



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월12일

(11) 등록번호 10-1502238

(24) 등록일자 2015년03월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01D 53/14 (2006.01) *B01D 53/62* (2006.01)

B01D 53/96 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0137793

(22) 출원일자 2013년11월13일

심사청구일자 2013년11월13일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120025679 A

(73) 특허권자

한국화학연구원

대전광역시 유성구 가정로 141 (장동)

(72) 발명자

서휘민

대전 유성구 노은서로210번길 32, 405동 1502호
(지족동, 열매마을4단지)

박용기

대전 유성구 어은로 57, 119동 302호 (어은동, 한빛아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

곽현규, 이성하

전체 청구항 수 : 총 11 항

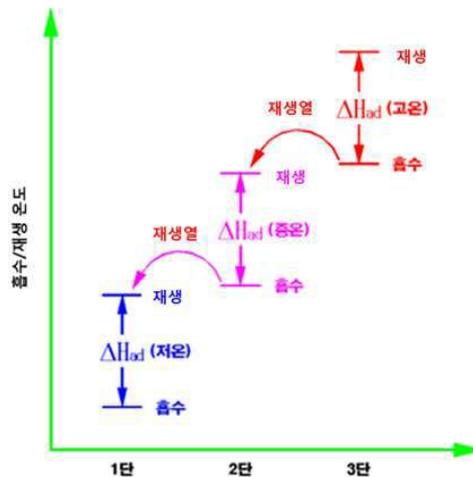
심사관 : 이근완

(54) 발명의 명칭 이산화탄소 흡수제 및 이를 이용한 이산화탄소 흡수 공정

(57) 요약

다공성 금속 산화물 지지체; 및 상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지된 흡수성분을 포함하되, 상기 흡수성분은 마그네슘 탄산염 및 산화 마그네슘으로 이루어진 군 중에서 선택되는 1종 이상과 알칼리 금속 탄산염을 포함하는 이산화탄소 흡수제가 제공된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

최원춘

대전 유성구 배울2로 134, 102동 302호 (용산동,
대덕테크노밸리2차푸르지오1단지)

강나영

충남 예산군 고덕면 예덕로 769,

민다영

대전 유성구 대덕대로556번길 118, (도룡동)

Dan Liu

NO.1, West Dandong Road, Wanghua District ,
Fushun, Liaoning Province, China

Jianzhou Gui

NO.1, West Dandong Road, Wanghua District ,
Fushun, Liaoning Province, China

이득기

광주 서구 풍암1로 53, 101동 1103호 (풍암동, 현
대삼환아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0031976

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 (재)한국이산화탄소포집및처리연구개발센터

연구사업명 Korea CCS 2020 사업

연구과제명 에너지 교환형 다단 유동층 CO2 포집기술 개발

기여율 1/1

주관기관 한국화학연구원

연구기간 2013.06.01 ~ 2014.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

다공성 금속 산화물 지지체; 및

상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지된 흡수성분을 포함하되,

상기 흡수성분은 마그네슘 탄산염 및 산화 마그네슘으로 이루어진 군 중에서 선택되는 1종 이상과 알칼리 금속 탄산염 및 알칼리 금속 질산염을 포함하는 이산화탄소 흡수제.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 금속 산화물 지지체는 산화 지르코늄, 산화 티타늄, 산화 알루미늄 및 산화 실리콘으로 이루어진 군 중에서 선택되는 1종 이상인 이산화탄소 흡수제.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 알칼리 금속 탄산염은 탄산 나트륨, 탄산 칼륨 또는 이들의 혼합물이고,

상기 알칼리 금속 질산염은 질산 나트륨, 질산 칼륨 또는 이들의 혼합물인 이산화탄소 흡수제.

청구항 4

제1 항에 있어서,

200 ~ 350℃의 온도에서 이산화탄소를 흡수하고 400℃ 이상의 온도에서 흡수된 이산화탄소를 방출하는 이산화탄소 흡수제.

청구항 5

다공성 금속 산화물 지지체; 및

상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지된 흡수성분을 포함하되,

상기 흡수성분은 마그네슘 탄산염 및 산화 마그네슘으로 이루어진 군 중에서 선택되는 1종 이상과 알칼리 금속 탄산염을 포함하며,

상기 금속 산화물 지지체 100 중량부 대비 상기 마그네슘 탄산염의 무게비는 5 ~ 40 중량부이고, 상기 금속 산화물 지지체 100 중량부 대비 상기 산화 마그네슘의 무게비는 2 ~ 20 중량부인 이산화탄소 흡수제.

청구항 6

다공성 금속 산화물 지지체; 및

상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지된 흡수성분을 포함하되,

상기 흡수성분은 이하의 화학식으로 표현되는 이산화탄소 흡수제:

(화학식)



상기 화학식에서, M은 알칼리 금속이고, $0 \leq m \leq 3$, $0.1 \leq n \leq 5$, $0 \leq p \leq 1$, $0 \leq q \leq 1$, $0 \leq p+q \leq 1$, $0 \leq x \leq 5$ 이다.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 M은 Na 또는 K인 이산화탄소 흡수제.

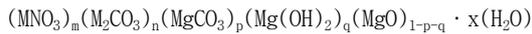
청구항 8

- (a) 다공성 금속 산화물 지지체를 제공하는 단계;
- (b) 알칼리 금속 탄산염의 수용액과 마그네슘 질산염의 수용액을 상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지하여 상기 다공성 금속 산화물 지지체 표면에 마그네슘 탄산염을 형성하는 단계;
- (c) 상기 마그네슘 탄산염이 상기 알칼리 금속 탄산염과 반응하여 이중 금속 탄산염이 형성되도록 상기 다공성 금속 산화물 지지체를 100℃ 이상의 온도에서 건조하는 단계; 및
- (d) 건조된 상기 다공성 금속 산화물 지지체를 400℃ 이상의 온도에서 소성하는 단계를 포함하는 이산화탄소 흡수제의 제조방법.

청구항 9

다공성 금속 산화물 지지체에 담지되며 하기 화학식으로 표현되는 흡수성분을 포함하는 제1 이산화탄소 흡수제, 및 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 낮은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제2 이산화탄소 흡수제를 이용하여 이산화탄소 함유 가스를 접촉시키는 이산화탄소 흡수공정으로서, 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제2 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용하는 이산화탄소 흡수공정:

(화학식)



상기 화학식에서, M은 알칼리 금속이고, $0 \leq m \leq 3$, $0.1 \leq n \leq 5$, $0 \leq p \leq 1$, $0 \leq q \leq 1$, $0 \leq p+q \leq 1$, $0 \leq x \leq 5$ 이다.

