



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0079382
(43) 공개일자 2012년07월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01J 20/22 (2006.01) *B01D 53/14* (2006.01)

B01D 53/62 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0000626

(22) 출원일자 2011년01월04일

심사청구일자 2011년01월04일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스내 (서천동, 경희대학교)

(72) 발명자

김훈식

서울특별시 동대문구 천장산로9가길 19-1 (이문동)

정민석

서울특별시 노원구 중계로 233, 청구3차 아파트 109동 702호 (중계동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유수미

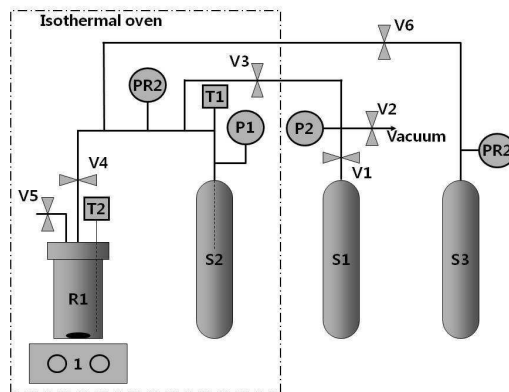
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 입체장애가 도입된 2급 알칸올아민과 디올을 포함하는 비수계 이산화탄소 흡수제

(57) 요약

본 발명은 입체장애가 도입된 2급 알칸올아민과 디올을 포함하는 비수계 이산화탄소 흡수제에 관한 것이다. 본 발명에 따른 이산화탄소 흡수제는 종래의 알칸올아민계 수용액을 기반으로 한 흡수제에 비해 우수한 흡수력과 빠른 흡수속도를 보일 뿐만 아니라, 종래의 흡수제에 비해 흡수제 재생온도가 현저히 낮아지고, 따라서 흡수 공정에 소요되는 전체 에너지 소비를 크게 줄일 수 있으며, 회수된 CO₂가 수분 및 흡수제 증기로 오염되는 것을 방지할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

임진규

서울특별시 성동구 행당로 82, 한신아파트 114동
1602호 (행당동)

홍성윤

경기도 고양시 일산동구 숲속마을로 68, 숲속마을
603동 1101호 (풍동)

최영섭

서울특별시 영등포구 문래동 6가 45 현대아파트
202동 709호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 16-2008-01-004-00

부처명 교육과학기술부

연구사업명 이산화탄소 저감 및 처리 기술개발 사업

연구과제명 이온성 액체를 이용한 CO₂ 분리 및 Hexamethylene Diisocyanate 합성

주관기관 경희대학교

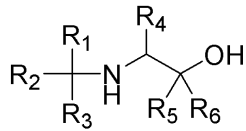
연구기간 2008.04.01 ~ 2012.03.31

특허청구의 범위

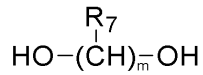
청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 2급 알칸올아민과 화학식 2 또는 화학식 3으로 표시되는 디올을 포함하는 이산화탄소 흡수제:

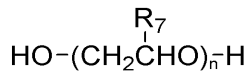
[화학식 1]



[화학식 2]



[화학식 3]



상기 식에서,

R^1 , R^2 및 R^3 는 각각 독립적으로 $\text{C}_1 \sim \text{C}_4$ 의 알킬기이고,

R^4 , R^5 및 R^6 는 각각 독립적으로 수소 또는 $\text{C}_1 \sim \text{C}_4$ 의 알킬기이며,

R^7 은 수소 또는 $\text{C}_1 \sim \text{C}_4$ 의 알킬기이고,

m 은 2 내지 8의 정수이며,

n 은 2 내지 8의 정수이다

청구항 2

제1항에 있어서, 화학식 1로 표시되는 2급 알칸올아민이 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-프로판올, 2-[(1,1-디메틸에틸)아미노]에탄올, 2-[(1,1-디메틸프로필)아미노]에탄올, 1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-프로판올, 2-[(1,1,2-트리메틸부틸)아미노]에탄올, 1-[(1,1,2-트리메틸부틸)아미노]-2-프로판올, 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-부탄올, 1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-메틸-2-프로판올, 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-메틸-2-프로판올, 3-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-부탄올, 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-펜탄올, 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-헥산올, 1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-펜탄올 및 1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-헥산올로 구성된 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 흡수제.

