

(52) CPC특허분류

C01B 3/34 (2013.01)

B01D 2256/16 (2013.01)

B01D 2257/504 (2013.01)

B01D 2259/40088 (2013.01)

C01B 2203/0233 (2013.01)

C01B 2203/0425 (2013.01)

C01B 2203/0475 (2013.01)

C01B 2203/1241 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

이산화탄소를 흡수하여 사용된 수착제를 형성하는 소정량의 수착제 물질을 함유하는 수착제 강화 개질기에 공급 물질을 도입시켜 이산화탄소 및 수소 기체를 생성시키고;

상기 사용된 수착제를 대기압에서 작동되는 하소장치에 도입시켜 상기 사용된 수착제를 가열하여 상기 사용된 수착제로부터 이산화탄소를 탈착시켜 재생된 수착제를 생성시키고;

재생된 수착제의 적어도 일부를 수착제 강화 개질기로 재순환시키는 것

을 포함하는, 수소 기체의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 수착제 강화 개질기로부터 수소 기체의 적어도 일부를 회수하는 것을 추가적으로 포함하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 회수된 수소 기체를 추가적인 수소 정제 처리를 위해 전달하는 것을 추가적으로 포함하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 추가적인 수소 정제 처리가 압력 스윙 흡착(pressure swing adsorption)을 포함하는 것인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 공급 물질이 탄화수소 연료 및 H₂O를 포함하는 것인 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 탄화수소 연료가 천연 가스를 포함하는 것인 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 수착제 강화 개질기가 적어도 35 psia의 압력에서 작동되는 것인 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 사용된 수착제를 하소장치에 도입시키기 전에, 수착제 강화 개질기 생성물 기체로부터 상기 사용된 수착제를 분리하는 것을 추가적으로 포함하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 분리된 수착제 강화 개질기 생성물 기체가 수소 기체를 포함하며, 상기 분리된 수착제 강화 개질기 생성물 수소 기체의 적어도 일부를 정제하는 것을 추가적으로 포함하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 재순환 전에, 재생된 수착제의 적어도 일부를 가압하는 것을 추가적으로 포함하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 하소장치에서의 상기 사용된 수착제의 가열이 직접적인 열의 적용을 포함하는 것인 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 하소장치에서의 상기 사용된 수착제의 가열이 간접적인 열의 적용을 포함하는 것인 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 하소장치로부터 탈착된 이산화탄소의 적어도 일부를 회수하는 것을 추가적으로 포함하는 방법.

청구항 14

이산화탄소를 흡수하여 사용된 수착제를 형성하는 소정량의 CO₂ 수착제 물질을 함유하는, 적어도 35 psia의 압력에서 작동되는 수착제 강화 개질기에 천연 가스 및 H₂O를 포함하는 공급 물질을 도입시켜 이산화탄소 및 수소 기체를 생성시키고;

수소 기체를 포함하는 수착제 강화 개질기 생성물 기체를 상기 사용된 수착제로부터 분리하고;

상기 사용된 수착제를 대기압에서 작동되는 직접 소성 하소장치에 도입시켜 상기 사용된 수착제를 가열하여 상기 사용된 수착제로부터 이산화탄소를 탈착시켜 재생된 수착제를 생성시키고;

재생된 수착제의 적어도 일부를 수착제 강화 개질기로 재순환시키는 것

을 포함하는, 수소 기체의 제조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 재순환 전에, 재생된 수착제의 적어도 일부를 가압하는 것을 추가적으로 포함하는 방법.

청구항 16

제14항에 있어서, 하소장치로부터 탈착된 이산화탄소의 적어도 일부를 회수하는 것을 추가적으로 포함하는 방법.

청구항 17

소정량의 수착제 물질을 함유하는 수착제 강화 개질기로서, 여기서 공급 물질이 이산화탄소 및 수소 기체를 생성시키고, 수착제 물질이 이산화탄소를 흡수하여 사용된 수착제를 형성하는 것인 수착제 강화 개질기;

상기 사용된 수착제를 수착제 강화 개질기 생성물 기체로부터 분리하기 위한 분리장치;

상기 사용된 수착제를 가열하여 상기 사용된 수착제로부터 이산화탄소를 탈착시켜 재생된 수착제를 생성시키기 위한, 대기압에서 작동되는 하소장치; 및

하소장치로부터의 재생된 수착제 중 적어도 일부를 수착제 강화 개질기로 도입시키기 위한 재순환 라인

을 포함하는, 수소 기체의 제조 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서, 하소장치가 직접 가열 하소장치인 시스템.

청구항 19

제17항에 있어서, 적어도 35 psia의 압력에서 수착제 강화 개질기가 이산화탄소 및 수소 기체를 생성시키고 수착제 물질이 이산화탄소를 흡수하여 사용된 수착제를 형성하는 것인 시스템.

청구항 20

제17항에 있어서, 하소장치로부터의 탈착된 이산화탄소의 적어도 일부를 추가 처리를 위해 이송하기 위한 이산화탄소 처리 라인을 추가적으로 포함하는 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 수소 제조, 더 구체적으로는 대기압 하소(atmospheric calcination)를 사용한 수착제 강화 개질(sorbent enhanced reforming)을 통한 수소 제조에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 수착제 강화 개질(Sorbent Enhanced Reforming) (SER)은 CO₂ 포획이 통합되어 있는 떠오르는 수소 제조용 처리 기술이다.

