것보다 더 높은 비율로 환원 가스를 생산할 수 있게 되면, 제어 유닛은 환원 가스 소스에 의해 생산된 과잉 환원 가스가 환원 가스 용기로 전달되도록 환원 가스의 생산 및 공급을 제어한다. 환원 가스 용기에 고압을 생성하기 위해 제2 가스 라인에는 압축기가 배치되는 것이 바람직하다.

[0056] 일 실시예에 따르면, 시스템은 1차 회로의 압력이 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 1차 회로로부터 2차 회로로 상기 가스의 일부의 제거를 가능하게 하도록 구성된 수단을 포함한다. 시스템은 또한 또는 대안으로서 1차 회로로부터 2차 회로로 상부 가스의 연속적인 블리드오프(continuous bleed-off)를 제공하도록 구성된 수단을 포함할 수 있다.

[0057] 일 실시예에 따르면, 시스템은 2차 회로를 통해 전달된 상기 가스의 일부와, 환원 가스 소스로부터 상기 제2 가스 라인을 통해 전달된 환원 가스를, 환원 가스 용기에 들어가기 전에, 압축하기 위한 압축기 장치를 포함한다. 압축기 장치는 제2 가스 라인에 배열된 상기 압축기를 포함할 수 있다.

[0058] 일 실시예에 따르면, 시스템은 제1 가스 라인의 환원 가스 유량을 측정하기 위한 적어도 하나의 제1 센서, 직접 환원 샤프트 내부의 온도를 측정하기 위한 적어도 하나의 제2 센서, 및 직접 환원 샤프트 내부의 압력을 나타내는 압력을 측정하기 위한 적어도 하나의 제3 센서를 포함하고, 제어 유닛은 상기 제1, 제2 및 제3 센서로부터 수신된 입력에 기초하여 제1 가스 라인에서 직접 환원 샤프트로 요청된 환원 가스 유량을 결정하도록 구성된다.

[0059] 일 실시예에 따르면, 직접 환원 샤프트는 시간당 명목상 해면철 생산율을 갖고, 환원 가스 용기의 저장 용량은 적어도 1시간 동안, 바람직하게는 적어도 3시간 동안, 더욱 더 바람직하게는 적어도 6시간 동안 상기 명목적 환원율로 환원을 가능하게 하는 데 필요한 수소 가스의 양에 대응한다.

도면의 간단한 설명

[0060] 본 발명과 이의 추가 목적 및 장점을 더 잘 이해하기 위해, 아래에 제시된 상세한 설명은 첨부된 도면과 함께 읽어야 하며, 도면에서 동일한 참조 부호는 여러 도면에서 유사한 항목을 나타낸다.

도 1은 Hybrit 개념에 따른 철광석 기반 제강 가치 사슬을 개략적으로 도시한다.

도 2는 본 명세서에 개시된 공정을 수행하기에 적합한 시스템의 예시적인 실시예를 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0061] 정의

[0062] 환원 가스는 철광석을 금속철로 환원시킬 수 있는 가스이다. 종래의 직접 환원 공정에서 환원 성분은 일반적으로 수소와 일산화탄소이지만, 본 개시된 공정에서 환원 성분은 주로 수소이거나 단지 수소만이다. 환원 가스는 직접 환원 샤프트의 철광석 입구보다 낮은 지점에서 도입되어 철광석을 환원시키기 위해 철광석의 이동 층과 반대 방향인 위쪽으로 흐른다.

[0063] 상부 가스는 광석 입구 부근의 직접 환원 샤프트의 상위 단부로부터 제거되는 공정 가스이다. 상부 가스는 일반적으로 환원 성분의 산화 생성물(예를 들어, H20)을 포함하여 부분적으로 사용된 환원 가스와, 예로서 밀봉 가스로서 공정 가스에 도입되는 불활성 성분의 혼합물을 포함한다. 처리 후, 상부 가스는 환원 가스의 성분으로서 직접 환원 샤프트로 다시 재활용될 수 있다.

[0064] 침탄 공정 가스에 불활성 성분이 축적되는 것을 방지하기 위해 사용된 침탄 가스로부터 제거된 블리드오프 스트림은 침탄 블리드오프 스트림(carburization bleed-off stream)이라고 한다.