청구항 3

제1항에 있어서, 화학식 2로 표시되는 디올이 에탄-1,2-디올(에틸렌 글리콜), 프로판-1,2-디올(프로필렌 글리콜), 프로판-1,3-디올, 부탄-1,2-디올, 부탄-1,3-디올, 부탄-1,4-디올, 펜탄-1,3-디올, 펜탄-1,5-디올, 2-에틸-헥산-1,3-디올 및 옥탄-1,8-디올로 구성된 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 흡수제.

청구항 4

제1항에 있어서, 화학식 3으로 표시되는 디올이 디에틸렌 글리콜, 디프로필렌 글리콜, 트리에틸렌 글리콜, 트리프로필렌 글리콜, 테트라에틸렌 글리콜, 테트라프로필렌 글리콜, 펜타에틸렌 글리콜, 펜타프로필렌 글리콜,

헥사에틸렌 글리콜, 헥사프로필렌 글리콜 및 옥타에틸렌글리콜로 구성된 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 이산화탄소 흡수제.

청구항 5

제1항에 있어서, 2급 알칸올아민의 양이 5 내지 60 중량%인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 흡수제.

청구항 6

(i) 제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 따른 이산화탄소 흡수제를 사용하여 이산화탄소를 흡수시키는 단계; 및

(ii) 상기 이산화탄소 흡수제로부터 흡수된 이산화탄소를 탈기시키는 단계를 포함하는 기체 혼합물로부터 이산화탄소의 분리방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 단계(i)에서 흡수 온도가 20 °C 내지 50 °C 범위인 것을 특징으로 하는 분리방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 단계(i)에서 흡수 압력이 상압 내지 40 기압 범위인 것을 특징으로 하는 분리방법.

청구항 9

제6항에 있어서, 단계(ii)에서 탈기 온도가 50 내지 80 °C 범위인 것을 특징으로 하는 분리방법.

청구항 10

제6항에 있어서, 단계(ii)에서 탈기 압력이 상압인 것을 특징으로 하는 분리방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 입체장애가 도입된 2급 알칸올아민과 디올을 포함하는 비수계 이산화탄소 흡수제에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 이산화탄소 흡수능이 우수하고 흡수제 재생 공정에 소요되는 에너지 소비가 매우 적은, 입체장애가 도입된 2급 알칸올아민과 디올을 포함하는 비수계 이산화탄소 흡수제에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 화학공장, 발전소, 대형 보일러의 배기가스 및 천연가스로부터 CO₂를 분리하는 방법에는 흡수법, 흡착법, 분리막법, 침냉법 등이 사용되고 있다. 특히 배출되는 CO₂의 농도가 낮은 경우에는 흡수법이나 흡착법이 많이 사용된다. 흡수법이나 흡착법은 흡수제나 흡착제에 잘 흡수 또는 흡착되는 일부 기체만 선택적으로 분리할 수 있어 많이 이용되고 있으나, 분리과정 중에 흡수제 및 흡착제가 화학적으로 변형되어 주기적 교체가 필요한 단점이 있다. 따라서 고체 흡착제를 사용하는 경우에는 흡착제의 화학적 변형이 적어 흡착제 교체 주기가 긴 경우에 한해 적용하는 것이 유리하며, 이에 반해 흡수법은 액체상 흡수제를 사용하므로 흡수제 교체가 용이하고 흡착제에 비해 흡수용량이 큰 장점이 있어 대량의 배기가스 정화나 기체분리에 널리 활용되고 있으나 흡수제가 화학적 또는 열적으로 변형되는 단점이 있다.