청구항 10

다공성 금속 산화물 지지체에 담지되며 하기 화학식으로 표현되는 흡수성분을 포함하는 제1 이산화탄소 흡수제, 및 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 높은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제3 이산화탄소 흡수제를 이용하여 이산화탄소 함유 가스를 접촉시키는 이산화탄소 흡수공정으로서, 상기 제3 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용하는 이산화탄소 흡수공정:

(화학식)



상기 화학식에서, M은 알칼리 금속이고, $0 \leq m \leq 3$, $0.1 \leq n \leq 5$, $0 \leq p \leq 1$, $0 \leq q \leq 1$, $0 \leq p+q \leq 1$, $0 \leq x \leq 5$ 이다.

청구항 11

다공성 금속 산화물 지지체에 담지되며 하기 화학식으로 표현되는 흡수성분을 포함하는 제1 이산화탄소 흡수제; 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 낮은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제2 이산화탄소 흡수제; 및
상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 높은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제3 이산화탄소 흡수제를 이용하여 이산화탄소 함유 가스를 접촉시키는 이산화탄소 흡수공정으로서,
상기 제3 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용하고, 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제2 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용하는 이산화탄소 흡수공정:

(화학식)



상기 화학식에서, M은 알칼리 금속이고, $0 \leq m \leq 3$, $0.1 \leq n \leq 5$, $0 \leq p \leq 1$, $0 \leq q \leq 1$, $0 \leq p+q \leq 1$, $0 \leq x \leq 5$ 이다.

청구항 12

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 명세서에 개시된 기술은 이산화탄소 흡수제 및 이를 이용한 이산화탄소 흡수 공정에 관한 것으로, 보다 상세하게는 200 ~ 350℃ 사이의 온도에서 이산화탄소를 흡수하고 400℃ 이상의 온도에서 흡수한 이산화탄소를 방출하는 이산화탄소 흡수제의 제조 및 이의 사용에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 발전소나 제철소 등의 대량 발생원으로부터 이산화탄소를 포집, 저장하여 대기중으로 방출되는 이산화탄소의 양을 줄이기 위한 기술로는 알카놀아민류를 이용한 화학흡식세정법과 제올라이트 등의 흡착제를 이용한 흡착법, 분리막을 이용한 방법 등이 있다. 화학흡식세정법은 흡수한 이산화탄소의 재생을 위한 스팀제조에 너무 많은 에너지가 소모되고, 흡착제를 이용한 방법은 상압의 15% 이하의 이산화탄소를 함유한 연소 후 배가스에서 이산화탄소를 잘 흡수하지 못하는 단점이 있으며, 막분리법은 아직 대량의 이산화탄소를 처리하기에는 적합하지 않다. 상기의 방법들의 대안으로 유동층 반응기 내에서 알칼리 금속 성분을 담지한 입자를 이용하여 이산화탄소를 흡수하는 건식 흡수법이 부각되고 있다 (U.S. 6,387,337 B1). 건식 흡수법은 저가의 재생가능한 고체 흡수제를 사용하며, 공정 설계의 유연성 및 친환경성 등으로 인해 가까운 미래의 대량 이산화탄소 포집 방법으로 선택되어 질 가능성이 높아지고 있다.

[0003] 상기의 건식 이산화탄소 흡수법에 적용할 수 있는 흡수제로는 알칼리 금속 탄산염을 주성분으로 하는 흡수제들을 들 수 있다. 이들은 낮은 가격과 유동층 내에서의 높은 구조적 안정성으로 인해 일차적으로 적용되어 쓰이고 있으나 알칼리 금속 탄산염이 이산화탄소를 흡수하기 위해서는 당량비 이상의 수분이 필요하며 흡수열이 높아 재생시에 많은 에너지를 소모하는 단점이 있다. 알칼리 금속 탄산염의 단점인 높은 에너지 소모량을 극복하기 위해 다공성 탄소, 제올라이트, 금속-유기 골격체, 다공성 유기 고분자 등의 흡착에 기반한 흡수제들이 개발되어져 왔다. 이 물질들은 낮은 흡착열로 인하여 흡착된 이산화탄소를 재생시키는데 적은 에너지가 소모되는 장점이 있으나 이산화탄소의 압력과 비율이 낮은 발전소 배가스 중의 이산화탄소 포집 시에는 이산화탄소 흡수능이 매우 낮아 적용하기 어렵다. 이를 극복하기 위해 상기의 흡착 물질에 아민기 등을 도입한 이산화탄소 흡착물질들이 개발되고 있다. 이들은 아민기와 이산화탄소와의 화학결합에 의해 낮은 이산화탄소 부분압에서도 높은 흡수능을 보이나 강한 화학결합으로 인해 이산화탄소 재생시에 많은 에너지를 소모하여 흡착제의 장점을 상쇄시킨다. 따라서 이산화탄소 흡수제의 흡수열을 낮추는 방법으로는 높은 이산화탄소 흡수능과 낮은 에너지 소모량의 두 가지 목표를 모두 달성하기가 거의 불가능하여 보다 혁신적인 이산화탄소 포집 방법의 개발이 필요하다.

발명의 내용

[0004] 본 발명의 일 측면에 의하면, 다공성 금속 산화물 지지체; 및 상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지된 흡수성분을 포함하되, 상기 흡수성분은 마그네슘 탄산염 및 산화 마그네슘으로 이루어진 군 중에서 선택되는 1종 이상과 알칼리 금속 탄산염을 포함하는 이산화탄소 흡수제가 제공된다. 여기서 마그네슘 탄산염은 $MgCO_3$ 및 $MgCO_3 \cdot 2H_2O$, $MgCO_3 \cdot 3H_2O$, $MgCO_3 \cdot 5H_2O$ 와 같은 그 수화물 및 $MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$, $4MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 4H_2O$, $4MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 5H_2O$ 와 같은 염기성 형태를 포함한다.

[0005] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 다공성 금속 산화물 지지체; 및 상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지된 흡수성분을 포함하되, 상기 흡수성분은 이하의 화학식으로 표현되는 이산화탄소 흡수제가 제공된다.

