



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년05월31일
(11) 등록번호 10-2537634
(24) 등록일자 2023년05월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01F 5/14 (2006.01) B01D 53/62 (2006.01)
B01D 53/73 (2006.01) B01D 53/78 (2006.01)
C01B 7/03 (2006.01) C01F 5/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C01F 5/14 (2013.01)
B01D 53/62 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7026979
- (22) 출원일자(국제) 2016년02월23일
심사청구일자 2021년02월23일
- (85) 번역문제출일자 2017년09월22일
- (65) 공개번호 10-2018-0008398
- (43) 공개일자 2018년01월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2016/019164
- (87) 국제공개번호 WO 2016/138016
국제공개일자 2016년09월01일
- (30) 우선권주장
62/119,633 2015년02월23일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020130041180 A

- (73) 특허권자
카본프리 케미칼스 홀딩스, 엘엘씨
미국 텍사스주 78217 샌 안토니오 나코그도취스
로드 11839
- (72) 발명자
존스 조
미국 텍사스주 78746 오스틴 스위트 475 사우스
캐피탈 오브 텍사스 하이웨이 900
- 야블론스키 알
미국 텍사스주 78746 오스틴 스위트 475 사우스
캐피탈 오브 텍사스 하이웨이 900
- (74) 대리인
장훈

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 23 항

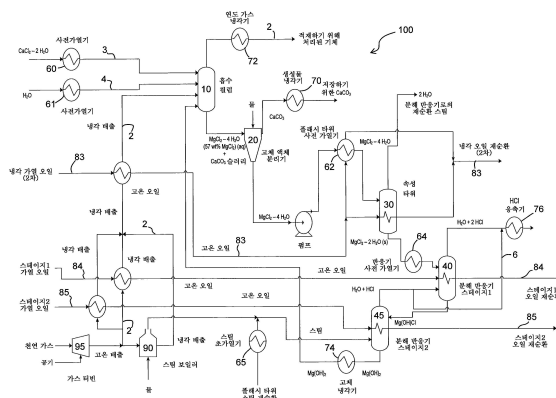
심사관 : 최문정

(54) 발명의 명칭 수산화마그네슘을 사용하는 이산화탄소의 격리 및 수산화마그네슘의 재생성

(57) 요약

본 발명의 양태들은 수산화마그네슘을 사용하여 기체 스트림으로부터 이산화탄소를 제거한 뒤 상기 수산화마그네슘을 재생성하는 시스템 및 방법에 관한 것이다. 일부 양태에서, 상기 시스템 및 방법은 하나 이상의 가스 스트림으로부터의 폐열을 사용하여 반응을 진행시키기 위해 필요한 열의 일부 또는 전체를 제공하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 일부 양태에서, 염화마그네슘은 대부분이 염화마그네슘 2수화물 형태이고, 분해 반응기로 공급되어 하이드록시염화마그네슘을 생성하며, 상기 하이드록시염화마그네슘은 차례로 제2 분해 반응기에 공급되어 수산화마그네슘을 생성한다.

대표도



(52) CPC특허분류

B01D 53/73 (2013.01)

B01D 53/78 (2013.01)

C01B 7/03 (2013.01)

C01F 5/00 (2013.01)

B01D 2251/402 (2013.01)

B01D 2251/604 (2013.01)

B01D 2258/0283 (2013.01)

Y02E 20/32 (2020.08)

Y02P 20/151 (2020.08)

(56) 선행기술조사문헌

US20130202516 A1

US08470276 B1

US20120291675 A1

WO2007003013 A1

명세서

청구범위

청구항 1

가스 스트림에 함유된 CO₂의 양을 감소시키는 공정에서 Mg(OH)₂를 재생성하는 방법으로서,

(a) MgCl₂ 함유 물질을 제1 혼합물로서 스팀과 반응시켜, Mg(OH)Cl 및 HCl을 포함하는 단계 (a) 생성물을 형성하는 단계로서, 상기 MgCl₂ 함유 물질이 2.5:1 미만의 물 대 MgCl₂ 몰비를 포함하는, 단계;

(b) Mg(OH)Cl을 제2 혼합물로서 스팀과 반응시켜, HCl 및 55wt% 이상의 Mg(OH)₂를 포함하는 마그네슘 함유 생성물을 포함하는 단계 (b) 생성물을 형성하는 단계;

(c) Mg(OH)₂를 CO₂, CaCl₂, 및 스팀과 반응시켜, MgCl₂ 및 CaCO₃를 포함하는 단계 (c) 생성물을 형성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제2 혼합물로부터의 기체 유출물(outflow)을 상기 제1 혼합물로 통과시키고, 상기 기체 유출물은 HCl 및 MgCl₂ 함유 물질과 반응할 스팀을 포함하는, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 단계 (c)가,

단계 (b)로부터의 Mg(OH)₂를 상기 가스 스트림에 함유된 CO₂와 제3 혼합물로 혼합하여, MgCO₃ 및 H₂O를 포함하는 제1 단계 (c) 생성물을 형성하는 단계, 및

제1 단계 (c) 생성물로부터의 MgCO₃를 CaCl₂와 제4 혼합물로 혼합하여, CaCO₃ 및 MgCl₂를 포함하는 제2 단계 (c) 생성물을 형성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 (c) 생성물이 액상(liquid phase) 및 고체상(solid phase)이고, 상기 액상이 50wt% 이상의 MgCl₂인, 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 제4 혼합물에서의 물 대 MgCl₂의 몰비가 4:1인, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 단계 (c)에서 형성된 MgCl₂의 55wt% 이상이 MgCl₂ 4수화물 형태인, 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 제2 단계 (c) 생성물로부터 CaCO₃의 적어도 일부를 분리하는 단계, 및 나머지 상기 제2 단계 (c) 생성물로부터 물의 일부를 제거하여 물 대 MgCl₂의 몰비가 2:1이 되도록 하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 나머지 상기 제2 단계 (c) 생성물 중의 물의 55wt% 이상이 MgCl₂ 2수화물 형태로 존재하는, 방법.

청구항 9

제7항에 있어서, 나머지 상기 단계 (c) 생성물이 50wt% 이상의 수성 $MgCl_2$ 인, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 단계 (c) 생성물 중의 물 대 $MgCl_2$ 의 몰비가 5 이하인, 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 단계 (c)의 $MgCl_2$ 수화물이 $MgCl_2 \cdot 4(H_2O)$ 인, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 단계 (c)의 $MgCl_2$ 가 90wt% 초과인 $MgCl_2 \cdot 4(H_2O)$ 인, 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 단계 (a) 생성물이 90wt% 초과인 $Mg(OH)Cl$ 을 포함하는, 방법.