[0003] 이산화탄소 흡수제로는 공업적으로 모노에탄올아민(monoethanolamine: MEA), N-메틸디에탄올아민(N-methyldiethanolamine: MDEA), 디에탄올아민(diethanolamine: DEA) 등의 아민류 수용액이 가장 널리 이용되고 있는데, 이는 알칸올아민 흡수제가 CO₂와 화학 결합을 이루었다가 열을 가하면 결합이 깨지면서 CO₂는 탈거되어 회수하고 흡수제는 재생될 수 있기 때문이다. 그러나 이 공정은 몇 가지 심각한 문제점을 지니고 있는데, 특히 흡수가스 중에 포함된 SO_x, NO_x와 같은 불순물에 의한 아민의 분해 문제와 흡수제의 재생 단계에서 CO₂와 흡수제간의 화학 결합을 끊기 위해 사용되는 높은 온도(110 °C 이상)에 의한 아민의 비가역적 분해 및 알칸올아민의 휘발성에 의한 흡수제의 손실, 또 이에 따른 흡수제의 성능 저하 및 흡수제 보충 문제, 아민 자체 또는 분해생성물에 의한 흡수 장치의 부식문제, 흡수제의 낮은 증기압으로 인해 재생과정에서 CO₂가 오염

되는 문제점 등이 단점으로 지적되고 있다.

- [0004] 아민류 수용액 흡수제의 단점을 보완하기 위해 셀렉솔(Selexol), 아이에프펙솔(IFPexol), 엔에프엠(NFM) 등의 유기용매를 사용하여 CO₂를 물리적으로 흡수시키는 방법들이 보고되고 있다. 유기용매 흡수제의 가장 중요한 이점은, CO₂ 흡수가 아민류 수용액에서와 같은 화학적 결합이 아니라 흡수 용매와 이산화탄소간의 물리적 상호작용에 의해서만 이루어지기 때문에, CO₂ 회수 및 용매 재생에 훨씬 낮은 에너지를 필요로 한다는 것이다. 실제로 아민 흡수제를 사용하는 경우 이산화탄소 회수 및 흡수제 재생은 에너지 집약적인 고온 스트리핑 과정을 필요로 하나, 물리적인 흡수인 경우에는 온도를 높이지 않고도 단순히 압력 변화를 통하여 용매에 용해되어 있는 CO₂를 회수할 수 있다. 그러나 물리적 흡수 과정 역시 다음과 같은 단점을 지니고 있다.
- [0005] 1. 낮은 CO₂ 흡수능: 유기용매는 일반적으로 아민류 수용액에 비해 훨씬 낮은 CO₂ 흡수능을 나타내므로, 흡수제의 순환율이 높고 따라서 보다 큰 장비가 필요하다.
- [0006] 2. 높은 순환율: 유기용매에 의한 물리적 흡수 공정은 아민류 용액의 경우에 비해 통상 두 배의 흡수제 순환율을 필요로 하기 때문에 보다 많은 자본과 장치비가 소요된다.
- [0007] 따라서 아민 흡수제 및 유기용매 흡수제의 단점들을 극복할 수 있는 열적, 화학적 안정성이 높고 증기압이 낮은 새로운 흡수제의 개발이 요구되어 왔다.
- [0008] 최근 기존 흡수제의 단점을 극복하기 위한 방안으로 미국특허 제6,849,774호, 미국특허 제6,623,659호 및 미국특허 제2008/0146849호에서 제시한 바와 같이, 휘발성이 없고 열적 안정성이 높으면서 100 °C 이하의 낮은 온도에서 액체상을 유지하는 이온성 액체(ionic liquid)를 흡수제로 이용하려는 시도가 이루어지고 있다. 이온성 액체는 유기 양이온과 유기 또는 무기 음이온으로 구성된 극성을 띤 염 화합물로서, CO, CO₂, SO₂, N₂O와 같은 기체 분자를 잘 용해시키는 성질이 있다. 이때 이온성 액체에 흡수되는 기체의 용해도는 기체와 이온성 액체 간의 상호작용의 정도에 따라서 달라지며, 따라서 이온성 액체의 양이온과 음이온을 적절히 변형시켜 이온성 액체의 극성, 산도(acidity), 염기도(basicity), 친핵도(nucleophilicity) 등을 변화시키면 특정 기체에 대한 용해도를 어느 정도 조절할 수 있다.
- [0009] 대표적인 이온성 액체로 4급 암모늄, 즉 이미다졸륨, 피라졸륨, 트리아졸륨, 피리디늄, 피리다지늄, 피리미디늄 등 질소를 함유하는 유기양이온과 Cl⁻, Br⁻, I⁻ 과 같은 할로젠, BF₄⁻, PF₆⁻, (CF₃SO₂)₂N⁻, CF₃SO₃⁻, MeSO₃⁻, NO₃⁻, CF₃CO₂⁻, CH₃CO₂⁻ 등의 음이온으로 구성되는 화합물이 알려져 있으며, 특히 음이온이 불소원자를 함유하는 경우 비교적 높은 이산화탄소 흡수능을 가진다고 보고되고 있다. 그러나 이들 이온성 액체 흡수제 또한 아민 흡수제에 비해 CO₂ 흡수능이 현저히 낮고 제조원가가 지나치게 높아 경제성이 떨어지는 문제가 있다.
- [0010] 특히 테트라플루오로보레이트(BF₄⁻), 헥사플루오로포스페이트(PF₆⁻), 트리플루오로설포이미드((CF₃SO₂)₂N⁻) 등의 불소원자가 포함된 음이온을 갖는 이온성 액체는 이산화탄소 및 이황화탄소와 같은 산성 기체에 대해 비교적 높은 용해도를 지니고 있으나, 이들 이온성 액체를 합성하기 위해서는 통상 2단계 이상의 복잡한 제조과정을 거쳐야 할 뿐만 아니라 제조원가가 너무 높아 공업적으로 활용하기에 문제가 많다.