[0006] (화학식)

[0007] $(MnO_3)_m(M_2CO_3)_n(MgCO_3)_p(Mg(OH)_2)_q(MgO)_{1-p-q} \cdot x(H_2O)$

- [0008] 상기 화학식에서, M은 알칼리 금속이고, $0 \leq m \leq 3$, $0.1 \leq n \leq 5$, $0 \leq p \leq 1$, $0 \leq q \leq 1$, $0 \leq p+q \leq 1$, $0 \leq x \leq 5$ 이다.
- [0009] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, (a) 다공성 금속 산화물 지지체를 제공하는 단계; (b) 알칼리 금속 탄산염의 수용액과 마그네슘 질산염의 수용액을 상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지하여 상기 다공성 금속 산화물 지지체 표면에 마그네슘 탄산염을 형성하는 단계; (c) 상기 마그네슘 탄산염이 상기 알칼리 금속 탄산염과 반응하여 이중 금속 탄산염이 형성되도록 상기 다공성 금속 산화물 지지체를 100℃ 이상의 온도에서 건조하는 단계; 및 (d) 건조된 상기 다공성 금속 산화물 지지체를 400℃ 이상의 온도에서 소성하는 단계를 포함하는 이산화탄소 흡수제의 제조방법이 제공된다.
- [0010] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 다공성 금속 산화물 지지체에 담지되며 상술한 화학식으로 표현되는 흡수성분을 포함하는 제1 이산화탄소 흡수제, 및 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 낮은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제2 이산화탄소 흡수제를 이용하여 이산화탄소 함유 가스를 접촉시키는 이산화탄소 흡수공정으로서, 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제2 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용하는 이산화탄소 흡수공정이 제공된다.
- [0011] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 다공성 금속 산화물 지지체에 담지되며 상술한 화학식으로 표현되는 흡수성분을 포함하는 제1 이산화탄소 흡수제, 및 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 높은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제3 이산화탄소 흡수제를 이용하여 이산화탄소 함유 가스를 접촉시키는 이산화탄소 흡수공정으로서, 상기 제3 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용하는 이산화탄소 흡수공정이 제공된다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 다공성 금속 산화물 지지체에 담지되며 상술한 화학식으로 표현되는 흡수성분을 포함하는 제1 이산화탄소 흡수제; 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 낮은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제2 이산화탄소 흡수제; 및 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 높은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제3 이산화탄소 흡수제를 이용하여 이산화탄소 함유 가스를 접촉시키는 이산화탄소 흡수공정으로서, 상기 제3 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용하고, 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제2 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용하는 이산화탄소 흡수공정이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따라 저온 영역, 중온 영역, 고온 영역으로 이산화탄소 흡수-재생 사이클을 구성한 경우에 이산화탄소 흡수열을 이산화탄소 재생에 필요한 열로 이용하는 개념을 설명하기 위한 도면이다.
 도 2는 다공성 금속 산화물 지지체 표면에 산화마그네슘과 알칼리금속 탄산염 및 질산염으로 구성된 이산화탄소 흡수성분이 서로 균일하게 혼합되어 있는 이산화탄소 흡수제의 개략적인 단면도를 나타낸다.
 도 3은 본 발명의 일 구현예에 따른 이산화탄소 흡수제의 제조방법을 나타낸 공정순서도이다.
 도 4 내지 도 6은 각 흡수제의 시간에 따른 CO₂ 흡수량의 변화를 기록한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하, 본 발명을 보다 상세히 설명하고자 한다. 배경기술에서, 상술한 바와 같이 종래의 건식 이산화탄소 흡수공정의 경우, 높은 이산화탄소 흡수능과 낮은 에너지 소모량의 두 가지 목표를 모두 달성하기가 거의 불가능하다. 따라서 본 발명의 일 구현예에 따르면, 이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해 이산화탄소 흡수제와 이산화탄소와의 화학결합을 이용하여 이산화탄소 흡수능을 증가시키고, 이산화탄소 재생시에 소모되는 많은 반응열은 이산화탄소 흡수시에 방출되는 다량의 흡수열을 이용하여 충당하는 에너지 교환형 이산화탄소 흡수공정이 제안된다.
- [0015] 본 발명의 이산화탄소 흡수공정은 이산화탄소를 흡수하고 재생하는 온도영역이 서로 다른 2 내지 3가지의 흡수제들을 이용하여 높은 온도 영역의 흡수제가 이산화탄소를 흡수할 때 발생하는 흡수열을 낮은 온도 영역의 흡수제가 이산화탄소를 방출할 때 필요한 재생열로 이용하여 에너지 소모를 크게 낮추는 기술이다.
- [0016] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따라 저온 영역, 중온 영역, 고온 영역으로 이산화탄소 흡수-재생 사이클을 구성한 경우에 이산화탄소 흡수열을 이산화탄소 재생에 필요한 열로 이용하는 개념을 설명하기 위한 도면이다. 도 1을 참조하면, 서로 다른 온도에서 이산화탄소가 흡수 및 재생되는 이산화탄소 흡수/재생부들이 다단으로 연결된

경우, 각각의 이산화탄소 흡수/재생부에서는 이산화탄소의 흡수 및 재생이 일어나면서 에너지의 전달이 가능하다. 구체적으로는, 고온 영역의 흡수제가 이산화탄소 흡수 시에 방출하는 흡수열을 중온 영역의 흡수제의 이산화탄소 재생 시에 필요한 에너지로 사용하고, 중온 영역의 흡수제가 이산화탄소 흡수 시에 방출하는 흡수열을 저온 영역 흡수제의 이산화탄소 재생 시에 필요한 에너지로 사용한다. 이와 같이 이산화탄소 흡수 시에 발생하는 에너지를 재생 시에 필요한 에너지로 사용함으로써 이산화탄소 재생에 소요되는 에너지 비용을 절감시킬 수 있다.

