

 (19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0087789 (43) 공개일자 2014년07월09일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>B01J 20/22</i> (2006.01) <i>B01J 20/26</i> (2006.01) <i>C07C 215/08</i> (2006.01) <i>B01D 53/62</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2012-0158448 (22) 출원일자 2012년12월31일 심사청구일자 2012년12월31일	(71) 출원인 경희대학교 산학협력단 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교) (72) 발명자 김훈식 서울 동대문구 천장산로9가길 19-1, (이문동) 정민석 서울 노원구 중계로 233, 109동 702호 (중계동, 청구3차아파트) (뒷면에 계속) (74) 대리인 특허법인 신지

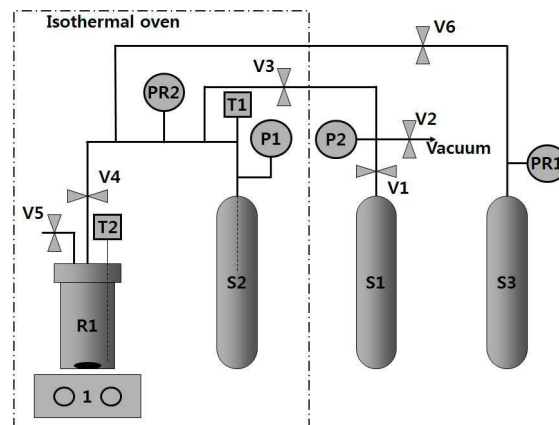
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸 에테르를 포함하는 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제와 이를 이용한 이산화탄소 흡수방법 및 분리방법

(57) 요약

본 발명은 주 흡수제로 3급 디알킬알칸올아민, 속도증진제로 2급 알칸올아민, 재생촉진제로 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸 에테르가 포함된 수용액을 이산화탄소 흡수제로 사용하는 것에 관한 것으로, 본 발명에 따른 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸 에테르를 포함하는 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제와 이를 이용한 이산화탄소 흡수방법 및 분리방법은 이산화탄소 흡수능이 우수하고 이산화탄소 흡수속도가 빠를 뿐만 아니라 종래의 알칸올아민계 흡수제에 비해 흡수제 재생온도가 현저히 낮아 흡수 공정에 소요되는 전체 에너지 소비를 크게 줄일 수 있으며, 또한 낮은 재생온도로 인해 회수된 이산화탄소가 수분 및 흡수제 증기로 오염되는 것을 방지할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

임진규

서울 성동구 행당로 82, 114동 1602호 (행당동, 행
당한진타운)

홍성윤

경기 고양시 일산동구 숲속마을로 68, 603동 1101
호 (풍동, 숲속마을6단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0031972

부처명 교육과학기술부

연구사업명 거대과학연구개발사업(Korea CCS 2020사업)

연구과제명 아민화합물을 기반으로 한 저에너지 소비형 비수계 CO₂ 흡수제 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2012.06.01 ~ 2013.05.31

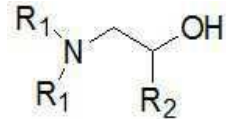
특허청구의 범위

청구항 1

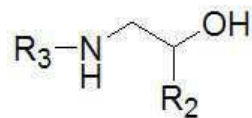
알칸올아민계 이산화탄소 흡수제에 있어서,

하기 화학식 1로 표시되는 3급 디알킬알칸올아민을 주 흡수제로, 하기 화학식 2로 표시되는 입체장애가 없는 2급 알칸올아민을 속도증진제로, 하기 화학식 3으로 표시되는 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸에테르를 재생촉진제로 사용하되,

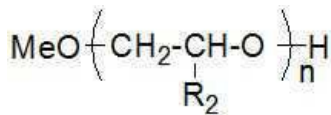
[화학식 1]



[화학식 2]



[화학식 3]