발명의 내용

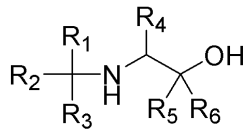
해결하려는 과제

- [0011] 본 발명자들은 종래의 이산화탄소 흡수제의 문제점을 해결하고자 예의 연구 검토한 결과, 입체장애가 도입된 2급 알칸올아민과 디올을 포함하는 이산화탄소 흡수제를 사용하는 경우, 흡수제 재생온도를 획기적으로 낮출 수 있어 공정에 소요되는 에너지 소비를 크게 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 기존 알칸올아민계 수용액 흡수제에 비해 흡수능이 증대되고, 또 재생온도가 낮아짐에 따라 부식성이 줄어들며 재생 시 용매 손실을 크게 줄일 수 있음을 발견하고 본 발명을 완성하게 되었다.
- [0012] 따라서, 본 발명의 목적은 이산화탄소 흡수능이 우수하고 흡수제 재생 공정에 소요되는 에너지 소비가 매우 적은 이산화탄소 흡수제를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

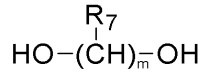
[0013] 본 발명은 하기 화학식 1로 표시되는 2급 알칸올아민과 화학식 2 또는 화학식 3으로 표시되는 디올을 포함하는 이산화탄소 흡수제에 관한 것이다.

[0014] [화학식 1]



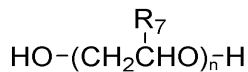
[0015]

[0016] [화학식 2]



[0017]

[0018] [화학식 3]



[0019]

[0020] 상기 식에서,

[0021] R^1 , R^2 및 R^3 는 각각 독립적으로 $\text{C}_1 \sim \text{C}_4$ 의 알킬기이고,

[0022] R^4 , R^5 및 R^6 는 각각 독립적으로 수소 또는 $\text{C}_1 \sim \text{C}_4$ 의 알킬기이며,

[0023] R^7 은 수소 또는 $\text{C}_1 \sim \text{C}_4$ 의 알킬기이고,

[0024] m은 2 내지 8의 정수이며,

[0025] n은 2 내지 8의 정수이다.

[0026] 본 명세서에서, $\text{C}_1 \sim \text{C}_4$ 의 알킬기는 탄소수 1 내지 4개로 구성된 직쇄형 또는 분지형 탄화수소를 의미하며, 예를 들어 메틸, 에틸, n-프로필, i-프로필, n-부틸, i-부틸, t-부틸 등이 포함되나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0027] 상기 화학식 1로 표시되는 2급 알칸올아민은 예를 들어, 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-프로판올, 2-[(1,1-디메틸에틸)아미노]에탄올, 2-[(1,1-디메틸프로필)아미노]에탄올, 1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-프로판올, 2-[(1,1,2-트리메틸부틸)아미노]에탄올, 1-[(1,1,2-트리메틸부틸)아미노]-2-프로판올, 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-부탄올, 1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-메틸-2-프로판올, 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-메틸-2-프로판올, 3-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-부탄올, 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-펜탄올, 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-헥산올, 1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-펜탄올, 1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-헥산올 등을 포함하나 이에 한정되는 것은 아니다.