[0003] 그와 같은 처리는 통상적으로 르 샤틀리에 법칙(Le Chatelier's principle)을 사용하여 고순도 수소의 제조를 보조한다. 본질적으로, 그와 같은 처리는 수착제 물질을 이용하여 개질 반응 동안 생성되는 이산화탄소를 흡착시켜, 반응이 차후에 제거되는 이산화탄소를 더 많이 생성시키도록 한다. 이산화탄소의 제거는 우선적으로 열역학적 평형을 고순도의 수소 평형쪽으로 이동시킨다.

[0004] SER 처리의 이차적인 이점은 거의 모든 이산화탄소가 수착제 물질에 의해, 또는 거기에 보유된다는 것이다. 바람직하게도 수착제 물질의 재사용을 가능케 하기 위해서는, 포획된 이산화탄소가 차후에 수착제 물질로부터 방출되어야 한다. 수착제 물질의 재생은 통상적으로 하소장치(calciner)로 알려져 있는 구성요소에서 수행된다.

[0005] 하기 두 가지 통상적인 유형의 하소 처리가 존재한다: 직접 및 간접 소성(firing). 직접 소성 하소는 연소 또는 전기 가열 공정으로부터의 것과 같은 고온 기체를 이용하는데, 그와 같은 고온 기체를 직접적으로 수착제 물질과 혼합한다. 그와 같은 직접적인 소성 하소 처리는 통상적으로 고체 취급 접근을 단순화하며, 이산화탄소의 분압을 감소시키는 것에 의해 요구되는 하소 온도를 감소시킨다. 간접소성 하소는 수착제 물질로부터 물리적으로 분리되어 있는 외부의 공급원으로부터 제공되는 것과 같은 열을 이용한다. 그와 같은 간접 소성 하소 처리는 통상적으로 열 전달 과정을 복잡하게 하며, 요구되는 하소 온도를 증가시키나, 예컨대 탄소 포획 및 금속 이온봉쇄 또는 공동-제조 요구에 대하여 유용할 수 있는 거의 순수한 이산화탄소 스트림을 제공한다.

[0006] 지금까지, 하소 처리는 보통 통상적으로 30-363 psia 범위인 반응기 시스템 압력의 5 % 이내 압력에서 수행되어 왔다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0007] [발명의 개요]

[0008] 주제 개시의 일반적인 목적은 개선된 수소 제조를 제공하거나 초래하는 것이다.

[0009] 일 실시양태에 있어서, 주제 개시의 상기 일반적인 목적은 수착제 강화 개질기(sorbent enhanced reformer)로 공급 물질을 도입시켜 이산화탄소 및 수소 기체를 생성시키는 것을 포함하는 수소 기체의 제조 방법을 통하여 적어도 부분적으로 달성될 수 있다. 상기 수착제 강화 개질기는 바람직하게는 이산화탄소를 흡수하여 사용된 수착제를 형성하는 소정량의 수착제 물질을 함유한다. 상기 방법은 또한 상기 사용된 수착제를 대기압에서 작동되는 하소장치에 도입시켜 상기 사용된 수착제를 가열하여, 상기 사용된 수착제로부터 이산화탄소를 탈착시켜 재생된 수착제를 생성시키는 것을 포함한다. 재생된 수착제의 적어도 일부는 바람직하게는 예컨대 추가 처리에 사용되도록 수착제 강화 개질기로 재순환될 수 있다.

[0010] 또 다른 실시양태에 있어서, 주제 개시는 천연 가스 및 H₂O를 포함하는 공급 물질을 적어도 35 psia의 압력에서 작동되는 수착제 강화 개질기에 도입시켜 이산화탄소 및 수소 기체를 생성시키는 것을 포함하는 수소 기체의 제조 방법을 제공한다. 상기 수착제 강화 개질기는 바람직하게는 이산화탄소를 흡수하여 사용된 수착제를 형성하는 소정량의 CO₂ 수착제 물질을 함유한다. 수소 기체를 포함하는 수착제 강화 개질기 생성물 기체는 사용된 수착제로부터 분리된다. 사용된 수착제는 대기압에서 작동되는 직접 소성 하소장치에 도입되며, 사용된 수착제를 가열하여 사용된 수착제로부터 이산화탄소를 탈착시켜, 재생된 수착제가 생성된다. 원할 경우, 분리된 수착제 강화 개질기 생성물 수소 기체의 적어도 일부는 이후 예컨대 압력 스윙 흡착(pressure swing adsorption)을 통하여 정제될 수 있다. 또한, 재생된 수착제의 적어도 일부는 수착제 강화 개질기로 재순환된다.

[0011] 본 발명의 또 다른 측면에서는, 수소 기체의 제조 시스템이 제공된다. 그와 같은 시스템은 예컨대 소정량의 수

착제 물질을 함유하며, 공급 물질이 이산화탄소 및 수소 기체를 생성시키고, 수착제 물질이 이산화탄소를 흡수하여 사용된 수착제를 형성하는 수착제 강화 개질기를 함유하거나 포함할 수 있다. 상기 시스템은 또한 사용된 수착제를 수착제 강화 개질기 생성물 기체로부터 분리하기 위한 분리장치를 포함할 수 있다. 사용된 수착제를 가열하여 사용된 수착제로부터 이산화탄소를 탈착시켜 재생된 수착제를 생성시키기 위하여, 대기압에서 작동되는 하소장치가 제공되거나, 포함된다. 상기 시스템은 또한 하소장치로부터의 재생된 수착제 중 적어도 일부를 수착제 강화 개질기로 도입시키기 위한 재순환 라인을 포함한다.