[0065] 환원 가스 소스로부터의 가스는 보충 가스로 지칭될 수 있다. 본 발명의 맥락에서 보충 가스는 직접 환원 샤프

트에 재도입되기 전에 재활용된 상부 가스에 추가된다. 따라서, 환원 가스는 일반적으로 재활용된 상부 가스와 함께 보충 가스를 포함한다.

[0066] 밀봉 가스는 직접 환원(DR) 샤프트의 입구에 있는 광석 장입 장치로부터 직접 환원 샤프트로 들어가는 가스이다. 직접 환원 샤프트의 출구 단부는 또한 밀봉 가스를 사용하여 밀봉될 수 있으며, 따라서 밀봉 가스는 직접 환원 샤프트의 출구에 있는 배출 장치로부터 DR 샤프트에 들어갈 수 있다. 밀봉 가스는 샤프트 입구와 출구에서 폭발성 가스 혼합물이 형성되는 것을 방지하기 위해 일반적으로 불활성 가스이다. 불활성 가스는 공기 또는 공정 가스와 가연성 또는 폭발성 혼합물을 형성하지 않을 수 있는 가스이고, 즉, 공정의 일반적인 조건 하에서 연소 반응에서 산화제나 연료로 작용하지 않을 수 있는 가스이다. 밀봉 가스는 본질적으로 질소 및/또는 이산화탄소로 구성될 수 있다. 이산화탄소는 본 명세서에서 불활성 가스라고 부르지만, 이산화탄소는 시스템의 일반적인 조건 하에서 수성 가스 전환 반응에서 수소와 반응하여 일산화탄소와 증기를 제공할 수 있다는 점에 유의해야 한다.

[0067] 환원

[0068] 직접 환원 샤프트는 이 기술 분야에 일반적으로 알려진 임의의 종류일 수 있다. 샤프트란 철광석 짐이 반응기 상부의 입구에 도입되고 중력에 의해 반응기 하부에 배열된 출구를 향해 하강하는 고체-가스 역류 이동 층 반응기를 의미한다. 환원 가스는 반응기 입구보다 낮은 지점에서 도입되어 광석을 금속철로 환원시키기 위해 광석의 이동 층과 반대 방향인 상방으로 흐른다. 환원은 일반적으로 약 900℃ 내지 약 1100℃의 온도에서 수행된다. 필요한 온도는 일반적으로 예를 들어 전기 예열기(preheater)와 같은 예열기를 사용하여 반응기에 도입되는 공정 가스를 예열하는 것에 의해 유지된다. 가스의 추가 가열은 예열기를 떠난 후 및 반응기로 도입되기 전에 산소 또는 공기로 가스의 발열 부분을 산화시키는 것에 의해 얻어질 수 있다. 환원은 DR 샤프트에서 약 1 Bar 내지 약 10 Bar, 바람직하게는 약 3 Bar 내지 약 8 Bar의 압력에서 수행될 수 있다. 반응기는 해면철이 출구로부터 배출되기 전에 냉각되도록 하부에 배열된 냉각 및 배출 원추부를 가질 수 있다.

[0069] 철광석 짐은 일반적으로 주로 철광석 펠릿으로 구성되지만 일부 덩어리 철광석도 도입될 수 있다. 철광석 펠릿은 일반적으로 맥석, 융제 및 결합제와 같은 추가 첨가제 또는 불순물과 함께 대부분 적철광을 포함한다. 그러나, 펠릿은 일부 다른 금속 및 자철광과 같은 다른 광석을 포함할 수 있다. 직접 환원 공정에 특화된 철광석 펠릿은 시판되고 있으며, 이러한 펠릿이 본 공정에서 사용될 수 있다. 대안적으로, 펠릿은 본 공정에서와 같이 수고가 풍부한 환원 단계에 특별히 적합할 수 있다.