청구항 14

제7항에 있어서, 상기 가스 스트림으로부터 제1 재순환 가열 유체로 열을 전달하는 단계 및 상기 제1 재순환 가열 유체로부터 상기 제1 혼합물로 열을 전달하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 가스 스트림으로부터 제2 재순환 가열 유체로 열을 전달하는 단계 및 상기 제2 재순환 가열 유체로부터 상기 제2 혼합물로 열을 전달하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 가스 스트림으로부터 제3 재순환 가열 유체로 열을 전달하는 단계 및 상기 제3 재순환 가열 유체로부터 나머지 상기 단계 (c) 생성물로 열을 전달하여 물의 제거를 촉진하는 단계를 추가로 포함하는, 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 제3 재순환 가열 유체의 온도가 상기 제2 재순환 가열 유체의 온도보다 낮고, 상기 제2 재순환 가열 유체의 온도가 상기 제1 재순환 가열 유체의 온도보다 낮은, 방법.

청구항 18

제1항에 있어서, 단계 (a)의 적합한 반응 조건이 250 내지 350°C의 온도를 포함하는, 방법.

청구항 19

제1항에 있어서, 단계 (a)의 반응 조건이 260 내지 300°C의 온도를 포함하는, 방법.

청구항 20

제1항에 있어서, 단계 (b)의 반응 조건이 350 내지 500°C의 온도를 포함하는, 방법.

청구항 21

제1항에 있어서, 단계 (b)의 반응 조건이 370 내지 430°C의 온도를 포함하는, 방법.

청구항 22

제1항에 있어서, 상기 단계 (c)의 반응 조건이 140 내지 220°C의 온도를 포함하는, 방법.

청구항 23

제1항에 있어서, 상기 단계 (c)의 반응 조건이 150 내지 200℃의 온도를 포함하는, 방법.

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2015년 2월 23일자로 출원된 미국 가특허출원 제62/119,633호에 대해 우선권을 주장하며, 이의 전문이 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0003] 발명의 분야

[0004] 본 발명은 일반적으로, 수산화마그네슘을 사용하는 탄소 격리에 대한 그리고 할로젠화 마그네슘으로부터 수산화마그네슘을 재생성하기 위한 시스템 및 방법에 관한 장치, 시스템, 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 공기 중으로의 CO₂ 배출에 대한 국내 및 해외의 상당한 관심이 점점 더 집중되고 있다. 특히, "온실 효과"를 생성하는, 대기 중 태양열 체류에 대한 이러한 기체의 영향에 대해 주의가 집중되어 왔다. 이러한 영향의 규모에 대해서는 약간의 논쟁이 있지만, 점배출원(point-emission source)으로부터 CO₂(및 다른 화학 물질)를 제거하는 것이, 특히 이를 수행하기 위한 비용이 충분히 적다면, 유리하다는 것에는 모두 동의한다.

[0006] 수년간의 개발에도 불구하고, 배출원으로부터 이산화탄소를 제거하기 위한, 상업적으로 실행가능하고 환경적으로 민감한 방법을 창조하는 것이 어려운 것으로 판명되었다. 지금까지의 방법론들은 이러한 관점에서 완전히 만족스럽지 못했으며, 본 발명에 개시되고 청구된 기술에 대한 상당한 요구가 존재한다.

발명의 내용

[0007] 본 발명의 일 측면은, Mg(OH)₂를 재생성하기 위해 그리고 Mg(OH)₂의 소비를 통해 가스 스트림에 함유된 CO₂의 양을 감소시키기 위해 구성된 시스템이다. 일부 양태에서, 상기 시스템은 다음을 포함할 수 있다: MgCl₂ 함유 물질을 스팀과 반응시켜, Mg(OH)Cl과 HCl을 포함하는 제1 반응기 생성물을 형성하기 위해 구성된 제1 분해 반응기; 상기 제1 분해 반응기로부터의 Mg(OH)Cl을 스팀과 반응시켜, HCl 및 대부분이 Mg(OH)₂를 포함하는 마그네슘 함유 생성물을 형성하기 위해 구성된 제2 분해 반응기; 및 상기 제2 분해 반응기로부터의 Mg(OH)₂, CO₂, CaCl₂, 및 스팀을 포함하는 혼합물을 형성하여, MgCl₂ 및 CaCO₃을 포함하는 생성물을 형성하기 위해 구성된 제1 흡수 반응기. 제1 분해 반응기로 공급된 MgCl₂ 함유 물질은 약 2.5:1 미만의 물 대 MgCl₂의 물비를 포함할 수 있다. 일부 양태에서, 상기 시스템은 상기 제2 분해 반응기로부터의 기체 유출물(outflow)이 상기 제1 분해 반응기를 통과하도록 구성된 기체 공급물 라인을 추가로 포함할 수 있으며, 상기 기체 유출물은 HCl 및 스팀을 포

함한다. 일부 양태에서, 상기 시스템은 제2 흡수 반응기를 추가로 포함할 수 있으며, 여기서 상기 제1 흡수 반응기는 상기 제2 분해 반응기로부터의 $Mg(OH)_2$ 를 상기 가스 스트림에 함유된 CO_2 와 혼합하여 $MgCO_3$ 및 H_2O 를 형성하도록 구성되고, 제2 흡수 반응기는 상기 제1 흡수 반응기로부터의 $MgCO_3$ 를 $CaCl_2$ 와 혼합하여 $CaCO_3$ 및 $MgCl_2$ 를 형성하도록 구성된다. 일부 양태에서, 제1 흡수 반응기 생성물은 액상 및 고체상이며, 상기 액상은 50wt% 이상의 $MgCl_2$ 이다. 일부 양태에서, 제1 흡수 반응기(또는 존재하는 경우, 제2 흡수 반응기)는 약 4.5:1 미만 또는 약 4:1의 물 대 $MgCl_2$ 비를 포함하는 액상을 함유한다. 일부 양태에서, 흡수 반응기를 빠져나가는 액상 중 $MgCl_2$ 의 대부분은 $MgCl_2$ 4수화물 형태이다. 일부 양태에서, 상기 시스템은 상기 액상으로부터 $CaCO_3$ 의 적어도 일부를 분리하기 위해 구성된 고체상 분리기를 추가로 포함한다. 일부 양태에서, 상기 시스템은 건조기가 액상으로부터 물의 일부를 제거하기 위해 구성되어, 물 대 $MgCl_2$ 의 비가 약 2:1로 되게 한다. 일부 양태에서, 각각의 시스템 모듈에 대한 반응 조건을 유지하기 위해 요구되는 열을 제공하기 위해, 폐열 회수 및 열 전달 시스템이 활용된다.