[0012] 수착제를 통한 이산화탄소의 제거는 유리하게도 우선적으로 평형을 고순도의 수소 평형쪽으로 이동시키는 작용을 한다.

[0013] 또한, 거의 모든 이산화탄소가 수착제 물질 중에 보유된다. 본 개시에 있어서의 국소적 주위 압력에서 작동되는 대기압 하소장치의 사용은 유리하게도 반응기의 작동 압력으로부터 하소장치를 해방시키는 작용을 한다.

[0014] 관련 기술분야 통상의 기술자가 본원에서 제공되는 교시에 의해 안내된다면, 하소장치가 바람직하게는 대기압 (예컨대 대기압 위 또는 아래로 25 %, 20 % 또는 10 %까지)에서의 CO₂ 분압으로, 또는 스팀 또는 다른 희석제의 도입을 사용하여 대기압 미만의 CO₂ 분압으로 작동될 수 있다는 것을 알게 될 것이다. 하소장치에의 투입물은 연료, 공기, 및 SER 수소 생성기로부터의 더 높은 압력의 수착제를 포함할 수 있다. 하소 과정은 수착제가 더 높은 압력으로 상승되도록 한다. 하소 과정으로부터의 오프-가스는 포획되고/거나, 추가적으로 처리될 수 있다.

[0015] 본원에서 사용될 때, "대기압 하소장치(atmospheric calciner)", "대기압"에서 작동되는 하소장치 등의 언급은 대기압 $\pm$ 25 %, 대기압 $\pm$ 20 %, 또는 대기압 $\pm$ 10 %에서의 하소장치 및 작동을 지칭하는 것으로 이해되어야 한다.

[0016] 다른 목적 및 장점들은 첨부된 청구범위 및 도면과 연계되어 있는 하기 상세한 설명으로부터 관련 기술분야 통상의 기술자에게 떠오르게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 주제 개시의 일 측면에 따른 수소 기체의 제조를 위한 처리 시스템을 보여주는 단순화된 개략적 도면이다.

도 2는 주제 개시의 또 다른 실시양태에 따른 수소 기체의 제조를 위한 대안적인 처리 시스템을 보여주는 단순화된 개략적 도면이다.

도 3은 CaCO₃와 CaO 사이의 평형 관계에 있어서의 CO₂ 분압과 온도 사이 수학적 관계의 그래프 도시이다.

도 4는 상이한 선택 온도에서의 프레도니아 데라이브드(Fredonia Derived) 및 울트라퓨어(Ultrapure) CaO의 소결에 관한 그래프 도시이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 도 1은 주제 개시의 일 실시양태에 따른 수소 기체의 제조 또는 생성을 위한 일반적으로 참조 번호(110)으로 지정되어 있는 처리 시스템을 보여주는 것이며, 해당 처리 시스템(110)은 수착제 강화 개질기(112)를 사용 또는 이용하여 사용된 수착제, 수소 기체 및 잔류 기체를 생성시킨다. 하기에서 추가 상술되는 바와 같이, 처리 시스템(110)은 간접 소성 하소도 사용 또는 이용하며, 그에 따라 예컨대 사용된 수착제를 적절하게 처리하여 재생하기 위한 간접 소성 하소장치(114)를 포함한다.

[0019] SER 수소 생성기로의 적합한 투입물은 적합한 탄화수소 연료 (예컨대 천연 가스), 스팀, 예컨대 바람직하게는 적어도 부분적으로 하소장치로부터의 것인 가압 수착제를 포함할 수 있으며, 예컨대 시스템 연관 압력 스윙 흡수장치(pressure swing absorber)로부터의 것인 오프-가스를 포함할 수 있다.

[0020] 처리 시스템(110)은 수소 생성 또는 제조를 위한 수착제 강화 개질기(112)로의 진입 전에 공급물을 적절하게 처리하기 위한 것이며 일반적으로 (120)으로 지정되어 있는 공급 물질 처리 부문을 포함한다.

[0021] 나타나 있는 바와 같이, 상기 공급 물질 처리 부문(120)은 공급수 처리 및 펌프 부문(122) 및 천연 가스 공급 및 압축 부문(124)을 함유하거나 포함할 수 있는데, 공급수는 라인(126)을 통하여 증발기 및 예비가열기 유닛(130)으로 도입되며, 천연 가스 중 적어도 일부는 라인(132)을 통하여 증발기 및 예비가열기 유닛(130)으로 도

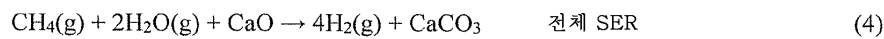
입된다. 증발기 및 예비가열기 유닛(130)으로부터의 공급 물질은 라인(134)을 통하여 최종 공급물 예비가열기(136)로 이송되며, 생성되는 가열된 공급물은 라인(140)을 통하여 수소 기체 (H_2) 수착제 강화 개질기 수소 생성기(112)로 도입된다.

[0022] 적합한 수착제 물질은 라인(144)을 통하여 수소 기체 (H_2) 수착제 강화 개질기 수소 생성기(112)로 도입된다.