[0070] 환원 가스에는 수소가 풍부하다. 환원 가스란 직접 환원 샤프트로 도입되는 상부 가스의 재활용 부분과 새로운 보충 가스를 합한 것을 의미한다. 수소가 풍부하다는 것은 직접 환원 샤프트에 들어가는 환원 가스가 70 부피% 초과의 수소 가스, 예를 들어, 80 부피% 초과의 수소 가스, 또는 90 부피% 초과의 수소 가스(1 atm 및 0° C의 정상 조건에서 결정된 부피%)로 구성될 수 있음을 의미한다. 바람직하게는, 환원은 이산 단계로 수행된다. 즉, 침탄이 전혀 수행되지 않거나 침탄이 수행되어야 하는 경우 침탄은 환원과는 별개로 수행되고, 즉 별도의 반응기에서 또는 직접 환원 샤프트의 별도의 이산 영역에서 수행된다. 이는 탄소질 성분을 제거할 필요성 및 이러한 제거와 관련된 비용을 피하기 때문에 상부 가스의 처리를 상당히 단순화시킨다. 이러한 경우, 보충 가스는 수소 가스로 구성되거나 본질적으로 수소 가스로 구성될 수 있다. 보충 가스가 단지 수소만인 경우에도 일부 양의 탄소 함유 가스가 환원 가스에 존재할 수 있다는 점에 유의해야 한다. 예를 들어, 직접 환원 샤프트의 해면철 출구가 침탄 반응기의 입구에 결합된 경우, 상대적으로 적은 양의 탄소 함유 가스가 침탄 반응기로부터 직접 환원 샤프트로 의도치 않게 스며들 수 있다. 또 다른 예로서, 철광석 펠릿에 존재하는 탄산염이 휘발되어 DR 샤프트의 상부 가스에서 CO_2로 나타날 수 있고, 그 결과 CO_2의 양이 발생하고, 이는 DR 샤프트로 다시 재활용될 수 있다. 환원 가스 회로에는 수소 가스가 우세하기 때문에 존재하는 임의의 CO_2는 역수성 가스 전환 반응(reverse water-gas shift reaction)에 의해 CO로 전환될 수 있다.

[0071] 일부 경우에 단일 단계로 환원을 수행하는 것과 함께 어느 정도의 침탄을 얻는 것이 바람직할 수 있다. 이러한 경우, 환원 가스는 최대 약 20 부피% 또는 최대 약 10 부피%(1 atm 및 0℃의 정상 조건에서 결정됨)와 같이 최대 약 30 부피%의 탄소 함유 가스를 포함할 수 있다. 적합한 탄소 함유 가스는 아래에서 침탄 가스로서 개시된다.

[0072] 수소 가스는 바람직하게는 물의 전기분해에 의해 적어도 부분적으로 얻어질 수 있다. 재생 에너지를 사용하여 물의 전기분해를 수행하면 재생 소스로부터 환원 가스를 제공할 수 있다. 전해 수소는 전해조로부터 DR 샤프트로 직접 도관을 통해 이송될 수 있고, 또는 수소는 생산 시 저장될 수 있고 필요에 따라 DR 샤프트로 이송될 수

있다.

[0073] 직접 환원 샤프트에서 나오는 상부 가스는 일반적으로 미반응 수소, 물(수소의 산화 생성물) 및 불활성 가스를 포함할 것이다. 환원과 함께 침탄을 수행하는 경우, 상부 가스는 또한 메탄, 일산화탄소 및 이산화탄소와 같은 일부 탄소질 성분을 포함할 수 있다. 직접 환원 샤프트에서 나오는 상부 가스는 초기에 동반된 고형물을 제거하기 위한 먼지 제거 및/또는 상부 가스를 냉각하고 환원 가스를 가열하기 위한 열 교환과 같은 컨디셔닝을 받을 수 있다. 열 교환 동안 상부 가스로부터 물이 응축될 수 있다. 바람직하게는, 이 단계의 상부 가스는 본질적으로 수소, 불활성 가스 및 잔류 물로 구성될 것이다. 그러나, 탄소질 성분이 상부 가스에 존재하는 경우, 이러한 탄소질 성분은 예를 들어 개질 및/또는 CO_2 흡수에 의해 상부 가스로부터 제거될 수도 있다.