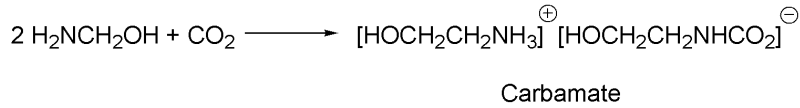
[0028] 상기 화학식 2로 표시되는 디올은 예를 들어, 에탄-1,2-디올(에틸렌 글리콜), 프로판-1,2-디올(프로필렌 글리콜), 프로판-1,3-디올, 부탄-1,2-디올, 부탄-1,3-디올, 부탄-1,4-디올, 펜탄-1,3-디올, 펜탄-1,5-디올, 2-에틸-헥산-1,3-디올, 옥탄-1,8-디올 등을 포함하나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0029] 상기 화학식 3으로 표시되는 디올은 예를 들어, 디에틸렌 글리콜, 디프로필렌 글리콜, 트리에틸렌 글리콜, 트리프로필렌 글리콜, 테트라에틸렌 글리콜, 테트라프로필렌 글리콜, 펜타에틸렌 글리콜, 펜타프로필렌 글리콜, 헥사에틸렌 글리콜, 헥사프로필렌 글리콜, 옥타에틸렌 글리콜 등을 포함하나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0030] 상기 2급 알칸올아민의 양은 바람직하게는 5 내지 60 중량%, 보다 바람직하게는 20 내지 40 중량%이다. 2급 알칸올아민의 양이 5 중량% 미만이면 CO_2 흡수능이 현저히 낮아지고 2급 알칸올아민의 양이 60 중량%를 초과하면 CO_2 흡수량의 증가는 미미한 반면 흡수액의 점도가 지나치게 높아지는 문제가 있다.

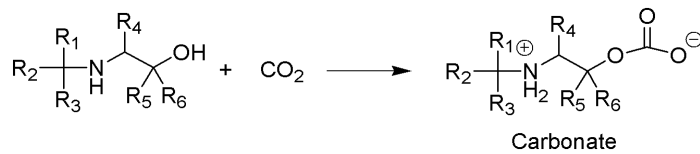
[0031] 본 발명에 따른 이산화탄소 흡수제는 입체장애를 도입한 2급 알칸올아민이 디올에 용해되어 있는 비수계 흡수제로서, 종래의 알칸올아민(예를 들어, 모노에탄올아민)이 하기 반응식 1에 나타낸 바와 같이, 아민기의 질소 원자와 CO₂가 반응하여 열적 안정성이 큰 카바메이트(carbamate)를 형성하는 반면, 본 발명에 따른 입체장애를 도입한 2급 알칸올아민은 하기 반응식 2에 나타낸 바와 같이, 히드록시기의 산소원자와 CO₂가 반응하여 카바메이트 보다 열적 안정성이 떨어지는 카보네이트(carbonate)를 형성한다.

[0032] [반응식 1]



[0033]

[0034] [반응식 2]



[0035]

[0036] 따라서 본 발명의 흡수제를 사용하면 낮은 온도에서도 흡수제 재생이 가능해져 전체적인 흡수 공정의 에너지가 절감될 수 있을 뿐만 아니라, 높은 재생온도에서 파생되는 부식 및 흡수제 손실 문제 등도 크게 줄일 수 있다.

[0037] 또한 입체장애가 도입된 2급 알칸올아민은 종래의 알칸올아민이 CO₂와 2:1 (CO₂/알칸올아민 = 1/2)로 반응하여 카바메이트를 형성하는 것과는 달리 CO₂와 1:1 (CO₂/알칸올아민 = 1/1)로 반응하기 때문에, 종래의 알칸올아민에 비해 단위 몰 당 2배의 CO₂를 흡수할 수 있으며, 따라서 흡수제의 순환속도 및 순환량을 낮출 수 있어 장치의 크기를 줄일 수 있으므로 보다 경제적이다.