이고, 여기서 R_1 은 $C_1 \sim C_6$ 의 알킬기 또는 시클로알킬기, R_2 는 수소 또는 메틸기 및 R_3 는 $C_1 \sim C_6$ 의 알킬기인 것을 특징으로 하는, 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 화학식 1로 표시되는 주 흡수제인 3급 디알킬알칸올아민은 2-(디메틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디메틸아미노)에탄올, 2-(디에틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디에틸아미노)에탄올, 2-(디프로필아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디프로필아미노)에탄올, 2-(디이소프로필아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디이소프로필아미노)에탄올, 2-(디부틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디부틸아미노)에탄올, 2-(디이소부틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디이소부틸아미노)에탄올, 2-(디-n-아밀아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디-n-아밀아미노)에탄올, 2-(디이소아밀아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디이소아밀아미노)에탄올, 2-(디헥실아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디헥실아미노)에탄올, 2-(디-2-헥실아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디-2-헥실아미노)에탄올, 2-(디시클로헥실아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디시클로헥실아미노)에탄올로 구성된 군으로부터 선택된 적어도 하나인 것을 특징으로 하는, 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 화학식 2로 표시되는 속도증진제인 2급 알칸올아민은 2-(메틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(메틸아미노)에탄올, 1-에틸-2-(메틸아미노)에탄올, 2-(에틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(에틸아미노)에탄올, 1-에틸-2-(에틸아미노)에탄올, 2-(부틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(부틸아미노)에탄올, 1-에틸-2-(부틸아미노)에탄올, 2-(펜틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(펜틸아미노)에탄올, 1-에틸-2-(펜틸아미노)에탄올, 2-(헥실아미노)에탄올, 1-메틸-2-(헥실아미노)에탄올, 1-에틸-2-(헥실아미노)에탄올로 구성된 군으로부터 선택된 적어도 하나인 것을 특징으로 하는, 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 화학식 3으로 표시되는 재생촉진제인 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸에테르는 폴리에틸렌 글리콜 모노메틸에테르 또는 폴리프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르이고 분자량이 160 ~ 1000인 트리에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 트리프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 테트라에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 테트라프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 펜타에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 펜타프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헥사에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헥사프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헵타에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헵타프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 옥타에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 옥타프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 노나에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 노나프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 데카에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 데카프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 도데카에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 도데카프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헥사데카에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헥사데카프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헵타에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 200, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 350, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 450, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 600, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 1000으로 구성된 군으로부터 선택된 적어도 하나인 것을 특징으로 하는, 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 따른 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제를 물에 용해시켜 이산화탄소를 흡수하는 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 흡수방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제 총중량은 물 100중량에 대해 20 내지 100중량%인 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 흡수방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제 중 상기 주 흡수제의 양은 물 100중량에 대해 15 내지 80중량%인 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 흡수방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제 중 상기 속도증진제의 중량은 상기 주 흡수제 100중량에 대해 15 내지 100중량%인 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 흡수방법.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제 중 상기 재생촉진제의 중량은 상기 주 흡수제 100중량에 대해 10 내지 100중량%인 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 흡수방법.

청구항 10

이산화탄소의 분리 방법으로서,

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 따른 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제를 사용하여 이산화탄소를 포함하는 기체 혼합물로부터 이산화탄소를 흡수시키는 제1단계; 및

상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제로부터 흡수된 이산화탄소를 탈거시키는 제2단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 분리방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1단계의 흡수 온도는 10 ℃ 내지 60 ℃인 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 분리방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 제1단계의 흡수 압력은 상압 내지 30 기압인 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 분리방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 제2단계의 탈거 온도는 70 ℃ 내지 140 ℃인 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 분리방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 제2단계에서 탈거 압력은 상압인 것을 특징으로 하는, 이산화탄소의 분리방법.