[0023] 바람직한 연속식 SER 처리는 연속식 작동에 바람직한 유동화 상 반응기 기술을 사용할 수 있다. 유동화 상 반응기의 이용은 예를 들면 증가되거나 향상된 온도 균일성 및/또는 열 전달을 포함한 수많은 연관 이점들을 초래하거나 산출할 수 있다.

[0024] SER 수소 발생기(112)는 수착제 물질을 이용하여 개질 반응 동안 생성되는 이산화탄소를 흡착하여, 개질 반응이 추가적인 수소 기체 및 이산화탄소를 생성시키고, 이때 바람직하게 수착제 물질을 통하여 이산화탄소가 제거된다. 이에 따라, 이산화탄소의 제거는 우선적으로 평형을 고순도의 수소 평형쪽으로 이동시킨다.

[0025] 흡착제 물질로 CaO를 선택하는 경우, 수착제 강화 개질 작용에 연관되는 일차적인 반응들은 하기의 반응 1-3이다:



[0026]

전체 SER 작용은 상기 반응 (4)으로 정의되며, 하소 작용은 반응 (5)에 나타내었다.

[0027]

[0028] 수소 기체 (H_2) 수착제 강화 개질기 수소 생성기(112)로부터 유출되는 생성물 스트림(152)은 고체인 사용된 수착제를 기체성의 생성물 물질로부터 분리하기 위하여 적절한 분리장치 또는 처리 장치(154)로 도입된다. 구체적인 실시양태에서, 적합한 분리장치 또는 처리 장치에는 필터, 사이클론 등 또는 이들의 조합이 포함될 수 있다.

[0029] 분리장치(154)로부터의 오프-가스 스트림(160)은 적절한 온도 감소를 위하여 오프-가스 냉각기(162)로 전달된다. 주로 수소 기체로 구성되는 적절하게 냉각된 오프-가스는 예를 들자면 압력 스윙 흡수장치를 통한 추가 정제와 같은 이후의 처리를 위하여 라인(164)으로 통과된다.

[0030] 분리장치(154)로부터의 고체인 사용된 수착제는 예컨대 고체 유입구상의 밸브 (미도시) 및 고체 유출구상의 밸브(170)를 사용하여 호퍼(hopper)(166)에 수집될 수 있다. 일단 호퍼가 적절하게 충전되고 나면, 호퍼로의 유입구는 폐쇄될 수 있으며, 예컨대 적합한 배출 포트 (미도시)를 통하여 호퍼로부터 압력이 배출될 수 있다. 일단 압력이 충분히 감소되고 나면, 수착제 유출구 밸브(170)가 개방되어, 대기압 간접 소성 하소장치(114)로의 사용된 수착제의 방출을 허용한다.

[0031] 하소장치(114)는 이제 재생되는 수착제로부터 이산화탄소를 탈착시키는 작용을 한다. 이산화탄소 및 임의의 다른 기체들은 라인(174)을 통하여 냉각장치(176)로 전달되며, 이어서 라인(178)을 통하여 예컨대 배출 연도 또는 다른 적합한 폐기장치 또는 방출장치로 전달된다.

[0032] 하소장치(114)로부터의 재생된 수착제는 라인(180)을 통하여 별도의 호퍼(182)에 수집되며, 반응기 압력을 약간 상회하는 압력으로 적절하게 재-가압될 수 있다. 일단 원하는 압력이 달성되고 나면, 재생된 수착제는 예컨대 라인(144)을 통하여 SER 반응기(112)로 계량된다.

[0033] 처리 시스템(110)은 일반적으로 (184)로 지정되며 예컨대 라인(192)을 통하여 예비가열된 공기를 주 하소장치 버너 유닛(194)으로 공급하는 연소 공기 예비가열기 유닛(190)으로 라인(188)을 통하여 연소 공기를 공급하는 연소 공기 압축기 유닛(186)을 포함하는 하소장치 버너 공급 부문을 포함한다. 주 하소장치 버너 유닛(194)은 예컨대 천연 가스 공급 및 압축 부문(124)으로부터 라인(196)을 통하여 천연 가스로 수용하는데, 연소 생성물은 하소장치(114)로 열을 전달하나 물리적으로는 하소장치(114)의 내장과 분리되어 있는 간접 버너 덕트(115)로 도입된다. 잔류 연소 기체는 수집되어 라인(175)을 통하여 전달되어 열 회수 시스템(177)으로 전송되며, 거기에서 연소 기체로부터 잔류 열이 추출되어, 대기(179) 중으로 배출된다.