[0038] 아울러, 증발 잠열이 큰 물 대신에 비점이 높고 열용량이 작은 디올을 용매로 사용하기 때문에, 물을 용매로 사용하는 종래의 알칸올아민계 흡수제에 비해 에너지 면에서 훨씬 효율적이며 회수된 CO₂의 탈수 공정이 필요 없는 장점도 있다.

[0039] 본 발명의 흡수제에서 디올은 용매의 역할 뿐만 아니라 히드록시기를 통하여 형성된 카보네이트를 안정화시켜 주는 역할도 한다.

[0040] 다른 한편으로, 본 발명은 본 발명에 따른 이산화탄소 흡수제를 사용하여 기체 혼합물로부터 이산화탄소를 분리하는 방법에 관한 것으로, 본 발명의 분리방법은

[0041] (i) 상기 화학식 1로 표시되는 2급 알칸올아민과 상기 화학식 2 또는 화학식 3으로 표시되는 디올을 포함하는 이산화탄소 흡수제를 사용하여 이산화탄소를 흡수시키는 단계; 및

[0042] (ii) 상기 이산화탄소 흡수제로부터 흡수된 이산화탄소를 탈기시키는 단계를 포함한다.

[0043] 상기 단계 (i)에서 이산화탄소를 흡수시킬 때 바람직한 온도는 0 °C 내지 80 °C 범위, 보다 바람직하기로는 20 °C 내지 50 °C 범위이고, 바람직한 압력은 상압 내지 50 기압 범위, 보다 바람직하기로는 상압 내지 40 기압 범위이다. 이산화탄소를 흡수시킬 때 온도는 낮을수록, 압력은 높을수록 이산화탄소 흡수량이 증가한다.

[0044] 상기 단계 (ii)에서 흡수된 이산화탄소를 탈기시킬 때 바람직한 온도는 40 °C 내지 100 °C 범위, 보다 바람직하기로는 50 내지 80 °C 범위이고, 바람직한 압력은 상압 내지 10 기압, 보다 바람직하기로는 상압이다.

[0045] 상기 기체 혼합물로는 화학공장, 발전소, 대형 보일러의 배기가스, 천연가스 등이 사용될 수 있다.

발명의 효과

[0046] 본 발명에 따른 입체장애가 도입된 2급 알칸올아민과 디올을 포함하는 비수계 이산화탄소 흡수제는 종래의 알

칸올아민계 수용액을 기반으로 한 흡수제에 비해 우수한 흡수력과 빠른 흡수속도를 보일 뿐만 아니라, 종래의 흡수제에 비해 흡수제 재생온도가 현저히 낮아지고, 따라서 흡수 공정에 소요되는 전체 에너지 소비를 크게 줄일 수 있으며, 회수된 CO₂가 수분 및 흡수제 증기로 오염되는 것을 방지할 수 있다.

[0047] 또한 본 발명의 흡수제는 흡수와 탈기 반복 시에도 초기 흡수능을 거의 유지할 수 있어 효과적인 CO₂ 분리 매체로 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0048] 도 1은 이산화탄소 흡수 및 탈거 실험 장치의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0049] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 보다 구체적으로 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오직 본 발명을 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 국한되지 않는다는 것은 당업자에게 있어서 자명하다.

[0050] 이산화탄소 흡수 실험 장치 및 공정

[0051] 도 1의 장치를 사용하여 CO₂ 흡수 성능 실험을 수행하였다. 도 1의 장치는 온도계(T2)가 부착되어 있는 60 mL의 스테인레스 스틸 흡수반응기(R1), 고압(0 ~ 70 기압)용 압력 변환기(pressure transducer; P1), 온도계(T1)가 부착된 75 mL의 CO₂ 저장용 실린더(S2) 및 교반기(1)로 이루어졌으며, 일정 온도에서 CO₂ 흡수능력을 측정하기 위하여 항온조 내에 설치되어 있다. 또한, 항온조 외부에는 CO₂ 공급용기(S1)와 압력계(P2)를 설치하였다.