[0074] 해면철

[0075] 본 명세서에 설명된 공정의 해면철 제품은 일반적으로 직접 환원철(DRI)로 지칭된다. 공정 매개변수에 따라 해면철은 열간 환원철(HDRI) 또는 냉간 환원철(CDRI)로 제공될 수 있다. 냉간 DRI는 유형(B) DRI라고도 알려져 있을 수 있다. DRI는 재 산화되기 쉬울 수 있으며 일부 경우에는 발화성이다. 그러나, DRI를 부동태화하는 알려진 수단이 많이 있다. 제품을 해외로 수송하는 것을 용이하게 하기 위해 일반적으로 사용되는 이러한 부동태화 수단 중 하나는 열간 DRI를 단광으로 압축하는 것이다. 이러한 단광은 일반적으로 열간 단광(HBI)이라고 하며, 유형(A) DRI로도 알려져 있을 수 있다.

[0076] 본 공정에 의해 얻어진 해면철 제품은 본질적으로 완전히 금속화된 해면철, 즉 약 90% 초과, 예를 들어 약 94% 초과 또는 약 96% 초과의 환원도(DoR)를 갖는 해면철일 수 있다. 환원도는 산화철에 존재하는 초기 산소량의 백분율로 표시된, 산화철로부터 제거된 산소의 양으로 정의된다. 반응 역학으로 인해 약 96%보다 큰 DoR를 갖는 해면철을 얻는 것은 종종 상업적으로 바람직하지 않지만, 이러한 해면철은 원하는 경우 생산될 수 있다.

[0077] 침탄이 수행되면, 임의의 원하는 탄소 함량을 갖는 해면철이 본 명세서에 설명된 공정에 의해 약 0 내지 약 7 중량%로 생산될 수 있다. 그러나, 해면철의 탄소 함량이 약 0.5 중량% 내지 약 5 중량%, 바람직하게는 약 1 중량% 내지 약 4 중량%, 예를 들어, 약 3 중량%인 것이 추가 가공을 위해 일반적으로 바람직하지만, 이는 후속 EAF 처리 단계에서 사용되는 고철에 대한 해면철의 비율에 따라 달라질 수 있다.

[0078] 실시예

[0079] 이제 본 발명은 특정 예시적인 실시예 및 도면을 참조하여 보다 상세히 설명될 것이다. 그러나, 본 발명은 본 명세서에서 논의되고/되거나 도면에 도시된 예시적인 실시예로 제한되지 않고, 첨부된 청구범위 내에서 변경될 수 있다. 또한, 특정 특징을 보다 명확하게 설명하기 위해 일부 특징이 과장되었을 수 있으므로 도면은 축척에 맞는 것으로 고려해서는 안 된다.

[0080] 도 1은 Hybrit 개념에 따른 철광석 기반 제강 가치 사슬을 개략적으로 도시한다. 철광석 기반 제강 가치 사슬은 철광석 광산(101)에서 시작된다. 채광 후, 철광석(103)은 펠릿화 공장(105)에서 농축 및 가공되고, 철광석 펠릿(107)이 생산된다. 이 펠릿은 공정에 사용되는 임의의 덩어리 광석과 함께 수소 가스(115)를 주 환원제로 사용하고 물(117a)을 주 부산물로 생산하는 직접 환원 샤프트(111)에서 환원에 의해 해면철(109)로 전환된다. 해면철(109)은 선택적으로 직접 환원 샤프트(111)에서 또는 별도의 침탄 반응기(미도시)에서 침탄될 수 있다. 수소 가스(115)는 바람직하게는 주로 화석 연료가 없거나 재생 소스(122)로부터 유래된 전기(121)를 사용하여 전해조(119)에서 물(117b)을 전기분해하는 것에 의해 생산된다. 수소 가스(115)는 직접 환원 샤프트(111)로 도입되기 전에 수소 저장부(120)에 저장될 수 있다. 해면철(109)은 용융물(127)을 제공하기 위해 선택적으로 고철(125) 또는 다른 철 소스의 일부와 함께 전기 아크로(123)를 사용하여 용융된다. 용융물(127)은 추가 하류 2차 야금 공정(129)을 거치고, 철강(131)이 생산된다. 광석으로부터 철강에 이르기까지 전체 가치 사슬에서 화석 연료가 없고 탄소 배출이 적거나 제로(0)가 되도록 의도된다.

[0081] 도 2는 본 명세서에 개시된 공정을 수행하기에 적합한 시스템의 예시적인 실시예를 개략적으로 도시한다.