- [0034] 관련 기술분야 통상의 기술자라면 본원에서 제공되는 교시에 의해 안내되어 알고 있을 바와 같이, 이와 같은 간접 소성 하소 처리는 예컨대 탄소 포획 및 금속이온봉쇄 또는 공동-제조 요구에 대하여 유용할 수 있는 거의 순수한 이산화탄소 스트림을 제공한다. 결과적으로, 소정의 바람직한 실시양태에서, 간접 소성 하소의 이용은 바람직하게 된다.
- [0035] 본원에서 기술되는 바와 같은 대기압 하소장치의 사용은 바람직하게도 예컨대 공기 및 PSA 오프-가스 압축기 중 어느 하나 또는 모두에 대한 요구를 제거하는 것에 의해 시스템 자본 비용을 감소시킬 수 있다. 또한, 그와 같은 압축기의 작동에 요구되는 전력이 생략되는데, 이는 감소된 작동 비용 및 증가된 시스템 효율로 이어진다. 또한, 주제 하소에서와 같이, 하소 온도는 이산화탄소 분압의 직접적인 결과이며, 상기 압력을 감소시키는 것에 의해 온도 역시 바람직하게도 감소되는데, 이에 따라 주제 개시에 따른 실시는 바람직하게도 수작제의 수명을 증가시키고, 수작제가 교체되어야 하기까지의 시간 기간을 연장할 수 있다.
- [0036] 간접 소성 하소장치를 이용하는 처리 시스템을 구체적으로 참조하여 주제 개시에 따른 처리를 상기하기는 하겠지만, 더 넓은 의미의 본 발명의 실시가 반드시 그렇게 제한되는 것은 아닌데, 예를 들어 원할 경우, 직접 소성 하소장치를 이용하는 개시가 적합하게 실시될 수 있기 때문이다. 여기에 대해서는, 주제 개시의 또 다른 실시양태에 따른 수소 기체의 제조 또는 생성을 위한 것이며 일반적으로 참조 번호(210)로 지정되어 있는 처리 시스템을 도시하는 도 2를 참조하지 않는다. 처리 시스템(210)이 간접 소성 하소 및 간접 하소장치보다는 직접 소성 하소를 사용 또는 이용하며, 그에 따라 사용된 수작제를 적절하게 처리 및 재생하기 위한 직접 소성 하소장치(214)를 포함한다는 것 이외에는, 처리 시스템(210)은 일반적으로 상기한 처리 시스템(110)과 유사하다.
- [0037] 처리 시스템(110)과 유사하게, 처리 시스템(210)은 수소 생성 또는 제조를 위한 수작제 강화 개질기(212)로의 진입 전에 공급물을 적절하게 처리하기 위한 것이며 일반적으로 (220)으로 지정되어 있는 공급 물질 처리 부문을 포함한다. 나타나 있는 바와 같이, 상기 공급 물질 처리 부문(220)은 공급수 처리 및 펌프 부문(222) 및 천연 가스 공급 및 압축 부문(224)을 함유하거나 포함할 수 있는데, 공급수는 라인(226)을 통하여 증발기 및 예비가열기 유닛(230)으로 도입되며, 천연 가스 중 적어도 일부는 라인(232)을 통하여 증발기 및 예비가열기 유닛(230)으로 도입된다. 증발기 및 예비가열기 유닛(230)으로부터의 공급 물질은 라인(234)을 통하여 최종 공급물 예비가열기(236)로 이송되며, 생성되는 가열된 공급물은 라인(240)을 통하여 수소 기체 (H_2) 수작제 강화 개질기 수소 생성기(212)로 도입된다.
- [0038] 적합한 수작제 물질은 라인(244)을 통하여 수소 기체 (H_2) 수작제 강화 개질기 수소 생성기(212)로 도입된다.
- [0039] 시스템(110)에서의 SER 수소 생성기(112)와 마찬가지로, SER 수소 발생기(212)는 수작제 물질을 이용하여 개질 반응 동안 생성되는 이산화탄소를 흡착하여, 개질 반응이 추가적인 수소 기체 및 이산화탄소를 생성시키고, 이때 바람직하게 수작제 물질을 통하여 이산화탄소가 제거된다. 이에 따라, 이산화탄소의 제거는 우선적으로 평형을 고순도의 수소 평형쪽으로 이동시킨다.
- [0040] 수소 기체 (H_2) 수작제 강화 개질기 수소 생성기(212)로부터 유출되는 생성물 스트림(252)은 고체인 사용된 수작제를 기체성의 생성물 물질로부터 분리하기 위하여 적절한 분리장치 또는 처리 장치(254)로 도입된다. 구체적인 실시양태에서, 적합한 분리장치 또는 처리 장치에는 필터, 사이클론 등 또는 이들의 조합이 포함될 수 있다.
- [0041] 분리장치(254)로부터의 오프-가스 스트림(260)은 적절한 온도 감소를 위하여 오프-가스 냉각기(262)로 전달된다. 주로 수소 기체로 구성되는 적절하게 냉각된 오프-가스는 예를 들자면 압력 스윙 흡수장치를 통한 추가 정제와 같은 이후의 처리를 위하여 라인(264)으로 통과된다.
- [0042] 분리장치(254)로부터의 고체인 사용된 수작제는 예컨대 고체 유입구상의 밸브 (미도시) 및 고체 유출구상의 밸브(270)를 사용하여 호퍼(hopper)(266)에 수집될 수 있다. 일단 호퍼가 적절하게 충전되고 나면, 호퍼로의 유입구는 폐쇄될 수 있으며, 예컨대 적합한 배출 포트 (미도시)를 통하여 호퍼로부터 압력이 배출될 수 있다. 일단 압력이 충분히 감소되고 나면, 수작제 유출구 밸브(270)가 개방되어, 대기압 직접 소성 하소장치(214)로의 사용된 수작제의 방출을 허용한다.
- [0043] 하소장치(214)는 이제 재생되는 수작제로부터 이산화탄소를 탈착시키는 작용을 한다. 직접 하소장치(214)로부터의 물질들은 라인(271)을 통하여 탈착된 이산화탄소를 포함한 기체성 물질들로부터 재생된 수작제 고체를 분리하기 위한 적절한 분리장치 또는 처리 장치(272)로 전달된다. 구체적인 실시양태에서, 적합한 분리장치 또는 처리 장치에는 필터, 사이클론 등 또는 이들의 조합이 포함될 수 있다.