[0017] 기존의 건식 이산화탄소 흡수 공정에 쓰이는 알칼리 금속 탄산염에 기반한 흡수제들은 50 ~ 70℃의 온도에서 이산화탄소를 흡수하고 150℃ 이상의 온도에서 이산화탄소를 방출한다. 따라서 알칼리 금속 탄산염과 함께 에너지 교환형 공정에 쓰일 수 있는 흡수제들은 200℃ 이상의 온도에서 이산화탄소를 흡수, 재생할 수 있는 물질이어야 한다. 고온에서 이산화탄소를 흡수하고 재생할 수 있는 물질들로서는 산화리튬지르코늄 (Li₂ZrO₃), 산화나트륨지르코늄 (Na₂ZrO₃), 산화리튬실리콘 (Li₄SiO₄), 산화칼슘 (CaO) 등이 있다. 이러한 흡수제들은 550℃ 이상의 높은 온도에서 이산화탄소를 흡수하고, 흡수한 이산화탄소의 재생을 위해서는 낮게는 650℃에서 높게는 900℃의 온도가 필요하다. 이산화탄소를 흡수하는 온도가 높을수록 온도를 높이기 위해 많은 에너지가 필요하고 열교환을 통하여 에너지를 회수해도 버려지는 열이 많아진다. 또한 이들의 이산화탄소 재생온도보다 더 높은 온도에서 이산화탄소를 흡수하는 흡수제는 구하기 어려우므로 알칼리 금속 탄산염과 550℃ 이상의 고온에서 이산화탄소를 흡수하는 고온흡수제 사이의 중간 온도에서 이산화탄소를 흡수하고 방출할 수 있는 흡수제가 필요하다. 적은 양의 알칼리 금속이 도핑된 하이드로탈사이트 (hydrotalcite)나 산화마그네슘은 250 ~ 400℃ 사이의 온도에서 이산화탄소를 흡수할 수 있음이 알려져 있다. 그러나 이러한 하이드로탈사이트는 이산화탄소 흡수량이 적고, 산화마그네슘은 높은 압력의 이산화탄소 조건에서는 흡수능이 좋으나 낮은 이산화탄소 농도에서는 이산화탄소를 잘 흡수하지 못한다.

[0018] 논문 Int. J. Greenh. Gas Con. 2011, 5, 634-639 및 Int. J. Greenh. Gas Con. 2013, 12, 351-358에서는 마그네슘 탄산염과 알칼리 금속 탄산염으로 이루어진 이중금속 탄산염으로 이루어진 이산화탄소 흡수제의 제조 및 사용에 대해 기술하고 있다. 이중금속 탄산염으로 이루어진 흡수제는 높은 흡수능을 가지고 있으나 흡수속도가 느려서 발전소 배가스와 같은 높은 유속의 혼합기체로부터 이산화탄소를 빠른 속도로 분리해 내는 용도로 사용하기 위해서는 흡수 속도를 크게 향상시킬 필요가 있다.

[0019] 이를 위해 본 발명의 일 구현예에 따르면, 다공성 금속 산화물 지지체; 및

[0020] 상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지된 흡수성분을 포함하는 이산화탄소 흡수제가 제공된다. 이때 상기 흡수 성분은 마그네슘 탄산염 및 산화 마그네슘으로 이루어진 군 중에서 선택되는 1종 이상과 알칼리 금속 탄산염을 함께 포함한다. 상기 알칼리 금속 탄산염은 탄산 나트륨, 탄산 칼륨 또는 이들의 혼합물일 수 있다.

[0021] 이와 같이 마그네슘과 알칼리 금속을 함유한 이중금속 탄산염을 다공성의 지지체에 담지시키면 이산화탄소에 대한 흡수 속도를 높일 수 있을 뿐 아니라, 유동층 공정에 사용하기 위한 필수조건인 높은 마모강도를 얻을 수 있다.

[0022] 일 구현예에서, 상기 흡수성분은 알칼리 금속 질산염을 더 포함할 수 있다. 알칼리 금속 질산염은 담지된 흡수제의 흡수능을 추가로 높여준다. 상기 알칼리 금속 질산염은 질산 나트륨, 질산 칼륨 또는 이들의 혼합물일 수 있다.

[0023] 상기 흡수성분을 담지하기 위한 상기 다공성 금속 산화물 지지체는 산화 지르코늄, 산화 티타늄, 산화 알루미늄 및 산화 실리콘으로 이루어진 군 중에서 선택되는 1종 이상으로 구성될 수 있다.

[0024] 상기 흡수성분을 많이 담지하기 위해서는 지지체가 높은 표면적과 기공부피를 가지고 있어야 한다. 예를 들어 상기 지지체는 50 m²/g 이상의 비표면적을 가지는 것이 바람직하다. 또한 상기 지지체는 0.1 cm³/g 이상의 기공부피를 가지는 것이 바람직하다.

[0025] 높은 마모저항성이 필요한 경우에 상기 지지체로서 산화 지르코늄이나 산화 티타늄을 사용하는 것이 좋지만, 다공성 물질을 제조하기가 쉽고 가격이 저렴한 측면에서는 상기 지지체로서 산화 알루미늄이나 산화 실리콘을 이용하는 것이 바람직하다. 발전소 배가스의 처리와 같은 실제 공정에 흡수제를 적용하기 위해서 흡수제는 일정한 형태를 갖추고 있는 것이 바람직하다. 이 경우 성형된 형태의 지지체 금속 산화물을 사용하여 이산화탄소 흡수성분을 담지하면 흡수성분이 포함된 상태에서 성형을 하지 않아도 되므로 성형과정에서 발생할 수 있는 흡수성분의 변화를 방지할 수 있다. 상기 다공성 금속 산화물의 성형체는 압출이나 분무건조법 등을 사용하여 쉽게 제

조될 수 있다.