[0008] 본 발명의 또 다른 측면은 가스 스트림에 함유된 CO_2 의 양을 감소시키는 공정에서 $Mg(OH)_2$ 를 재생성하는 방법이다. 일부 양태에서, 상기 방법은 다음 단계들을 포함할 수 있다: (a) $MgCl_2$ 함유 물질을 제1 혼합물로서 스팀과 반응시켜 $Mg(OH)Cl$ 및 HCl 을 포함하는 단계 (a) 생성물을 형성하는 단계로서, 상기 $MgCl_2$ 함유 물질이 약 2.5:1 미만의 물 대 $MgCl_2$ 비를 포함하는 단계; (b) 단계 (a)로부터의 $Mg(OH)Cl$ 을 제2 혼합물로서 스팀과 반응시켜, HCl 및 대부분이 $Mg(OH)_2$ 를 포함하는 마그네슘 함유 생성물을 포함하는 단계 (b) 생성물을 형성하는 단계; 및 (c) 단계 (b)로부터의 $Mg(OH)_2$ 를 CO_2 , $CaCl_2$, 및 스팀과 반응시켜 $MgCl_2$ 및 $CaCO_3$ 을 포함하는 단계 (c) 생성물을 형성하는 단계. 일부 양태에서, 상기 방법은 제2 혼합물로부터의 기체 유출물을 제1 혼합물을 통과시키는 단계를 추가로 포함하며, 여기서 상기 기체 유출물은 HCl 및 $MgCl_2$ 함유 물질과 반응할 스팀을 포함한다. 일부 양태에서 단계 (c)는, 단계 (b)로부터의 $Mg(OH)_2$ 를 제3 혼합물로서 가스 스트림에 함유된 CO_2 와 혼합하여 $MgCO_3$ 및 H_2O 를 포함하는 제1 단계 (c) 생성물을 형성하는 단계, 및 제1 단계 (c) 생성물로부터의 $MgCO_3$ 를 제4 혼합물로서 $CaCl_2$ 와 혼합하여 $CaCO_3$ 및 $MgCl_2$ 를 포함하는 제2 단계 (c) 생성물을 형성하는 단계의 2스태이지 방법을 포함할 수 있다. 일부 양태에서, 제1 혼합물의 액상은 50wt% 이상의 $MgCl_2$ 이다. 상기 방법은 제2 단계 (c) 생성물로부터 $CaCO_3$ 의 적어도 일부 및 물의 일부를 분리하여, 잔류 생성물 중 물 대 $MgCl_2$ 의 비가 약 2:1이 되는 단계 또는 단계들을 추가로 포함할 수 있다. 일부 양태에서, 제1 단계 (a) 생성물은 90wt% 초과 $Mg(OH)Cl$ 을 포함한다. 일부 양태에서, 제1 단계 (b) 생성물은 90wt% 초과 $Mg(OH)_2$ 를 포함한다. 일부 양태에서, 상기 방법은 가스 스트림으로부터 폐열을 회수하는 단계 및 제1 혼합, 제2 혼합, 및/또는 $MgCl_2$ 2수화물을 포함하는 잔류 생성물로 전달하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 폐열의 회수 및 전달 단계에서, 셋 이상의 가열 루프가 사용될 수 있다.

[0009] 본 발명의 또 다른 측면은 다음을 포함하는, 염화마그네슘 함유 물질로부터 수산화마그네슘을 제조하는 방법이다: 상기 염화마그네슘 함유 물질을 제1 반응기에 도입하는 단계, 염화마그네슘 함유 물질을 포함하는 상기 제1 반응기에 대략 250 내지 400°C 온도의 스팀 혼합물을 통과시켜 하이드록시염화마그네슘 및 HCl 을 형성하는 단계를 포함하는 제1 스태이지, 상기 하이드록시염화마그네슘을 제2 반응기로 운반하고, 이와 함께 스팀을 도입하여, 수산화마그네슘 및 HCl 을 형성하는 제2 스태이지(여기서, 상기 염화마그네슘 함유 물질은 약 2:1의 물 대 염화마그네슘 비를 포함한다). 일부 양태에서, 제2 반응기를 빠져나가는 스팀 혼합물의 일부는 제1 반응기에 도입된 스팀 혼합물이다. HCl 의 적어도 일부는 스팀 혼합물로 제2 반응기를 빠져나가며, 이후 제1 반응기를 통과한다. 일부 양태에서, 염화마그네슘 함유 물질은 염화마그네슘 2수화물을 상당히 포함한다. 일부 양태에서, $Mg(OH)_2$ 를 형성하기 위해 필요한 열을 제공하기 위해 폐열이 활용된다.

[0010] 용어 "임의의(a 및 an)"는 본원 명세서에서 다른 것을 명확하게 요구하지 않는 한, 하나 이상으로 정의된다.

[0011] 용어 "대체로", "대략적으로" 및 "약"은 당해 기술 분야의 숙련가에 의해 이해되는 바와 같이, 특정된 것의 대부분이지만 반드시 전체는 아닌 (그리고 특정된 것 전체를 포함하는) 것으로 정의된다. 임의의 개시된 양태에서, 용어 "대체로", "대략적으로" 또는 "약"은 특정된 것의 "이내[퍼센트]"로 치환될 수 있으며, 상기 퍼센트는 0.1, 1, 5, 및 10퍼센트를 포함한다.

- [0012] 용어 "포함한다(comprise)(및 임의의 형태의 포함한다, 예를 들어 "포함한다(comprises)" 및 "포함하는")", "갖는다(및 임의의 형태의 갖는다, 예를 들어 "갖는다(has)" 및 "갖는")", "포함한다(include)(및 임의의 형태의 포함한다, 예를 들어 "포함한다(includes)" 및 "포함하는")", "함유한다(및 임의의 형태의 함유한다, 예를 들어 "함유한다(contains)" 및 "함유하는")"는 제약 없는 연결 동사이다. 그 결과, 하나 이상의 요소를 "포함하는", "갖는", "포함하는", 또는 "함유하는" 본 발명의 임의의 장치, 시스템, 및 방법은, 이들 하나 이상의 요소를 보유하지만, 이들 하나 이상의 요소만을 보유하는 것으로 제한되지는 않는다. 유사하게, 하나 이상의 특징부(feature)를 "포함하는", "갖는", "포함하는", 또는 "함유하는" 장치, 시스템, 또는 방법의 요소는 이들 하나 이상의 특징부를 보유하지만, 이들 하나 이상의 특징부만을 보유하는 것으로 제한되지는 않는다. 또한, 예를 들어 용어 "제1" 및 "제2"는 구조 또는 특징부를 구분하기 위해서만 사용되며, 상기 상이한 구조 또는 특징부를 특정한 순서로 제한하는 것은 아니다.
- [0013] 또한, 기능을 수행할 수 있거나, 또는 특정 방식으로 구성된 구조는, 적어도 이러한 방식일 수 있거나 이로 구성될 수 있지만, 기재되지 않은 방식일 수 있거나 기재되지 않은 방식으로 구성될 수도 있다.
- [0014] 일 양태의 특징부 또는 특징부들은, 본원 명세서 또는 양태들의 성질에 의해 명확하게 금지되지 않는 한, 개시되거나 예시되지 않더라도 다른 양태에 적용될 수 있다.
- [0015] 임의의 본 발명의 장치, 시스템, 및 방법은 임의의 개시된 요소 및/또는 특징부 및/또는 단계들로 -포함한다/포함한다/함유한다/갖는다 대신- 구성될 수 있거나 필수적으로 구성될 수 있다. 따라서, 임의의 청구범위에서, 용어 "이루어지는" 또는 "필수적으로 이루어지는"은, 제약 없는 연결 동사를 사용하는 것으로부터 제공된 청구범위의 범위를 변경하기 위해, 임의의 상기 나타낸 제약 없는 연결 동사로 치환될 수 있다.
- [0016] 상기 개시된 양태 및 기타에 관한 상세가 하기 제공된다.