[0082] 도 2에 제시된 시스템은 직접 환원(DR) 샤프트(201)를 포함한다. DR 샤프트는 DR 샤프트 내로 철광석을 도입하기 위한 제1 입구(202)와, DR 샤프트로부터 해면철을 제거하기 위한 제1 출구(203)를 포함한다. DR 샤프트는 환원 가스를 샤프트 내로 도입하기 위한 복수의 제2 입구(204)와, DR 샤프트로부터 상부 가스를 제거하기 위한 적어도 하나의 제2 출구(205)를 추가로 포함한다. 제2 입구는 다수일 수 있지만 단순화를 위해 도면에는 단 하나만이 도시되어 있음을 이해해야 한다.

[0083] 시스템은 제1 가스 라인(207)을 통해 환원 가스 입구(들)(204)와 연결된 환원 가스 소스(206)를 추가로 포함한

다. 환원 가스 소스는 수소 생산 유닛을 포함할 수 있다. 제시된 실시예에서, 환원 가스 소스는 물 전해조 유닛을 포함한다. 환원 가스 소스(206)로부터의 환원 가스는 1 bar 정도의 다소 낮은 압력을 갖고, DR 샤프트에 도입되기 전에 압축되어야 한다. 따라서, 시스템은, 제1 가스 라인(207)에 제공되고 환원 가스의 압력을 약 8 bar로 증가시키도록 구성된 제1 압축기(208)를 추가로 포함한다.

[0084] 시스템은 환원 가스 용기(209)를 추가로 포함한다. 제시된 실시예에서, 환원 가스 용기(209)는 라이닝된 암석 동굴을 포함한다. 직접 환원 샤프트(201)는 시간당 명목상 해면철 생산율을 갖고, 환원 가스 용기(209)의 저장 용량은 적어도 6시간 동안 상기 명목 환원율로 환원을 가능하게 하는 데 필요한 수소 가스의 양에 대응한다.

[0085] 시스템은 상부 가스의 적어도 일부를 통과시키기 위한 1차 회로(210)를 추가로 포함하고, 상기 1차 회로는 일단부가 제2 출구(205)와 연결되고, 타단부가 상기 제1 가스 라인(207)과 연결된다.

[0086] 1차 회로(210)를 통해 전달된 가스로부터 제거된 가스의 적어도 일부를 전달하기 위해 2차 회로(211)가 제공된다. 2차 회로(211)는 일단부가 1차 회로(210)에 연결되고, 타단부가 환원 가스 용기(209)에 연결된다. 2차 회로(211)는 1차 회로(210)의 압력 및 이에 따라 DRI 샤프트의 압력을 제어하는 데 사용된다.

[0087] 시스템은 환원 가스 소스(206)를 환원 가스 용기(209)와 연결하는 제2 가스 라인(212), 및 환원 가스 용기(209)를 제1 가스 라인(207)과 연결하는 제3 가스 라인(213)을 추가로 포함한다. 도 2에 도시된 실시예에서, 제2 가스 라인(212)은 제1 가스 라인(207) 및 이 제1 가스 라인으로부터 상기 제2 가스 라인(212)으로 연장되는 제4 가스 라인(216)을 통해 환원 가스 소스(206)에 연결된다. 제3 가스 라인(213)은 상기 제4 가스 라인(216)을 통해 제1 가스 라인(207)에 연결된다. 제4 가스 라인(216)은 상기 제1 압축기(208) 하류의 제1 가스 라인(207)에 연결된다. 제4 가스 라인이 제외되고, 제2 가스 라인(212)과 제3 가스 라인(213)이 제1 가스 라인에 연결되기 위해 공통 가스를 공유하지 않고 별개로 제1 가스 라인으로 연장되는 대안적인 실시예도 또한 가능하다.