- [0026] 상술한 이산화탄소 흡수제는 200 ~ 350℃에서 이산화탄소를 흡수하고, 400℃ 이상의 온도에서 이산화탄소를 배출한다. 또한 흡수성분이 높은 내마모성을 지닌 다공성 금속 지지체에 담지됨으로써, 흡수성분의 변화를 방지하며 유동층 공정에 적합하게 사용될 수 있다.
- [0027] 도 2는 다공성 금속 산화물 지지체 표면에 산화마그네슘과 알칼리금속 탄산염 및 질산염으로 구성된 이산화탄소 흡수성분이 서로 균일하게 혼합되어 있는 이산화탄소 흡수제의 개략적인 단면도를 나타낸다.
- [0028] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 지지체 위에 알칼리 금속 탄산염과 산화 마그네슘, 알칼리 금속 질산염이 균일하게 혼합된 이산화탄소 흡수성분을 담지하는 이산화탄소 흡수제의 제조방법이 제공된다. 본 발명의 일 구현예에 따른 이산화탄소 흡수제의 제조방법을 보다 구체적으로 설명하면 이하와 같다. 도 3은 본 발명의 일 구현예에 따른 이산화탄소 흡수제의 제조방법을 나타낸 공정순서도이다.
- [0029] 단계 S1에서, 다공성 금속 산화물 지지체를 제공한다. 다음 단계 S2에서, 알칼리 금속 탄산염의 수용액과 마그네슘 질산염의 수용액을 상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지하여 상기 다공성 금속 산화물 지지체 표면에 마그네슘 탄산염을 형성한다. 이어 단계 S3에서, 상기 마그네슘 탄산염이 상기 알칼리 금속 탄산염과 반응하여 이중 금속 탄산염이 형성되도록 상기 다공성 금속 산화물 지지체를 100℃ 이상의 온도에서 건조한다. 다음 단계 S4에서, 건조된 상기 다공성 금속 산화물 지지체를 400℃ 이상의 온도에서 소성한다.
- [0030] 일 구현예에서, 상기 이중 금속 탄산염의 형성은 상기 알칼리 금속 탄산염과 마그네슘 질산염을 몰비로 1:1로 담지하여 먼저 마그네슘 탄산염을 만든 후 알칼리 금속 탄산염을 추가로 담지하는 방식으로 수행될 수 있다.
- [0031] 다른 구현예에서, 상기 이중 금속 탄산염의 형성은 상기 알칼리 금속 탄산염을 상기 마그네슘 질산염 대비 몰비로 2:1 이상이 되도록 투입하여 한 번에 이중 금속 탄산염을 제조하는 방식으로 수행될 수 있다.
- [0032] 상기 알칼리 금속 탄산염과 상기 마그네슘 질산염이 반응하면 상기 이산화탄소 흡수제에는 상기 알칼리 금속 탄산염과 상기 마그네슘 질산염의 반응에 의해 생성된 알칼리 금속 질산염이 더 포함될 수 있다. 부산물로 생성된 상기 알칼리 금속 질산염은 모두 씻어낸 후 특정양을 후에 혼합할 수도 있고, 세척하는 용매의 종류와 양을 조절하여 일정양의 알칼리 금속 질산염을 남길 수도 있다.
- [0033] 지지체 금속 산화물에 대한 산화 마그네슘의 무게비율은 높을수록 이산화탄소 흡수능을 높일 수 있어 좋으나 산화 마그네슘이 많아짐에 따라 흡수제의 마모 강도가 낮아질 가능성이 높고 산화 마그네슘 뿐 아니라 알칼리금속 탄산염과 알칼리금속 질산염도 담지해야 하고, 담지된 물질들이 지지체의 기공을 막으면 기체가 통과하기 어려워 흡수제의 이산화탄소 흡수능과 흡수속도가 모두 낮아지므로 지지체의 표면적, 기공부피 등을 고려하여 담지량을 결정하는 것이 바람직하다.
- [0034] 상기 담지량은 상기 금속 산화물 지지체 100 중량부 대비 상기 마그네슘 탄산염의 무게비는 5 ~ 40 중량부인 것이 바람직하다. 또한 상기 금속 산화물 지지체 100 중량부 대비 상기 산화 마그네슘의 무게비는 2 ~ 20 중량부를 담지하는 것이 바람직하다.
- [0035] 한편, 전체 이산화탄소 흡수제의 크기는 10 내지 500 μm, 바람직하게는 50 내지 200 μm인 것이 유동층 공정에 사용하기에 적합하다.
- [0036] 알칼리 금속 탄산염은 마그네슘 탄산염과 반응하여 이중 금속 탄산염을 만들어 흡수제의 이산화탄소 흡수량과 흡수속도를 높인다. 상기 알칼리 금속 탄산염의 양이 많을수록 생성되는 이중 금속 탄산염의 양이 많아질 것이나 일정량 이상을 넣는다면 흡수능을 늘리는데 도움을 주지 못하고 기공부피만을 좁게 만드는 결과를 가져오게 된다. 상기 산화 마그네슘의 몰수 대비 0.1 ~ 5 배의 상기 알칼리 금속 탄산염을 첨가하는 것이 바람직하다. 알칼리 금속 질산염이 없이 산화 마그네슘과 알칼리 금속 탄산염만으로도 높은 흡수속도와 흡수능을 보여주지만 알칼리 금속 질산염을 첨가하면 그 효과는 더욱 높아진다. 그 함량은 산화 마그네슘 몰수대비 0 ~ 3 배가 바람직하다.
- [0037] 본 발명의 일 구현예에 따른 이산화탄소 흡수제는 다공성 금속 산화물 지지체 및 상기 다공성 금속 산화물 지지체에 담지된 흡수성분을 포함한다. 이때 상기 흡수성분은 이하의 화학식으로 표현된다.
- [0038] (화학식)
- [0039] $(MnO_3)_m(M_2CO_3)_n(MgCO_3)_p(Mg(OH)_2)_q(MgO)_{1-p-q} \cdot x(H_2O)$