도면의 간단한 설명

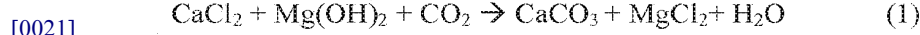
- [0017] 하기 도면들은 예시의 방식으로 설명하지만, 제한은 아니다. 간결성 및 명확성을 위해, 제공된 구조의 모든 특징부는 구조가 나타나는 모든 도면에 표시되지 않을 수 있다. 동일한 참조 번호가 반드시 동일한 구조를 나타내지는 않는다. 대신, 동일하지 않은 참조 번호일 수 있는 유사한 특징부 또는 유사한 기능성을 갖는 특징부를 나타내기 위해 동일한 참조 번호가 사용될 수 있다.
- 도 1은, 본원에 제공된 방법의 일부 양태에 따른 단순화된 공정 흐름도이다.
- 도 2는, 본원에 제공된 방법의 일부 양태에 따른 단순화된 공정 흐름도이다.
- 도 3은, 본원에 제공된 방법의 일부 양태에 따른 단순화된 공정 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 도 1을 참조하여, Mg(OH)₂를 사용하여 기체 스트림으로부터 제거하여 Mg(OH)₂를 재생성하기 위해 구성된 시스템의 제1 양태가 이에 도시되고, 참조 번호(100)으로 지칭된다. 시스템(100)은, 가스 스트림(2)으로부터 이산화탄소를 흡수하여 상기 흡수 공정에 사용되는 하나 이상의 반응물, 예를 들어 수산화마그네슘을 재생성하기 위해 구성된다. 시스템(100)은, 기체 스트림으로부터 CO₂를 흡수하기 위해 구성된 흡수 반응기(10); 수성 염화마그네슘으로부터 카보네이트 고체를 분리하기 위해 구성된 고체-액체 분리기(20); 염화마그네슘 고체를 형성하는 수성 염화마그네슘으로부터 물의 일부를 제거하기 위해 구성된 건조기(30); 염화마그네슘을 하이드록시염화마그네슘으로 전환하기 위해 구성된 제1 분해 반응기(40), 및 하이드록시염화마그네슘을 수산화마그네슘으로 전환하기 위해 구성된 제2 분해 반응기(45)를 포함한다. 도시된 바와 같이, 다수의 가열기 및 상이한 반응물의 온도를 상승시키기 위한 가열 유체(fluid) 시스템이 시스템(100)에 존재한다.
- [0019] 이산화탄소를 함유하는 가스 스트림(2)을 처리하는 단계에 앞서, 가스 스트림(2)의 온도가 낮아질 수 있다. 고온 가스 스트림(예를 들어, 가스 터빈 배출)의 경우, 가스 스트림(2)은 상기 시스템의 상이한 유닛으로 전달되는 공정 열을 제공할 수 있다. 일부 양태에서, 공정 열은 상기 시스템의 하나 이상의 보일러, 사전가열기, 반응기, 또는 건조기(30)로 전달될 수 있다. 예를 들어, 도시된 양태에서, 공정 열은 재순환 가열 유체, 예를 들어 분해 반응기에 간접적인 가열을 제공하기 위해 구성된 고온 오일 시스템에 전달될 수 있다. 일부 양태에서, 공정 열은 분해 반응기로 직접적으로 스팀 주입하기 위한 초가열된 스팀을 생성하기 위해 구성된 보일러를 가열하기 위해 사용될 수 있다. 일부 양태에서, 제2 재순환 가열 유체, 예를 들어 제2 고온 오일 시스템은 MgCl₂

흡수 출발 물질로부터 물을 제거하기 위한 건조기(30)에 간접적인 가열을 제공하기 위해 구성된다.

[0020] 가스 스트림(2)으로부터 열이 제거된 후, 가스 스트림(2)은 하기 전체 반응을 통해 CO₂를 CaCl₂ 및 Mg(OH)₂와 반응시키기 위해 구성된 흡수 반응기(10)로 주입된다.



[0022] 반응기(10)는 CaCl₂ 공급물(3), 가스 스트림(2), 및 Mg(OH)₂ 공급물을 받기 위해 구성될 수 있다. 일부 양태에서, 흡수 반응기(10)는 165°C 초과, 예를 들어 170 내지 250°C의 온도에서 조작되기 위해 구성된다. 일부 양태에서, 반응기(10)의 조작 온도는 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 210, 220, 230, 또는 240°C 이상일 수 있다. 일부 양태에서, 반응기(10)의 조작 온도는 175 내지 185°C이다. 온도를 상기 조작 온도 초과로 유지하기 위해, 반응기(10)는, 조작 온도, 예를 들어 약 175°C에서 하부 액체 생성물을 유지하기 위한 컬럼 상부로 주입되는 물 환류 및 컬럼 하부에서의 열 유입을 포함하여 증류 컬럼과 유사하게 구성될 수 있다.

[0023] 일부 양태에서, 반응물은 흡수 반응기(10)로의 주입에 앞서 조작 온도로 사전가열될 수 있다. 예를 들어, 염화칼슘 공급물(3)은 흡수 반응기(10)로의 첨가에 앞서 가열기(60)에서 사전가열된다. 일부 양태에서, 물 공급물(4)은 가열기(61)에서 사전가열될 수 있다. CO₂의 하이드록사이드와의 반응이 발열성이므로, 조작 온도를 유지하기 위해 열이 반응기(10)로부터 제거될 수 있다. 일부 양태에서, 순환 가열 유체 루프(비도시됨)는 예를 들어 가열기(60)를 통해 반응기(10)로부터 CaCl₂ 공급물(5)로 열을 전달하기 위해 구성될 수 있다. 유사하게는, 분리 순환 가열 유체 루프(비도시됨)는 예를 들어 가열기(61)를 통해 반응기(10)로부터 물 공급물(4)로 열을 전달하기 위해 구성될 수 있다. 예시의 방식으로, 1,679lb*mol/시간의 CaCl₂*2H₂O 고체를 25°C에서 175°C로 가열하여 상기 고체를 이의 용점인 175°C에서 용융시키기 위해, 그리고 1,679lb*mol/시간의 물을 25°C에서 100°C로 가열하기 위해, 물을 증발시키기 위해, 그리고 스팀을 175°C로 초가열하기 위해, (예를 들어 반응기(10)로부터의) 대략 63MMBtu/시간의 공정 열이 요구될 수 있다.