- [0044] 이산화탄소 및 임의의 다른 기체들은 라인(274)을 통하여 냉각장치(276)로 전달되며, 이어서 라인(278)을 통하여 예컨대 배출 연도 또는 다른 적합한 폐기장치 또는 방출장치로 전달된다.
- [0045] 분리장치(272)로부터의 재생된 수축제는 재생된 수축제의 압력을 SER 반응기 압력으로 증가시키는 가압 록(lock) 호퍼 시스템(282)으로 방출된다. 가압 재생된 수축제는 라인(244)을 통하여 SER 반응기(212)로 전달된다.
- [0046] 상기한 처리 시스템(110)과 마찬가지로, 처리 시스템(210)은 일반적으로 (284)로 지정되며 예컨대 라인(292)을 통하여 예비가열된 공기를 주 하소장치 버너 유닛(294)으로 공급하는 연소 공기 예비가열기 유닛(290)으로 라인(288)을 통하여 연소 공기를 공급하는 연소 공기 압축기 유닛(286)을 포함하는 하소장치 버너 공급 부문을 포함한다. 주 하소장치 버너 유닛(294)은 예컨대 천연 가스 공급 및 압축 부문(224)으로부터 라인(296)을 통하여 천연 가스도 수용하는데, 연소 생성물은 라인(298)을 통하여 하소장치(212)로 도입된다.
- [0047] 관련 기술분야 통상의 기술자라면 본원에서 제공되는 교시에 의해 안내되어 알고 있을 바와 같이, 간접 소성 하소 처리가 통상적으로 열 전달 과정을 복잡하게 하고 요구되는 하소 온도를 증가시키는 반면, 직접 소성 하소 처리는 바람직하게도 고체 취급 접근을 단순화하며, 이산화탄소의 분압을 감소시키는 것에 의해 요구되는 하소 온도를 감소시킬 수 있다. 결과적으로, 소정의 바람직한 실시양태에서, 직접 소성 하소의 이용은 바람직하게 된다.
- [0048] 주제 개시의 더 우수한 평가 및 이해를 가능케 하기 위하여, 지금부터는 도 3 및 4를 참조할 것이다.
- [0049] 더 구체적으로, 도 3은 상기에 나타낸 반응 (5)의 CaCO_3 하소에 있어서의 압력과 하소 온도 사이의 평형 관계를 그래프로 도시하고 있다. CaCO_3 의 하소 동안에는, 부산물로서 CO_2 가 생성된다. CaCO_3 하소의 부산물인 CO_2 의 분압은 온도의 함수로 표현된다. 도 3은 CO_2 의 분압이 증가하면서, 하소에 요구되는 온도가 증가한다는 것을 입증하고 있다. CO_2 의 존재는 반응의 추진력에 영향을 준다. 이를 고려할 때, 비-제한적인 실시양태는 바람직하게는 CO_2 분압이 변화함에 따라 온도를 조정하기 위한 제어장치를 사용할 수 있다. 하소 과정의 효율을 측정하기 위하여, CO_2 분압 및 유출구 온도는 모니터링될 수 있으며, 고체 입자 투입량, 연료 공급 속도 및 하소 챔버 유입구 온도와 비교될 수 있다. 측정되는 값이 곡선으로부터 벗어나는 경우, 온도를 변화하도록 연료 투입량이 조정될 수 있다.
- [0050] 하소에 요구되는 열은 표면적 및 세공 부피를 감소시키는 고체 수축제 입자의 소결을 야기할 수 있다. 이는 감소된 반응성을 초래하여, 이후의 과정에서 사용되거나 추가적인 부산물 흡수를 위하여 재순환될 화합물의 능력에 부정적인 영향을 줄 수 있다. 예를 들면, 산화칼슘(CaO)은 이산화탄소(CO_2)용 흡수제이다. 흡수 반응은 칼슘 카르보네이트(CaCO_3)를 생성시킨다. 요컨대 CaCO_3 가 다시 CaO 로 하소될 수는 있으나, 생성되는 CaO 가 바람직하지 않게도 소결될 수 있다. 세공 부피 및 표면적의 손실은 추가적인 CO_2 를 흡수하기 위한 반응에서 재사용될 새롭게 하소된 CaO 의 능력을 감소시킨다.
- [0051] 소결의 양은 고체 수축제 입자에 적용되는 열의 양 및 고체 수축제 입자가 상승된 온도에 노출되는 시간의 제한을 통하여 감소될 수 있다. 하소를 위한 통상적인 기술은 보통 하소되는 화합물을 1시간 이상의 시간 동안 고온에 노출시킨다. 그와 같은 기간은 하소되는 생성물의 상당한 반응성 감소를 야기한다. 하소되는 생성물이 또 다른 반응(예를 들면 추가적인 CO_2 를 흡수하는 것)을 통하여 순환되어야 하는 경우, 이러한 다른 하소 기술에 의해 야기되는 소결은 추가적인 부산물을 흡수하는 하소되는 생성물의 능력을 상당히 제한하여 감소시키고/거나, 부산물을 흡수하는 과정을 통하여 하소되는 생성물이 순환될 수 있는 횟수를 상당히 감소시킨다.
- [0052] 이제 도 4를 참조하면, 상이한 선택 온도에서의 프레도니아 데라이브드 및 울트라퓨어 CaO 의 소결을 그래프로 도시하며, 더 높은 온도에서는 소결율의 증가가 발생하게 된다는 것을 나타내고 있다. 이는 수축제(예컨대 CaO)의 수명을 감소시키게 된다. 관련 기술분야 통상의 기술자라면 본원에서 제공되는 교시에 의해 안내되어 알고 있을 바와 같이, 주제 개시에 따른 대기압 하소장치의 사용은 바람직하게도 이와 같은 문제점을 완화하거나 최소화할 수 있다.
- [0053] 이에 따라, 주제 개시에 따른 작동이 수축제 소결을 상당히 감소시키고 하소장치에서의 고체 분리를 강화할 수 있다는 것이 이해 및 평가되어야 한다.
- [0054] 주어지는 청구항에서 각각 "~하기 위한 수단" 또는 "~하기 위한 단계"라는 구(들)를 사용하여 해당 제한이 명시