- [0040] 상기 화학식에서, M은 알칼리 금속이고, $0 \leq m \leq 3$, $0.1 \leq n \leq 5$, $0 \leq p \leq 1$, $0 \leq q \leq 1$, $0 \leq p+q \leq 1$, $0 \leq x \leq 5$ 이다.
- [0041] 상기 M은 Li, Na, K, Rb 및 Cs으로 이루어진 군 중에서 선택될 수 있으며, 바람직하게는, 상기 M은 Na 또는 K일 수 있다.
- [0042] 상술한 이산화탄소 흡수제는 알칼리금속과 마그네슘의 이중금속 탄산염을 포함하며, 200 ~ 500℃ 사이의 온도에서 이산화탄소를 흡수하고 재생할 수 있으며, 재현성 있는 일정한 흡수능을 보인다. 또한 유동층 공정에서도 사용가능한 마모강도를 지닌다.
- [0043] 본 발명의 일 구현예에 따른 이중금속 탄산염 형태의 흡수성분을 이용한 이산화탄소 흡수공정은 아래의 3가지의 형태로 구현될 수 있다.
- [0044] 첫 번째 구현예에서, 상기 이산화탄소 흡수공정은 다공성 금속 산화물 지지체에 담지되며 상술한 화학식으로 표현되는 흡수성분을 포함하는 제1 이산화탄소 흡수제, 및 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 낮은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제2 이산화탄소 흡수제를 이용하여 이산화탄소 함유 가스를 접촉시키는 방식으로 진행될 수 있다. 이때 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제2 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용한다.
- [0045] 두 번째 구현예에서, 다공성 금속 산화물 지지체에 담지되며 상기 이산화탄소 흡수공정은 상술한 화학식으로 표현되는 흡수성분을 포함하는 제1 이산화탄소 흡수제, 및 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 높은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제3 이산화탄소 흡수제를 이용하여 이산화탄소 함유 가스를 접촉시키는 방식으로 진행될 수 있다. 이때 상기 제3 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용한다.
- [0046] 세 번째 구현예에서, 다공성 금속 산화물 지지체에 담지되며 상기 이산화탄소 흡수공정은 상술한 화학식으로 표현되는 흡수성분을 포함하는 제1 이산화탄소 흡수제; 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 낮은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제2 이산화탄소 흡수제; 및 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 재생온도보다 높은 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있는 제3 이산화탄소 흡수제를 이용하여 이산화탄소 함유 가스를 접촉시키는 방식으로 진행될 수 있다. 이때 상기 제3 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용하고, 상기 제1 이산화탄소 흡수제의 이산화탄소 흡수열을 상기 제2 이산화탄소 흡수제의 재생열로 이용한다.
- [0047] 상술한 이산화탄소 흡수공정에 따르면, 200 ~ 500℃의 온도에서 이산화탄소를 흡수 및 재생할 수 있으며, 재현성있는 일정한 흡수능을 보일 뿐 아니라 유동층 공정에서도 사용가능한 마모강도를 지닌 이중금속 형태의 흡수성분을 함유한 다공성 금속 지지체를 이산화탄소 흡수제로 다른 온도 영역의 이산화탄소 흡수제와 같이 사용하여 에너지 교환 방식을 통해 전체 에너지 소모를 크게 낮출 수 있다.
- [0048] 이하 본 발명에 대하여 실시예를 통해 더욱 상세히 설명하고자 하나 본 발명의 사상이 이하의 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0049] [실시예 1]
- [0050] 비표면적이 약 $200 \text{ m}^2/\text{g}$ 이고, 기공부피가 약 $0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$ 인, 사솔(Sasol)사의 2.5 mm 크기의 다공성 감마-알루미나 구를 분쇄하여 체로 쳐서 크기가 100~200 μm 인 조각을 모았다. 상기의 알루미나 조각 45 g에 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (15.21 g)을 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 용액이 알루미나의 기공 속으로 고르게 퍼지도록 한 후 12시간 동안 놓아 둔 다음 120℃로 가열하여 물을 증발시켰다. 물을 증발시킨 후 남은 고체 물질에 Na_2CO_3 (6.28 g)을 물 22.45 g에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 용액이 기공 속으로 고르게 퍼지도록 한 후 12시간 동안 놓아 둔 다음 200 mL의 물로 씻어준 후 120℃로 가열하여 건조하였다. 이 과정에서 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 와 Na_2CO_3 가 반응하여 마그네슘 탄산염이 생성되고 부산물로 생성된 NaNO_3 는 물에 씻겨 나갔다. 건조 후 마그네슘 탄산염이 담지된 알루미나를 얻었고, 얻어진 알루미나를 450℃의 온도에서 3시간 동안 소성하여 MgO가 담지된 알루미나를 얻었다.

- [0051] [실시예 2]
- [0052] 실시예 1에서 제조한 마그네슘 탄산염이 담지된 알루미늄 3.00 g에 0.075 g의 NaNO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 NaNO_3 와 마그네슘 탄산염이 0.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 NaNO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0053] [실시예 3]
- [0054] 실시예 1에서 제조한 마그네슘 탄산염이 담지된 알루미늄 15.00 g에 0.954 g의 Na_2CO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 1 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0055] [실시예 4]
- [0056] 실시예 3에서 제조한 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 1 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄 3.00 g에 0.0726 g의 NaNO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12 시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 0.5 : 1 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0057] [실시예 5]
- [0058] 실시예 1에서 제조한 마그네슘 탄산염이 담지된 알루미늄 20.00 g에 1.885 g의 Na_2CO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 1.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0059] [실시예 6]
- [0060] 실시예 5에서 제조한 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 1.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄 5.00 g에 0.23 g의 NaNO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12 시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 0.5 : 1.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0061] [실시예 7]
- [0062] 실시예 5에서 제조한 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 1.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄 10.00 g에 0.848 g의 NaNO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12 시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 1 : 1.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.

- [0063] [실시예 8]
- [0064] 실시예 5에서 제조한 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 1.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄 10.00 g에 1.696 g의 NaNO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12 시간 동안 놓아 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 2 : 1.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0065] [실시예 9]
- [0066] 실시예 1에서 제조한 마그네슘 탄산염이 담지된 알루미늄 10.00 g에 3.144 g의 Na_2CO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 2.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0067] [실시예 10]
- [0068] 실시예 9에서 제조한 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 2.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄 6.62 g에 0.254 g의 NaNO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12 시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 0.5 : 2.5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0069] [실시예 11]
- [0070] 실시예 1에서 제조한 마그네슘 탄산염이 담지된 알루미늄 10.00 g에 6.287 g의 Na_2CO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 5 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0071] [실시예 12]
- [0072] 실시예 1에서 사용한 알루미늄 조각 27 g에 7.544 g의 Na_2CO_3 를 물에 녹인 수용액을 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12시간 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 Na_2CO_3 가 담지된 알루미늄을 얻었다. 9.137 g의 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 Na_2CO_3 가 담지된 알루미늄과 혼합한 후 잘 저어주어 고르게 퍼지도록 한 다음 12시간 동안 놓아 둔 후 120°C 로 가열하여 물을 증발시켜 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염이 2 : 1 : 1의 몰비로 담지된 알루미늄을 얻었고, 얻어진 알루미늄을 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.
- [0073] [실시예 13]
- [0074] 비표면적이 약 $216 \text{ m}^2/\text{g}$ 이고, 기공부피가 약 $0.4 \text{ cm}^3/\text{g}$ 인, 분무건조 방식으로 제조된, 크기가 $100\text{-}200 \mu\text{m}$ 인 구형 알루미늄에 상기의 실시예 6과 같이 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 마그네슘 탄산염을 0.5 : 1.5 : 1의 몰비로 담지한 구형 흡수제를 제조하였고, 얻어진 구형 흡수제를 450°C 의 온도에서 3시간 동안 소성하여 NaNO_3 와 Na_2CO_3 와 MgO 가 담지된 알루미늄을 얻었다.