[0024] 염화칼슘은 흡수 반응기(10)에 대해 세가지 중 한가지 형태로 반응기(10)에 첨가될 수 있다: 무수 CaCl₂, CaCl₂*2H₂O, 또는 CaCl₂*4H₂O. 일부 양태에서, 포착된 CO₂ 1몰에 대해 약 3:1 이하의 몰비의 물 대 CaCl₂가 흡수 컬럼에 첨가될 수 있다. 일부 양태에서, CaCl₂*2H₂O 및 물은 흡수 반응기(10)에 공급되어, CaCl₂*3H₂O의 당량 혼합물(67.2wt% 수성 CaCl₂)을 생성한다. 일부 양태에서, 2수화물 형태의 CaCl₂ 공급물(3)은 반응기(10)로의 주입에 앞서 고체상으로부터 액상으로 전환될 수 있다.

[0025] 반응기(10)는, 수성 MgCl₂ 중 CaCO₃ 고체의 수성 슬러리에 대한 유출물, 및 반응기(10)로 유입된 것보다 감소된 CO₂ 양을 함유하는 가스 스트림(2)에 대한 유출물을 포함하기 위해 구성된다. 일부 양태에서, 감소된 CO₂ 농도를 갖는 가스 스트림(2)이 흡수 반응기(10)를 빠져나가고, 이는 이후 가스 스트림(2)이 대기 또는 추가로 처리된 다운스트림으로 배출되기에 앞서 열이 추가로 회수될 수 있는 기체 냉각기(72)를 통과할 수 있다. 반응물, 예를 들어 CaCl₂ 및 임의로 물을 사전가열하기 위해 열이 사용될 수 있다. 흡수 컬럼의 결과, 가스 스트림(2) 중 CO₂의 양은 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%, 98%, 또는 99% 이상 감소될 수 있다.

[0026] 일부 양태에서, 수성 MgCl₂의 50wt% 이상은 흡수 반응기(10)를 빠져나가고, 수용액으로부터 CaCO₃ 고체를 분리하는 고체-액체 분리기(20)로 주입된다. 일부 양태에서, 50 내지 60wt%의 수성 MgCl₂는 흡수 반응기(10)를 빠져나가고, 예를 들어 51wt%, 53wt%, 55wt%, 57wt%, 또는 59wt% MgCl₂이 고체-액체 분리기(20)로 주입된다. 일부 양태에서, 수용액 중 물 대 MgCl₂의 비는 약 5:1 미만, 약 4.5:1 미만, 또는 약 4:1이다. 일부 양태에서, 수용액 중 대부분의 MgCl₂는 MgCl₂ 4수화물 형태이다.

[0027] 일부 양태에서, 물은 고체-액체 분리기(20)에 첨가되어 카보네이트 고체의 분리를 용이하게 할 수 있다. 이러한 양태에서, 물의 양이 첨가되어 용액을 30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 또는 5% 미만으로 희석할 수 있다. 일부 양태에서, 분리되면, 고온 CaCO₃ 고체는 저장으로 보내지기에 앞서 에너지 회수를 위하여 냉각기(70)를 통과할 수 있다.

[0028] 수성 MgCl₂로부터의 카보네이트 고체 분리 후, 수용액은 건조기(30)로 전달되어 용액으로부터 물이 제거된다.

일부 양태에서, 충분한 양의 물이 용액으로부터 증발되어, 물 대 $MgCl_2$ 의 비가 약 3:1 미만, 약 2.5:1 미만, 또는 약 2:1로 된다. 일부 양태에서, 건조기(30)를 빠져나가는 염화마그네슘 함유 물질 중 물의 대부분은 $MgCl_2$ 2수화물 형태이다. 예를 들어, 염화마그네슘 함유 물질은 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 또는 98% 이상의 $MgCl_2 \cdot 2H_2O(s)$ 를 포함한다. 건조기(30)에서의 주된 반응은 다음과 같이 제공된다:



[0030] 일부 양태에서, 필요한 에너지를 공급하여 물의 일부를 제거하기 위해, 열이 용기에 공급되어 약 150 내지 250 °C, 예를 들어 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 또는 240°C의 조작 온도를 유지할 수 있다. 일부 양태에서, 상기 온도는 195 내지 205°C, 또는 198 내지 202°C로 유지될 수 있다. 건조기(30)는 초가열된 증기(및 잠재적으로는 일부 HCl)가 용기의 상부를 빠져나가는 반면, 2수화물 염을 포함하는 염화마그네슘 함유 물질은 제1 분해 반응기(40)로 이동하도록 구성된다. 일부 양태에서, 조작 압력은 대기압이다. 일부 양태에서, 가열기(30)로부터 생성된 초가열된 증기는 분해 반응기(40 및/또는 45)에 요구되는 증기의 적어도 일부를 공급할 수 있다.

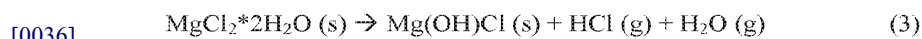
[0031] 일부 양태에서, $MgCl_2$ 수용액은 건조기(30)로 주입되어 용액의 온도를 건조기(30)의 조작 온도와 대체로 동일하게 상승시키기 전에 가열기(62)를 통해 펌프된다. 일부 양태에서, 가스 스트림(2)으로부터 열을 상기 수용액으로 전달하도록 구성된 순환 가열 유체 루프(83)에 의해, 열이 가열기(62)에서 상기 용액으로 전달될 수 있다.

[0032] 일부 양태에서, 시스템(100)은, 물 함량을 감소시키도록 구성되어, $MgCl_2$ 를 고체로 전환시키고, 상기 고체 물질이 제1 분해 반응기(40)로 전달될 수 있도록 구성된 증발기(30)를 포함한다. 예를 들어, 증발기(30)는 고체 물질의 전달을 촉진하도록 구성된 스크래퍼 또는 다른 진탕기를 갖는 플래시 드럼(flash drum)을 포함할 수 있다. 일부 양태에서 증발기(30)에서, 조작 온도에서 가압된 $MgCl_2$ 용액이 대기압으로 플래시되어, 수용액으로부터 물을 제거하고, $MgCl_2 \cdot 2H_2O$ 고체를 생성한다. 일부 양태에서, 순환 루프(83)에서의 가열 유체의 일부가 증발기(30)로 향하여 증발기(30)의 조작 온도를 유지할 수 있다.

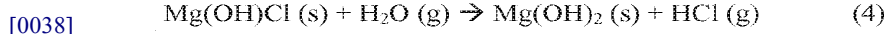
[0033] 일부 양태에서, 시스템(100)은, 물 함량을 감소시켜 수성 $MgCl_2$ 를 고체로 전환시키고 상기 고형 물질이 제1 분해 반응기(40)로 전달될 수 있도록 구성된 건조기(30)를 포함한다. 조작 온도를 유지하기 위해, 건조기(30)는 매질, 예를 들어 공기를 사용하여 간접 접촉 가열 또는 직접 접촉 가열을 적용하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 건조기(30)는 회전 건조기, 플래시 건조기, 또는 스프레이 건조기일 수 있다. 일부 양태에서, 순환 루프(83) 중 가열 유체의 일부는 건조기(30)로 향하게 되어 건조기(30)의 조작 온도를 유지할 수 있고, 또한 송풍기로 향하게 되어 건조 매질, 예를 들어 공기를 가열시킬 수 있다. 다른 양태에서, 시스템(100)은 건조기(30) 대신, 물 함량을 감소시켜 상기 물비를 약 2:1로 하고/하거나 $MgCl_2$ 가 대부분이 2수화물 형태가 되도록 하고, 제1 분해 반응기(40)로 전달될 수 있도록 구성된 플레이커(flaker), 결정기, 또는 프릴러(priller)를 포함할 수 있다.