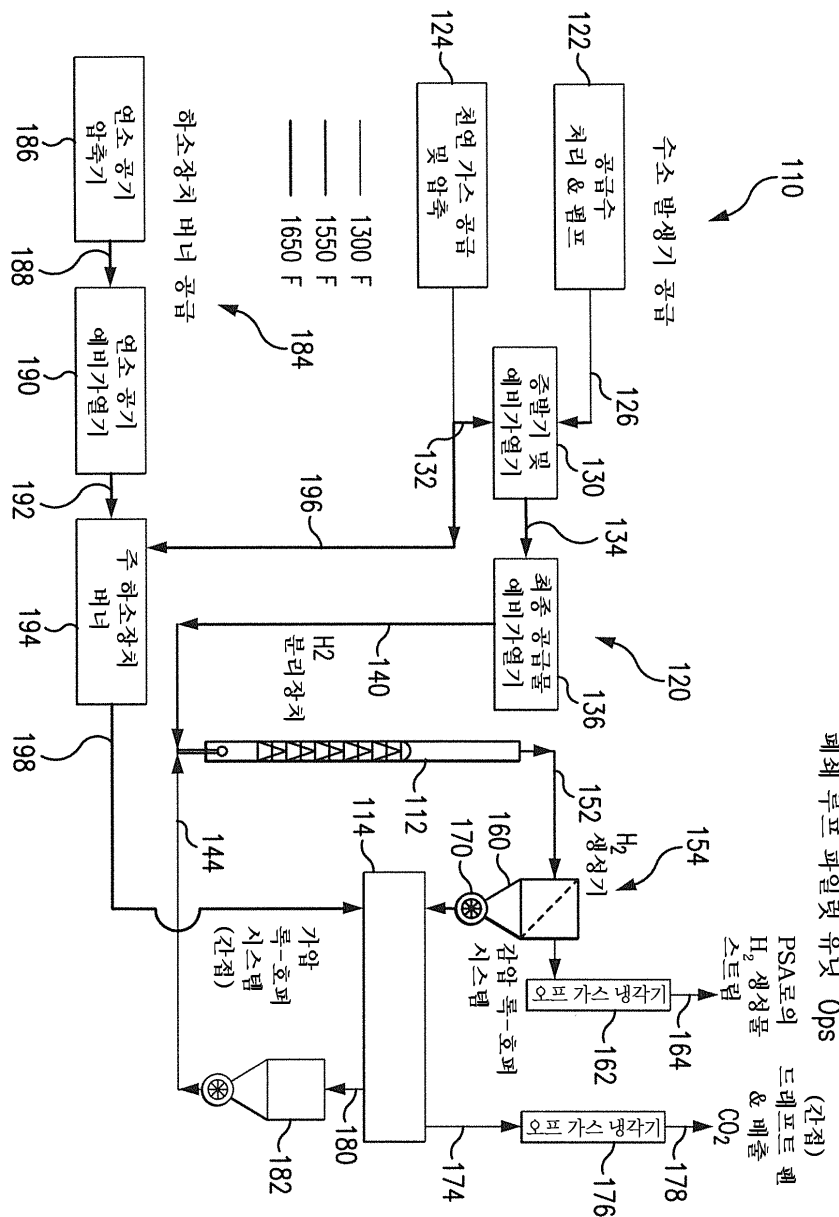
적으로 언급되지 않는 한, 청구범위가 수단-더하기- 또는 단계-더하기-기능 제한을 포함하고자 하는 것은 아니며, 포함하는 것으로 해석되어서는 아니 된다.

[0055] 본원에서 예시적으로 개시된 본 발명은 적합하게는 본원에서 구체적으로 개시되지 않은 임의의 요소, 부분, 단계, 구성요소 또는 성분의 부재하에 실시될 수 있다.