[0075] [비교예 1]

[0076] 4.86 g의 $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 를 60 mL의 물에 녹이고 300 rpm의 속도로 빠르게 교반하였다. 교반되고 있는 $Mg(NO_3)_2$ 용액에 6.02 g의 Na_2CO_3 를 10분 동안 조금씩 넣고 다 넣은 후 1시간 동안 교반을 계속하였다. 교반을 멈춘 후 혼합액을 24시간 동안 놓아 두었다. 혼합액을 여과하고 얻어진 고체를 150°C에서 18 시간 동안 건조하고 450°C에서 3시간 동안 소성하여 $NaNO_3$ 와 Na_2CO_3 와 MgO 가 몰분율로 약 9%, 32%, 59%로 이루어진 흡수제를 얻었다.

[0077]
[0078] [실시예 14]

[0079] 실시예 1 ~ 13에서 제조한 흡수제와 비교예 1에서 제조한 흡수제 200 mg씩을 취해 지름이 1 cm인 고정층 반응기와 열전도 계측기를 장착한 마이크로메리틱스 (Micromeritics)사의 오토캠 2920 (Autochem 2920) 기기에 넣고 CO_2 와 H_2O 와 He 이 15 : 15 : 70의 비로 이루어진 혼합가스를 80 mL/min의 속도로 흘려주며 300°C에서 각 흡수제의 시간에 따른 CO_2 흡수량의 변화를 기록하여 도 4 ~ 6에 나타내었다. 그래프의 x축은 시간을 나타내고 y축은 흡수제에 포함된 MgO 중에 CO_2 를 흡수한 MgO 의 비율을 나타낸다.

[0080] [실시예 15]

[0081] 실시예 1에서 사용한 알루미늄 담지체와 이 담지체에 $NaNO_3$ 와 Na_2CO_3 와 MgO 를 0.5 : 1.5 : 1의 몰비율로 담지하여 실시예 6에서 제조한 흡수제의 표면특성을 질소 흡탈착 실험을 통하여 측정하여 표 1에 나타내었다.

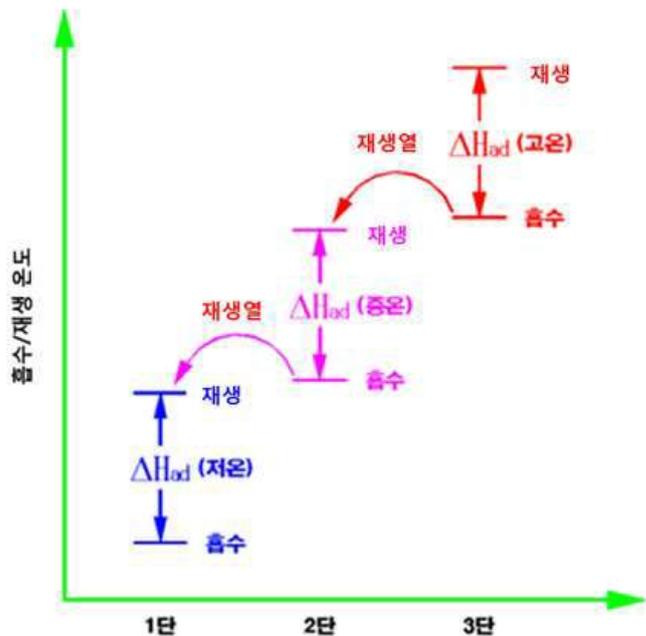
표 1

	실시예 1의 알루미늄 지지체	실시예 6에서 제조한 흡수제
비표면적 (m^2/g)	194	120
기공부피 (cm^3/g)	0.48	0.28
평균 기공 크기 (nm)	7.7	7.7

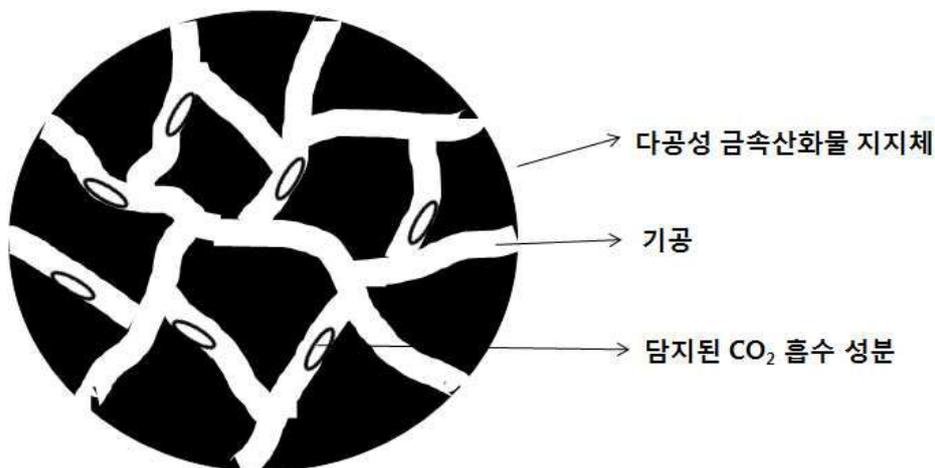
[0083]
[0084] 도 4 ~ 6을 통하여 이중 금속 탄산염 자체로 이루어진 흡수제 (비교예 1)보다 이중금속 탄산염을 알루미늄 위에 구현한 흡수제 (실시예 3 ~ 13)의 전환율이 훨씬 높고 속도 또한 빠름을 알 수 있다. 이중 금속 탄산염을 만들지 못하는 (Na_2CO_3 를 담지하지 않은) 실시예 1과 2에서 제조한 흡수제는 전환율이 높지 않았다.