[0034] 예시의 방식으로, 수용액의 온도를 200°C의 조작 온도로 상승시키기 위해 요구되는 열 유입은 대략적으로 7MMBtu/시간이다. 또한 예시의 방식으로, 물의 물비가 4:1인 수용액의 물 함량을 감소시키기 위해 요구되는 열 유입은 대략적으로 71MMBtu/시간이다. 순환 가열 유체 루프(83)에 대해, 상기 유체 복귀(fluid return) 온도는, 건조기(30) 또는 가열기(62)에 남겨진 유체에 대한 조작 온도, 예를 들어 210°C보다 약 5 내지 15°C 초과일 수 있다. 또한, 유체 공급 온도(예를 들어 건조기(30) 또는 가열기(62)에 접근하는 유체의 온도)는 조작 온도를 약 20 내지 30°C 초과하거나, 복귀 온도 예를 들어 225°C를 10 내지 20°C 초과할 수 있다. 가스 스트림(2)을 사용하는 루프(83)의 차단에서, 가스 스트림(2)의 온도는 분해 반응기(40)의 조작 온도를 적어도 30 내지 40°C 초과하는 온도일 수 있다. 일부 양태에서, 루프(83)로 열을 전달한 후의 가스 스트림(2)의 온도는 235°C 이상일 수 있다.

[0035] 시스템(100)은 2개 스테이지, $MgCl_2$ 를 $Mg(OH)_2$ 로 전환시키기 위한 역류(counter-current) 유동 분해 반응기에 대해 구성될 수 있다. 제1 스테이지 내에서, 반응기(40)는 다음 반응이 발생하도록 구성된다:



[0037] 제2 스테이지 내에서, 반응기(45)는 다음 반응이 발생하도록 구성된다:



[0039] 제2 반응기(45)에서, 증기는 제1 반응기(40)로부터의 MgOHCl 고체 공급물과 역류로 접촉할 수 있다. 일부 양태에서, 증기는 가스 스트림(2)에 의해 가열된 보일러(90)에 의해 생성될 수 있다. 또한 반응기(40 및 45)의 배출로부터 재순환된 증기는 보일러(90)로부터의 증기와 혼합되어 반응기(45)에 공급될 수 있다. 재순환된 증기는 가열기(65)에 의해 가열되어, 반응기(45)에 공급되기 위해 목적하는 최종 증기 온도를 취득할 수 있다. 증기는 하기 개시되는 반응기(45)의 조작 온도와 대체로 동일한 온도에서 반응기(45)에 도입된다. 예를 들어, 증기는 385 내지 395℃의 온도, 예를 들어 약 390℃에서 반응기(45)에 도입될 수 있다.

[0040] 반응기(45)를 빠져나가는 Mg(OH)₂ 고체는 반응기(45)에 남아있는 증기와 평형 상태이다. 일부 양태에서, 반응기(45)에 남아있는 빠져나가는 증기는 생성된 Mg(OH)₂ 1몰당 0.8몰 이상의 HCl를 포함할 것이다. 예를 들어, 반응기(45)에 남아있는 빠져나가는 증기는 생성된 Mg(OH)₂ 1몰당 0.85몰의 HCl, 0.9몰의 HCl, 0.95몰의 HCl, 0.98몰의 HCl를 포함할 수 있다. 반응기(45)를 통과하는 역유동(current flow) 속도는 HCl의 분압을 충분히 낮게 유지하여, 반응(5) 평형을 우측으로 이동하게 하기에 충분하다. 일부 양태에서, 역유동은 100% 추가열된 증기이다. 다른 양태에서, 역유동은 추가열된 증기 및 불활성 캐리어 기체를 포함한다. 일부 양태에서, HCl의 분압은 진공 조건하에서 분해 반응(45)을 조작함으로써 충분히 낮은 양으로 유지될 수 있다.

[0041] 반응기(40)에서, 반응기(45)에 남아있는 추가열된 증기 및 HCl의 증기 혼합물은, MgCl₂*2H₂O 고체를 포함하는 건조기 또는 증발기(30)로부터 공급된 염화마그네슘과 역류로 접촉된다. 일부 양태에서, 반응기(45)에 남아있는 증기의 일부만이 반응기(40)에 공급된다. 예를 들어, 반응기(45)를 빠져나가는 증기의 대부분은 반응기(40)를 우회하여 추가적인 열이 HCl 응축기(76)로부터 회수될 수 있다. 일부 양태에서, 반응기(40)를 빠져나가는 Mg(OH)Cl 고체는 반응기(40)에 남아있는 증기와 평형 상태이다. 일부 양태에서, 반응기(40)에 남아있는 빠져나가는 증기는 생성된 MgOHCl 1몰당 0.8몰 이상의 HCl를 포함할 것이다. 예를 들어, 반응기(40)에 남아있는 빠져나가는 증기는 생성된 MgOHCl 1몰당 0.85몰의 HCl, 0.9몰의 HCl, 0.95몰의 HCl, 0.98몰의 HCl를 포함할 수 있다. 반응기(40)를 통과하는 역유동의 속도는 HCl의 분압을 충분히 낮게 유지하여, 반응(4)의 우측으로의 이동을 유지하기에 충분하다.

[0042] 반응기(45)에 대한 조작 온도는 380 내지 500℃, 예를 들어 약 390, 400, 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 또는 490℃일 수 있다. 일부 양태에서, 반응기(45)에 대한 조작 온도는 약 385 내지 395℃, 예를 들어 약 390℃이다. 반응기(40)에 대한 조작 온도는 약 250 내지 400℃, 예를 들어, 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 또는 390℃일 수 있다. 예를 들어 반응기(40)의 조작 온도는 약 275 내지 285℃, 예를 들어 약 280℃이다. 예시의 방식으로, 2-스테이지 역류 구성에 대한 증기 요구사항은, 제2 반응기(45)에 대해 390℃에서 그리고 제1 반응기(40)에 대해 280℃에서, 11b/시간 HCl당 대략적으로 8.61b/시간 증기 일 수 있다.

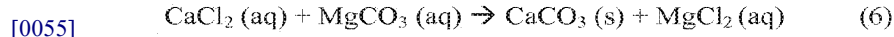
[0043] 반응기(40)의 유출물은 고형 MgOHCl을 포함한다. 일부 양태에서, 반응기(40)의 고체상 유출물은 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 98%, 또는 99% 이상의 MgOHCl이다. 반응기(45)의 유출물은 고형 Mg(OH)₂를 포함한다. 일부 양태에서, 반응기(45)의 고체상 유출물은 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 98%, 또는 99% 이상의 Mg(OH)₂이다.