[0052] 도 1의 흡수반응기(R1)에 일정량의 흡수제를 자석막대와 함께 넣고, 60 °C에서 1시간 동안 교반하면서 진공진조시킨 후 온도를 다시 40 °C로 낮추었다. 흡수반응기(R1)에 연결된 밸브(V4)를 잠근 후, 저장용 실린더(S2)에 일정 압력(10 ~ 50 기압)의 CO₂를 넣어 평형 압력과 온도를 기록한 다음, 흡수반응기(R1)의 교반을 멈추고 밸브(V4) 및 압력조절기를 이용하여 흡수반응기(R1)의 압력을 0 ~ 50 기압의 일정한 압력으로 유지한 후, 저장용 실린더(S2)의 평형상태에서의 압력과 온도를 기록하고 교반을 시작하여 1 시간 후에 최종 압력과 온도를 기록하였다(평형 값).

[0053] 탈거 실험의 경우에는 밸브(V4)를 잠그고 흡수반응기(R1)의 온도를 60 ~ 100 °C로 올린 후, 밸브(V4), 밸브(V5) 및 밸브(V6)를 열고 20 mL/분의 질소를 흡수반응기(R1)에 공급하면서 CO₂를 탈거시켰다.

[0054] 실시예 1-13:

[0055] 상술한 도 1의 흡수반응기(R1)에 입체장애가 도입된 2급 알칸올아민 30 중량%와 에탄-1,2-디올 70 중량%로 이루어진 흡수제 10 g을 충전하고, 항온조의 온도를 40 °C로 유지하면서 CO₂ 흡수 실험을 수행하였다. 흡수반응기(R1)의 교반을 멈추고 밸브(V4) 및 압력조절기를 이용하여 흡수반응기(R1)의 압력을 1 기압으로 유지한 상태에서 저장용 실린더(S2)의 평형상태에서의 압력을 기록한 후, 다시 교반을 시작하여 1 시간 후에 최종 압력을 기록하고 그 차이로부터 아민 몰 당 CO₂ 흡수량을 계산하였다. 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

[0056]	실시예	2급 알칸올아민	CO ₂ 흡수량 (gmole CO ₂ /gmole 아민)
	1	1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-프로판올	1.145
	2	2-[(1,1-디메틸에틸)아미노]에탄올	1.010
	3	2-[(1,1-디메틸프로필)아미노]에탄올	1.021
	4	1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-프로판올	1.251
	5	2-[(1,1,2-트리메틸부틸)아미노]에탄올	1.113
	6	1-[(1,1,2-트리메틸부틸)아미노]-2-프로판올	1.073

7	1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-부탄올	1.201
8	1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-메틸-2-프로판올	1.111
9	3-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-부탄올	0.996
10	1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-펜탄올	1.212
11	1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-헥산올	0.998
12	1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-펜탄올	1.009
13	1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-헥산올	1.105

실시예 14-18:

2급 알칸올아민으로 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-프로판올을 사용하고, CO₂ 압력을 1 기압으로 고정하며, 흡수온도를 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 CO₂ 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

표 2

실시예	흡수온도 (°C)	CO ₂ 흡수량 (gmole CO ₂ /gmole 아민)
14	0	1.335
15	20	1.254
16	50	0.658
17	60	0.426
18	80	0.313

실시예 19-24:

2급 알칸올아민으로 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-프로판올을 사용하고, 온도를 40 °C로 고정하며, 흡수압력을 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 CO₂ 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 3에 나타내었다.

표 3

실시예	흡수압력 (기압)	CO ₂ 흡수량 (gmole CO ₂ /gmole 아민)
19	상압	0.976
20	5	1.231
21	10	1.244
22	20	1.451
23	40	1.635
24	50	1.882

실시예 25-30:

2급 알칸올아민으로 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-프로판올을 사용하고, 온도를 40 °C, 압력을 1 기압으로 고정하며, 아민의 양을 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 CO₂ 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 4에 나타내었다.

표 4

실시예	아민의 양 (중량%)	CO ₂ 흡수량 (gmole CO ₂ /gmole 아민)
25	5	1.201
26	10	1.159
27	20	1.148
28	40	1.096

29	50	1.014
30	60	0.983

실시예 31-42:

2급 알칸올아민으로 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-프로판올을 사용하고, 온도를 40 ℃, 압력을 1 기압으로 고정하며, 디올의 종류를 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 CO₂ 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 5에 나타내었다.