도면

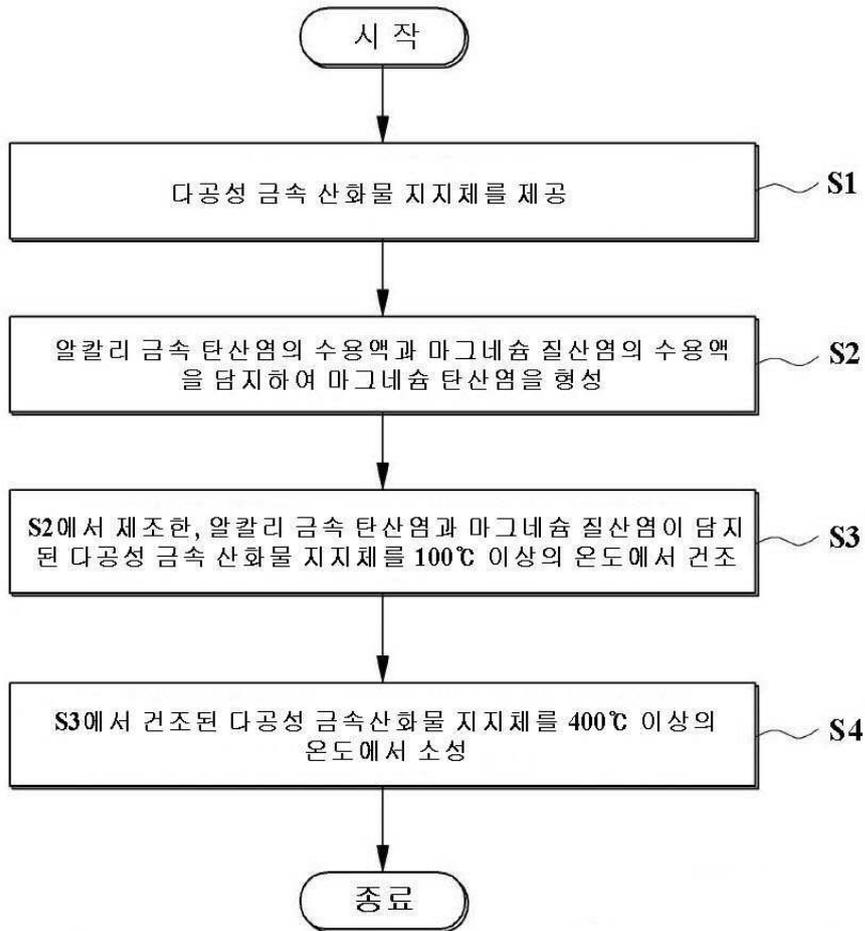
도면1



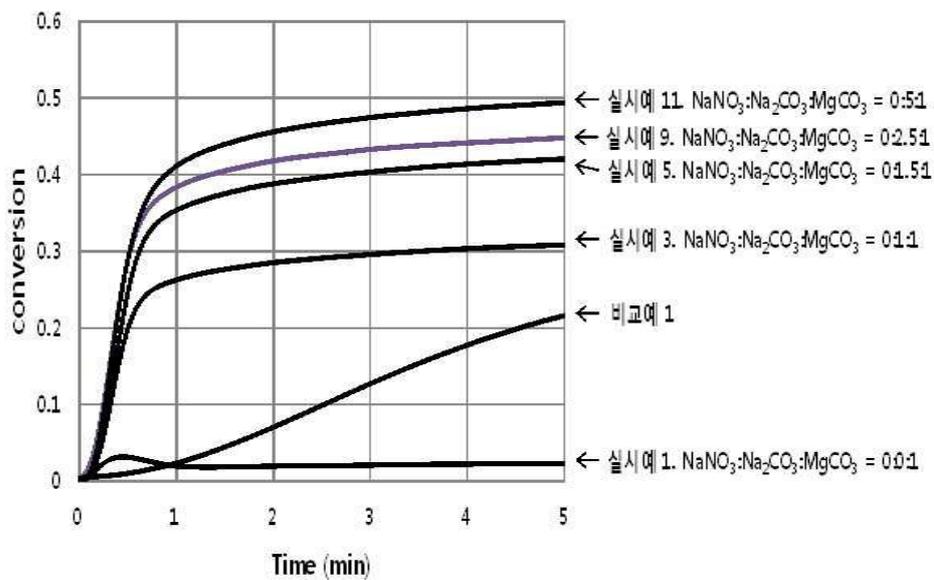
도면2



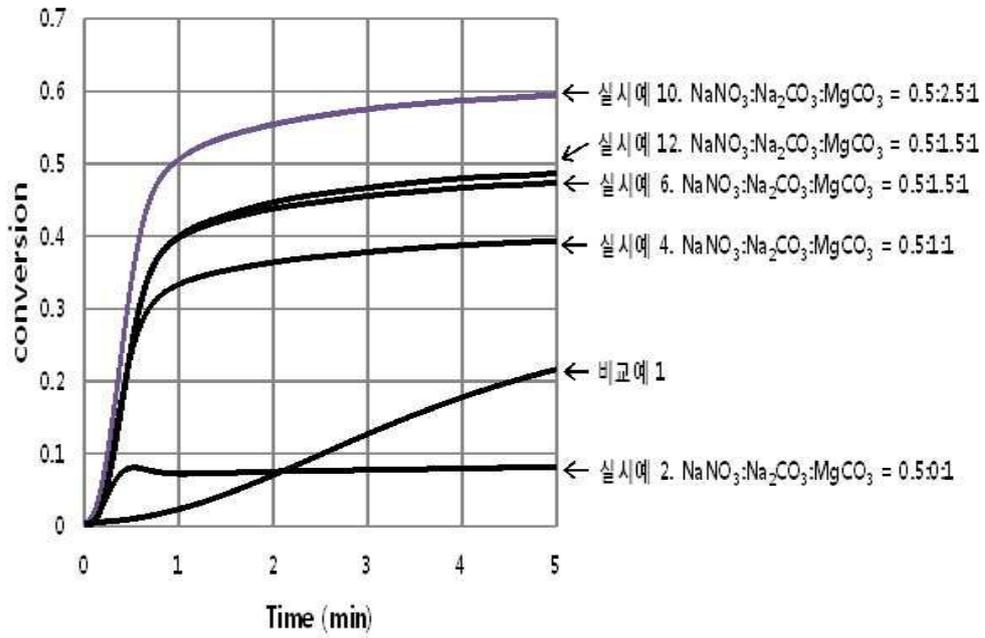
도면3



도면4



도면5



도면6