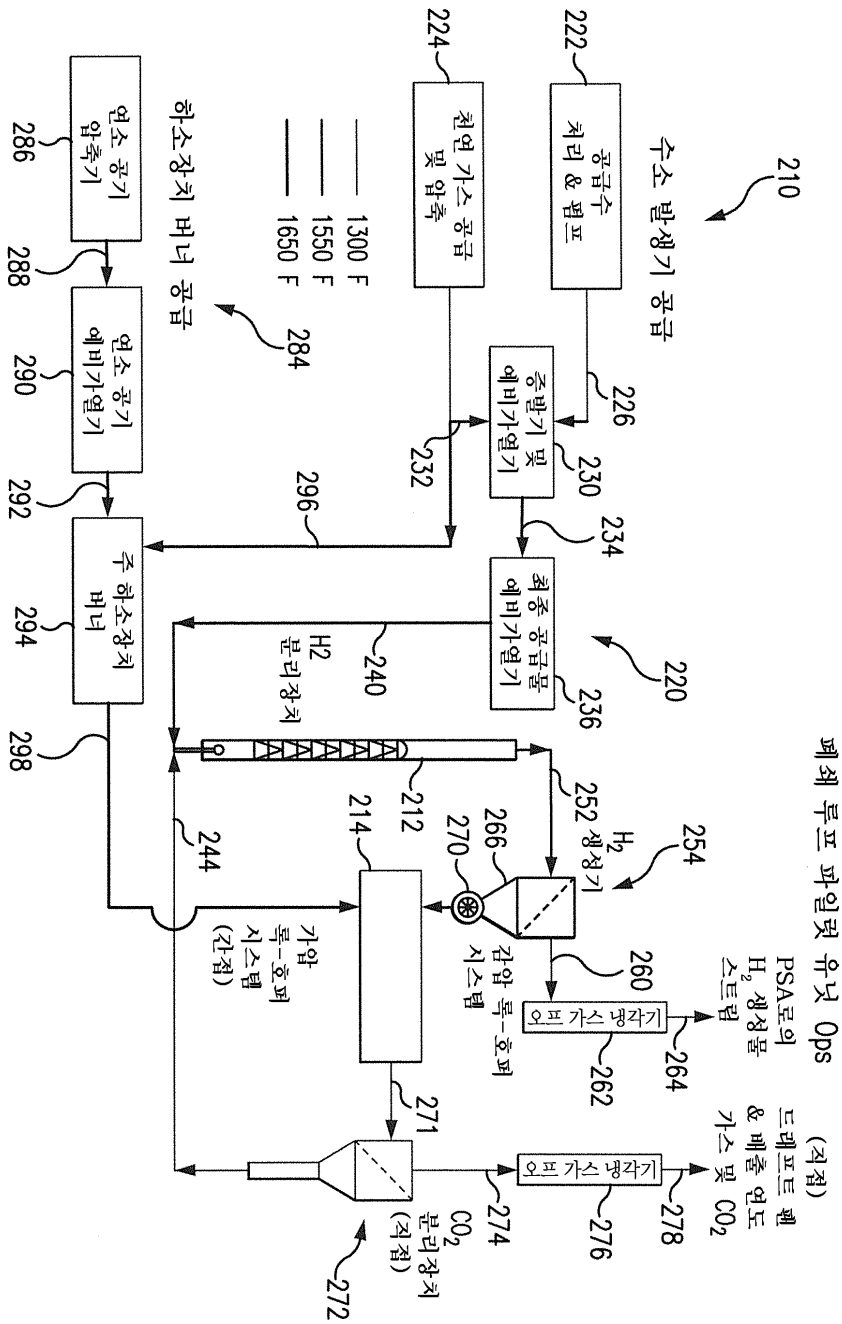
[0056] 전기한 상세한 설명에서 소정의 바람직한 해당 실시양태와 관련하여 본 발명을 기술하고 예시 목적으로 많은 세부사항들이 제시되기는 하였지만, 관련 기술분야의 통상의 기술자라면, 본 발명이 추가적인 실시양태의 여지가 있다는 것, 그리고 본원에서 기술된 세부사항들 중 어떤 것은 본 발명의 기본적인 원리에서 벗어나지 않고도 상당히 변화될 수 있다는 것을 알고 있을 것이다.

도면

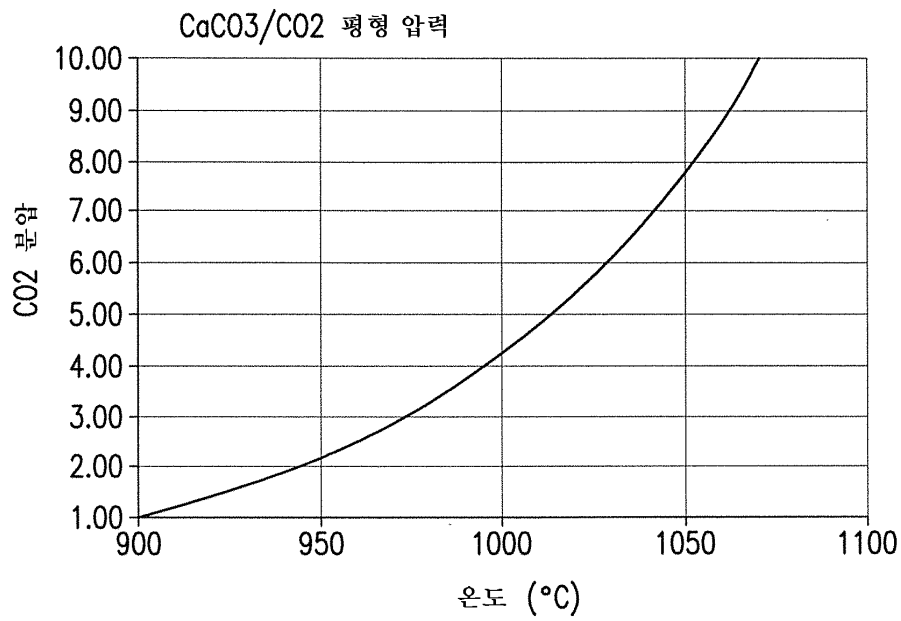
도면1



도면2



도면3



도면4