[0088] 제어 유닛(214)은 제1 가스 라인(207)에 배열된 동작 밸브(224)의 제어에 의해 환원 가스 소스(206)로부터 제1 가스 라인(207)을 통한 환원 가스의 흐름을 제어하도록 구성된다. 또한, 제어 유닛(214)은 제3 가스 라인(213)에 제공된 동작 밸브(220)의 제어에 의해 환원 가스 용기(209)로부터 제3 가스 라인(213)을 통해 제1 가스 라인(207)으로의 환원 가스의 흐름을 제어하도록 구성된다. 제어 유닛(214)은 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하는 동시에 대응하여 환원 가스 소스(206)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로의 환원 가스의 유량을 감소시키도록 구성된다. 제어 유닛(214)은 또한 제4 가스 라인(212)에 제공된 동작 밸브(225)를 제어하여 제2 가스 라인(212)으로의 환원 가스의 흐름을 제어하도록 구성된다. 제4 가스 라인(216)의 동작 밸브(225)는 또한 환원 가스 용기(209)로부터 제1 가스 라인(207)으로의 가스 흐름을 제어하는 데 사용된다. 바람직하게는, 상기 제어 가능한 밸브 각각은 각각의 가스 라인의 압력과 유량을 제어할 수 있는 비례 밸브이다.

[0089] 시스템은 환원 가스 용기(209)의 가스 압력이 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 환원 가스 용기(209)로부터 제1 가스 라인(207)으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하기 위한 수단을 포함한다. 상기 수단은 제3 가스 라인에 제공된 압력 센서(215)와, 제3 가스 라인(213)에 제공되고 제어 유닛(214)에 의해 제어되는 동작 가능한 제어 밸브(220)를 포함한다. 또한, 제3 가스 라인(213)에는 도시되지 않은 감압기가 설치될 수도 있다. 일 실시예에 따르면, 제3 가스 라인(213)의 가스 흐름을 촉발하는 환원 가스 용기(209)의 상기 미리 결정된 압력은 제1 가스 라인(207)의 압력보다 상당히 더 높다. 감압기는, 적용되는 경우, 통과하는 가스의 더 높은 에너지를, 바람직하게는 환원 가스 소스에서 수소 가스를 생산하는 데 사용되는 전력으로 변환하도록 (예를 들어, 터빈을 장착함으로써) 구성된다.

[0090] 환원 가스 소스(206)는 전력 소스(217)의 전력에 의해 구동되는 전해조를 포함한다. 일 실시예에 따르면, 전력 소스(217)는 태양 에너지 플랜트 또는 풍력 에너지 플랜트와 같은 재생 에너지 소스를 포함한다. 이러한 플랜트에서 생산되는 전력은 시간이 지남에 따라 변동될 수 있으므로, 제어 유닛(214)은 생산된 전력이 미리 결정된 제1 레벨 미만인 것에 응답하여 환원 가스 용기(209)로부터 상기 제1 가스 라인(207)으로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하도록 구성된다.

[0091] 전력 소스(217)는 또한 공공 전기 네트워크를 포함할 수 있으며, 여기서 시스템은 공공 전기 네트워크 상에 부하를 등록하기 위한 수단을 포함한다. 그러면 제어 유닛(214)은 공공 네트워크의 부하와 이에 따른 전력 가격이 미리 정해진 레벨보다 높은 것에 응답하여 환원 가스 용기(209)로부터 제1 가스 라인(207)으로 가스 혼합물의 흐름을 가능하게 하도록 구성될 수 있다. 따라서, 공공 전력망의 부하가 높아 전력 가격이 높아지는 경우, 환원 샤프트(201)로의 환원 가스는 특히 환원 가스 소스가 전해조를 포함하는 경우 환원 가스 소스(206) 대신 환원

가스 용기(209)로부터 주로 공급될 수 있다.

[0092] 제어 유닛(214)은 제1 가스 라인(207)에서 DR 샤프트로 요청된 환원 가스 흐름이 달성되는 조건 하에서 환원 가스 용기(209)로부터 제1 가스 라인(207)으로의 환원 가스 흐름이 가능해진 것에 응답하여 환원 가스 소스(206)의 출력을 감소시키도록 구성된다.

[0093] 제어 유닛(214)은 전력에 대한 액세스가 미리 정해진 제2 레벨보다 높은 것에 응답하여 환원 가스 소스(206)로부터 환원 가스 용기(209)로 환원 가스의 흐름을 가능하게 하도록 구성된다. 전력에 대한 액세스로 환원 가스 소스(206)가 DR 샤프트에 필요한 것보다 더 높은 비율로 환원 가스를 생산할 수 있게 되면, 제어 유닛(214)은 환원 가스 소스(206)에 의해 생산되는 과잉 환원 가스가 환원 가스 용기(209)로 전달되도록 환원 가스의 생산 및 공급을 제어한다.