[0044] 일부 양태에서, 반응기(40 및 45)의 조작 온도를 유지하기 위해, 분해 반응을 목적하는 온도에서 유지하기 위한 순환 가열 유체 루프를 간접적으로 통하여 분해 반응기(40, 45)로 열이 공급될 수 있다. 예를 들어, 각각의 반응기(40 및 45)에 대한 가열 유체 재킷(jacket)은 조작 온도의 유지를 용이하게 할 수 있다. 도시된 양태에서, 순환 가열 유체 루프(84)는 가스 스트림(2)으로부터 반응기(40)로 열을 전달하기 위해 구성되고, 순환 가열 유체 루프(85)는 가스 스트림(2)으로부터 반응기(45)로 열을 전달하기 위해 구성된다.

[0045] 일부 양태에서, 건조기(30)를 빠져나가는 MgCl₂ 함유 물질은, 용액의 온도를 반응기(40)의 조작 온도와 대체로 동일하게 상승시키기 위해 반응기(40)에 주입되기 전에 가열기(64)를 통하여 운반될 수 있다. 일부 양태에서, 예시된 것에 도시되지 않더라도, 순환 루프(84)의 가열 유체의 일부는 반응기(40)에 공급되는 MgCl₂ 함유 물질을 가열하기 위해 가열기(64)로 향하게 될 수 있다.

- [0046] 일부 양태에서, 순환 가열 유체 루프(85)에 대해, (예를 들어 반응기(45) 및 가열기(65)에 남아있는 가열 유체에 대한) 유체 복귀 온도는 반응기(40)의 조작 온도의 약 5 내지 15°C 초과일 수 있으며, 예를 들어 상기 유체 복귀 온도는 약 400°C일 수 있다. 또한, 유체 공급 온도(예를 들어 반응기(45) 또는 가열기(65)에 접근하는 유체의 온도)는 조작 온도의 약 10 내지 45°C 초과 또는 복귀 온도의 5 내지 25°C 초과일 수 있으며, 예를 들어 유체 공급 온도는 약 415°C일 수 있다. 가스 스트림(2)을 사용하는 루프(85)의 차단에서, 가스 스트림(2)의 온도는 500°C 초과 또는 600°C 초과, 예를 들어 연도 가스 배출 스트림의 온도일 수 있다. 일부 양태에서, 열을 루프(85)로 전달한 후의 가스 스트림(2)의 온도는 가열 유체 접근 반응기(45)의 온도보다 10°C 이상 높을 수 있다.
- [0047] 일부 양태에서, 순환 가열 유체 루프(84)에 대해, 유체 복귀 온도(예를 들어 반응기(40) 또는 가열기(64)에 남아있는 가열 유체의 온도)는 반응기(45)의 조작 온도의 약 5 내지 15°C 초과일 수 있으며, 예를 들어 유체 복귀 온도는 약 290°C일 수 있다. 또한, 유체 공급 온도(예를 들어 반응기(40) 또는 가열기(64)에 접근하는 유체의 온도)는 조작 온도의 약 5 내지 20°C 초과 또는 복귀 온도의 60 내지 100°C 초과일 수 있으며, 예를 들어 유체 공급 온도는 약 355°C일 수 있다. 가스 스트림(2)을 사용하는 루프(84)의 차단에서, 가스 스트림(2)의 온도는 500°C 초과 또는 600°C 초과, 예를 들어 연도 가스 배출 스트림의 온도일 수 있다. 일부 양태에서, 루프(85)로 열을 전달한 후의 가스 스트림(2)의 온도는 반응기(40)에 접근하는 가열 유체의 온도보다 10°C 이상 높을 수 있다.
- [0048] 반응기(45)를 빠져나가는 고온 Mg(OH)₂ 고체는 흡수 반응기(10)로 주입되기 전에 고체 생성물 냉각기(74)를 통과할 수 있는 반면, 반응기(40)를 빠져나가는 증기 생성물은 반응기(40) 주변의 증기 우회(6)와 조합된다. 조합된 증기 스팀은 HCl 생성물 탱크로 펌핑되기 전에 HCl 응축기(76)를 통과한다.
- [0049] 분해 반응기의 조작 온도로부터의 증거로, 분해 반응기에 대한 유효 엔탈피 요구사항, 즉, MgCl₂*2H₂O의 Mg(OH)₂ 및 HCl로의 분해에 대한 반응 엔탈피 및 분해 반응기로 직접 스팀 주입에 대한 추가열된 스팀 요구사항이 존재한다. 일부 양태에서, 시스템(100)은 가스 터빈을 포함할 수 있거나, 가스 터빈, 예를 들어 도시된 양태에서의 60MW 가스 터빈(95)으로부터 생성된 가스 스트림(2)을 받도록 구성될 수 있다. 일부 양태에서, 전체 CO₂ 포착 비율은 70%, 80%, 90%, 95%, 또는 99%초과일 수 있다.
- [0050] 제1 가스 터빈에 더하여, 시스템(100)은, 보충 천연 가스를 연소시키고 불꽃 온도에서 연도 가스로부터 회수된 열을 사용하여, 시스템(100) 내의 스팀 생성을 위한 추가적인 열을 제공하기 위한 퍼니스(furnace)(비도시됨)를 포함할 수 있다. 일부 양태에서, 2-스테이지 역류 반응기에 대해, 상기 방법에 대한 전체 엔탈피 요구사항은 약 175MMBtu/시간일 수 있다. 60MW 터빈 배출 가스로부터의 사용 가능한 열은 약 146MMBtu/시간으로, 100% CO₂ 포착을 달성하기 위해 요구되는 열의 약 29MMBtu/시간의 전체 결핍을 남긴다. 퍼니스 중에서의 보충 천연 가스의 1.4 MMSCFD의 연소는 44.9MMBtu/시간의 연소 가스로부터의 열 회수를 제공할 수 있다. 일부 양태에서, 이러한 추가적인 CO₂를 포착하기 위해 시스템(100) 내에 추가적인 16 내지 17MMBtu/시간의 엔탈피가 요구된다. 이는 100% CO₂ 포착을 달성하기 위해 사용될 수 있는 전체 엔탈피의 과잉을 야기한다. 이러한 천연 가스의 1.4 MMSCFD가 터빈에서 점화된 경우, (배출 터빈에서 생성된 60MW의 전력에 비해) 5.6MW의 추가적인 전력이 생성될 수 있다.
- [0051] 이제 도 2를 참조로 하여, Mg(OH)₂를 사용하여 가스 스트림으로부터 제거하고 Mg(OH)₂를 재생성하기 위해 구성된 시스템의 제2 양태가 이에 도시되며 참조 번호(200)로 지정된다. 양태(200)는 분해 공정이 단일 스테이지 역류동 반응기(48) 및 루프(84 및 85) 대신 순환 가열 유체 루프(86)를 포함하는 것을 제외하고는, 상기 개시된 양태(100)와 상당히 유사하다. 일부 양태에서, 반응기(48)의 조작 온도는 340 내지 360°C, 예를 들어 350°C일 수 있다. 추가열된 스팀은 조작 온도와 대체로 동일한 온도에서 도입될 수 있다.
- [0052] 이제 도 3을 참조로 하여, 반응기(10)와 관련하여 상기 개시된 1-스테이지 흡수 공정으로 대체될 수 있는 2-스테이지 CO₂ 흡수 공정의 양태가 이에 도시되며 참조 번호(300)로 지정된다. 상기 2-스테이지 공정은 1개 대신 2개의 반응기가 사용되고 물 대 MgCl₂의 조금 높은 물비가 요구되는 것을 제외하고는, 상기 1-스테이지 공정에 대해 개시된 조건들과 대체로 유사하다. 제1 스테이지 내에서, 반응기(12)는 하기 반응이 발생하도록 구성된다:
- [0053]
$$\text{Mg(OH)}_2 (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{MgCO}_3 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \quad (5)$$