표 5

실시예	다올	CO ₂ 흡수량 (gmole CO ₂ /gmole 아민)
31	프로판-1,2-디올	1.134
32	프로판-1,3-디올	1.130
33	부탄-1,2-디올	1.124
34	부탄-1,4-디올	1.095
35	2-에틸-헥산-1,3-디올	0.933
36	옥탄-1,8-디올	0.841
37	디에틸렌 글리콜	1.025
38	디프로필렌 글리콜	1.005
39	테트라에틸렌 글리콜	0.978
40	테트라프로필렌 글리콜	0.989
41	헥사에틸렌 글리콜	0.832
42	옥타에틸렌 글리콜	0.759

실시예 43-46:

흡수온도를 40 ℃, 흡수압력을 1 기압으로 고정하고, 2급 알칸올아민을 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 CO₂ 흡수 실험을 수행하였다. 1회 수행 후 CO₂ 흡수량을 측정하고, 밸브(V5)를 열어 압력을 상압으로 낮추고 80 ℃에서 탈거시켰으며 탈거 시 질소 유량은 20 mL/분으로 고정하였다. 첫 번째 CO₂의 흡수와 탈거가 종료되면 다시 동일한 조건에서 흡수와 탈거를 5회 반복하고, 초기 CO₂ 흡수량과 5 회째 CO₂ 흡수량을 비교하여 하기 표 6에 나타내었다.

표 6

실시예	아민	CO ₂ 흡수량 (gmole/gmole 아민)	
		1회 흡수	5회 흡수
43	1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-프로판올	1.145	1.144
44	2-[(1,1-디메틸에틸)아미노]에탄올	1.010	1.000
45	2-[(1,1-디메틸프로필)아미노]에탄올	1.021	1.011
46	1-[(1,1-디메틸프로필)아미노]-2-프로판올	1.251	1.248

실시예 47-52:

흡수온도를 40 ℃, 흡수압력을 1 기압으로 고정하고, 2급 알칸올아민으로 1-[(1,1-디메틸에틸)아미노]-2-프로판올을 사용하며, 탈거온도를 변화시키면서 실시예 43과 동일한 방법으로 CO₂ 흡수 및 탈거 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 7에 나타내었다.

표 7

[0074]

실시예	탈거온도(℃)	CO ₂ 흡수량 (gmole/gmole 아민)	
		1회 흡수	5회 흡수
47	40	1.145	0.345
48	50	1.145	0.664
49	60	1.145	0.972
50	70	1.145	1.141
51	90	1.145	1.145
52	100	1.145	1.145

[0075]

비교예 1:

[0076]

디에탄올아민을 흡수제로 사용하여 1 기압, 40 ℃에서 CO₂를 흡수시키고 상압, 80 ℃에서 탈거시키는 실험을 실시예 43과 동일한 방법으로 5회 반복하였다. 첫 번째 흡수에서 CO₂는 디에탄올아민 몰 당 0.5 몰 만큼 흡수되나, 5회째에는 0.228 gmol/gmole 만큼 흡수되어 용매의 흡수능력이 약 45.6% 감소함을 확인하였다.

[0077]

비교예 2:

[0078]

디메틸이미다졸륨 메틸포스파이트([DMIM][MHPO₃]) 이온성 액체를 흡수제로 사용하여 1 기압, 40 ℃에서 실시예 1과 동일한 방법으로 CO₂ 흡수 실험을 수행한 결과, CO₂는 [DMIM][MHPO₃] 1 몰에 대해 0.012 몰 만큼 흡수되었으며, 이는 본 발명의 흡수제에 비해 약 1%에 불과할 정도로 아주 낮은 수치이다.

부호의 설명

[0079]

R1 : 흡수반응기 S1 : CO₂ 공급용기
S2 : CO₂ 저장용 실린더 P1 : 고압용 압력 변환기
PR1, PR2 : 압력조절기 T1, T2 : 온도계
V1 ~ V6 : 밸브 1 : 교반기

도면

도면1