[0094] 시스템은 압력 센서(218), 동작 밸브(219) 및 제어 유닛(214)을 포함하고, 이에 따라 제어 유닛(214)은 1차 회로(210)의 압력이 미리 결정된 레벨보다 높은 것에 응답하여 1차 회로(210)로부터 2차 회로(211)로의 가스의 일부를 제거하기 위해 센서(218)로부터의 입력에 기초하여 밸브(219)를 제어한다. 시스템은 또한 또는 대안으로서 1차 회로(210)로부터 2차 회로(211)로 상부 가스의 연속적인 블리드오프를 제공하도록 구성된 수단을 포함할 수 있다.

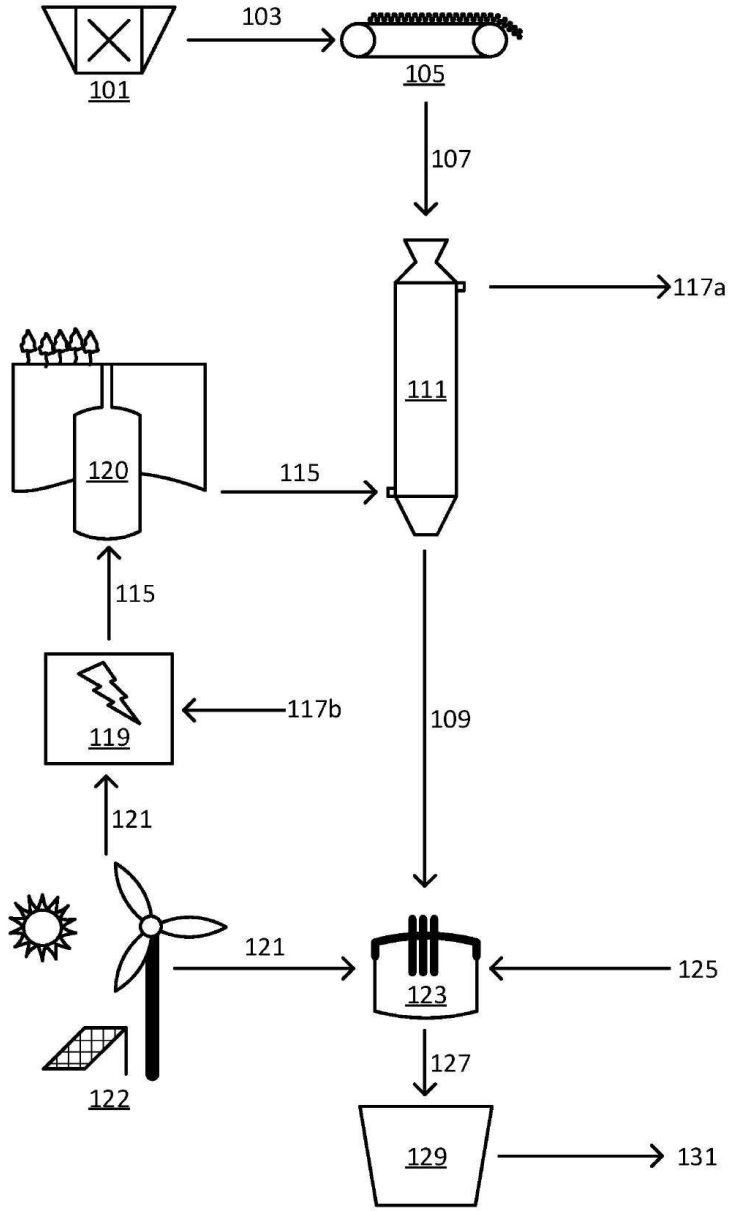
[0095] 시스템은 2차 회로(211)를 통해 전달된 상기 가스의 일부와, 환원 가스 소스(206)로부터 상기 제2 가스 라인(212)을 통해 전달된 환원 가스를, 환원 가스 용기(209)에 들어가기 전에, 압축하기 위한 압축기 장치(220, 221)를 추가로 포함한다.