[0054] 제2 스테이지 내에서, 반응기(14)는 하기 반응이 발생하도록 구성된다:



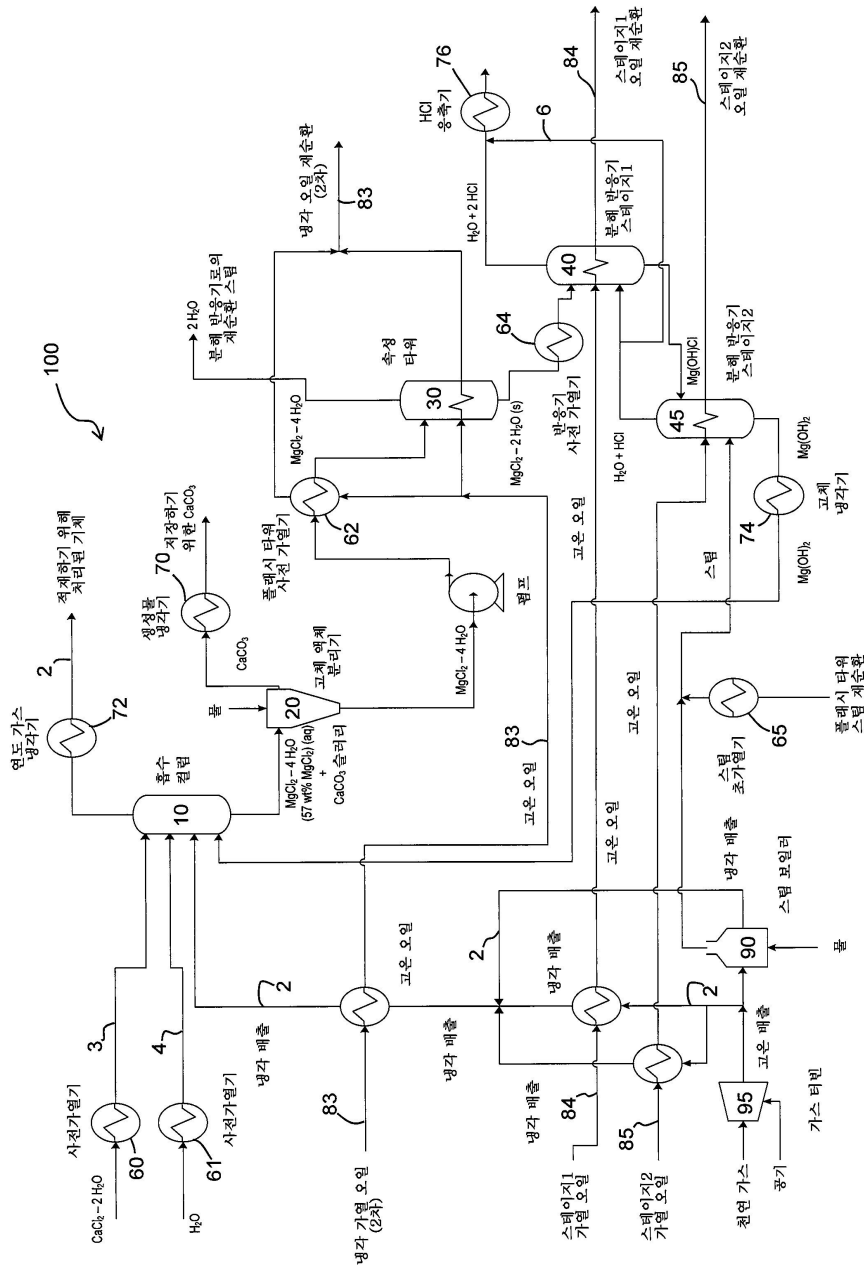
[0056] 일부 양태에서, 반응기(12)에서 물 대 MgCO_3 의 몰비는 약 3.5:1 또는 약 3:1일 수 있다. 일부 양태에서, 반응기(14)에서 물 대 MgCl_2 의 몰비는 약 5.5:1 또는 약 5:1일 수 있다.

[0057] 상기 명세서 및 예들은 구조의 완전한 설명 및 예시적인 양태의 용도를 제공한다. 특정 양태가 특정한 정도의 특수성을 포함하여, 또는 하나 이상의 개별 양태에 대해 상기 개시됐을지라도, 당해 기술 분야의 숙련가들은 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 개시된 양태들에 대한 다수의 변경을 만들어낼 수 있다. 이와 같이, 가스 스트림으로부터 이산화탄소를 제거하고 수산화마그네슘을 재생성하기 위한 본 발명의 시스템 및 방법의 예시적인 양태가 제한될 것을 의도하지 않는다. 대신, 본 발명의 장비, 시스템, 및 방법은 청구범위 내에 속하는 모든 수정 및 대안을 포함하며, 도시된 것 이외의 양태는 도시된 양태들의 특징부의 일부 또는 전체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 성분들이 통합된 구조로 조합될 수 있고/조합될 수 있거나 연결들이 치환될 수 있다. 또한, 적합한 경우 상기 개시된 임의의 예의 측면은 개시된 임의의 다른 예의 측면과 조합되어 유사하거나 상이한 성질을 갖고 동일하거나 상이한 문제를 해결하는 추가의 예를 형성할 수 있다. 유사하게는, 상기 개시된 이득 및 이점이 일 양태에 관할 수 있거나, 다수의 양태에 관할 수 있음이 이해될 것이다.

[0058] 구절 "에 대한 수단" 또는 "에 대한 단계" 각각을 사용하여 제공된 청구범위에 어떠한 제한을 명확하게 나타내지 않는 한, 청구범위는 수단-및-작용 또는 단계-및-작용의 제한을 포함하는 것으로 해석되지 않는다.

도면

도면1



도면3