[0096] 시스템은 제1 가스 라인(207)의 환원 가스 유량을 측정하기 위한 적어도 하나의 제1 센서(222), 직접 환원 샤프트(201) 내부 또는 이의 출구의 온도를 측정하거나 또는 DR 샤프트(201) 내부 또는 이의 출구의 온도를 나타내는 온도를 측정하기 위한 적어도 하나의 제2 센서(223), 및 DR 샤프트 내부의 압력을 나타내는 압력을 측정하기 위한 적어도 하나의 제3 센서, 여기서는 1차 회로의 압력 센서(218)를 포함한다. 제어 유닛(214)은 상기 제1, 제2 및 제3 센서(222, 223, 218)로부터 수신된 입력에 기초하여 제1 가스 라인(207)에서 DR 샤프트 내로 요청된 환원 가스 유량을 결정하도록 구성된다.

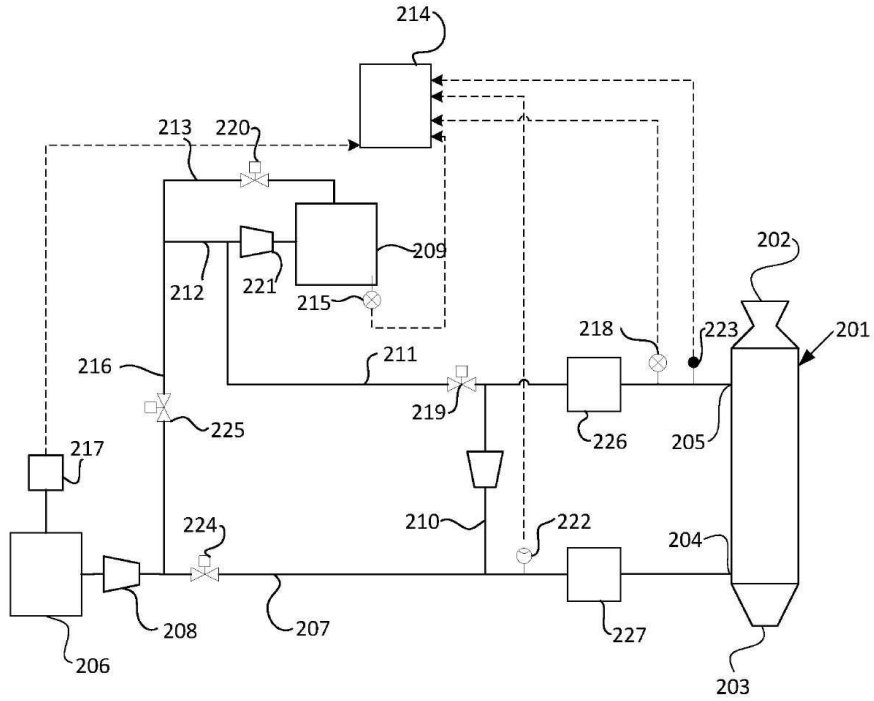
[0097] 1차 회로(210)는 상부 가스를 처리하기 위한 디바이스(226)를 추가로 포함하고, 상기 디바이스(226)는 1차 회로(210)를 통해 전달되는 상부 가스의 일부로부터 불활성 가스를 분리하기 위한 디바이스(상세히 도시되지 않음)를 포함한다. 처리 디바이스(226)는 또한 1차 회로(210)를 통해 전달되는 상기 상부 가스의 일부로부터 물과 먼지/미립자 물질을 분리하기 위한 디바이스(상세히 도시되지 않음)를 포함한다. 처리 디바이스(226)는 또한 가스 라인(207)을 통해 흐르는 환원 가스와 상부 가스 사이의 열 교환을 위한 열 교환기(상세히 도시되지 않음)를 포함한다. 또한 제1 가스 라인(207)의 환원 가스를 가열하기 위해, 즉 환원 가스 소스(206) 및/또는 환원 가스 용기(209) 및 1차 회로(210)로부터의 환원 가스를 가열하기 위해 별도의 가열기(227)가 제공된다.

도면

도면1


103
101
105
107
117a
111
120
115
115
119
117b
109
121
121
125
123
122
127
129
131

도면2


214
213
220
209
212
221
215
202
218
223
201
216
211
219
225
226
205
217
210
222
204
224
208
207
227
206
203