명 세 서

기술 분야

[0001] 본 발명은 3급 아민인 디알킬알칸올아민, 2급 아민인 알킬알칸올아민 및 폴리에틸렌 글리콜 모노메틸에테르가 포함된 수용액을 이산화탄소 흡수제로 사용하는 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 흡수속도는 느리나 몰당 이산화탄소 흡수능이 우수한 3급 아민인 디알킬알칸올아민을 주 흡수제로, 몰 당 이산화탄소 흡수능이 낮고 재생효율은 떨어지나 이산화탄소 흡수속도가 빠른 입체장애가 없는 선형 2급 알칸올아민을 속도증진제로, 이산화탄소 흡수능은 미미하나 알칸올아민의 재생을 촉진시킬 수 있는 폴리알킬렌 글리콜모노메틸에테르를 재생촉진제로 하는 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸 에테르를 포함하는 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제와 이를 이용한 이산화탄소 흡수방법 및 분리방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 화학공장, 발전소, 대형 보일러의 배기가스 및 천연가스로부터 이산화탄소(CO₂)를 분리하는 방법에는 흡수법, 흡착법, 분리막법, 심냉법 등이 사용되고 있는데, 특히 배출되는 이산화탄소의 농도가 낮은 경우에는 흡수법이나 흡착법이 많이 사용된다.

[0003] 이러한 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.

[0004] 이산화탄소 흡수제로는 공업적으로 모노에탄올아민(monoethanolamine: MEA), N-메틸디에탄올아민(N-methyldiethanolamine: MDEA), 디에탄올아민(diethanolamine: DEA) 등의 아민류 수용액이 가장 널리 이용되고 있는데, 이는 알칸올아민 흡수제가 이산화탄소와 반응하여 카바메이트 화합물을 형성하고 열을 가하면 카바메이트가 분해하여 이산화탄소는 탈거되어 회수되고 알칸올아민 흡수제는 재생될 수 있기 때문이다. 그러나 이 공정은 몇 가지 심각한 문제점을 지니고 있는데, 특히 연소 배기 가스 중에 포함된 이산화황(SO₂), 산소(O₂), 질소(NO_x)와 같은 불순물에 의한 비가역적 아민 화합물의 생성 및 분해에 따른 흡수제의 성능저하와 그에 따른 장치 부식 문제, 이산화탄소와의 반응으로부터 생성된 카바메이트의 높은 열적 화학적 안정성으로 인해 재생 온도가 120 ℃ 이상으로 높아 과도한 재생에너지가 소비되는 문제(MEA의 경우 이산화탄소 톤당 4.0~4.2 GJ이 필요)와 더불어 높은 재생온도에 따른 알칸올아민의 과도한 휘발 손실(MEA의 경우 톤당 4 Kg) 문제, 또 이에 따른 흡

수제 보충 문제, 흡수제의 낮은 증기압으로 인해 재생과정에서 이산화탄소가 오염되는 문제점 등이 단점으로 지적되고 있다.

[0005] 이러한 아민류 수용액 흡수제의 단점을 보완하기 위해 셀렉솔(Selexol), 아이에프펙솔(IFPexol), 엔에프엠(NFM) 등의 유기용매를 사용하여 이산화탄소를 물리적으로 흡수시키는 방법들이 보고되고 있다. 유기용매 흡수제의 가장 중요한 이점은, 이산화탄소 흡수가 아민류 수용액에서와 같은 화학적 결합이 아니라 흡수 용매와 이산화탄소간의 물리적 상호작용에 의해서만 이루어지기 때문에, 이산화탄소 회수 및 용매 재생에 훨씬 낮은 에너지를 필요로 한다는 것이다. 실제로 아민 흡수제를 사용하는 경우 이산화탄소 회수 및 흡수제 재생은 에너지 집약적인 고온 탈거 과정을 필요로 하나, 물리적인 흡수인 경우에는 온도를 높이지 않고도 단순히 압력 변화를 통하여 용매에 용해되어 있는 이산화탄소를 회수할 수 있다. 그러나 물리적 흡수 과정 역시 다음과 같은 단점을 지니고 있다.

[0006] 첫째, 낮은 이산화탄소 흡수능 : 유기용매는 일반적으로 상압에서는 아민류 수용액에 비해 훨씬 낮은 이산화탄소 흡수능을 나타내므로, 흡수제의 순환율이 높고 따라서 보다 큰 장비가 필요하다. 따라서 유기 용매 흡수제는 이산화탄소 압력이 높은 천연가스 정제에 더 적합하다.

[0007] 둘째, 높은 순환율 : 유기용매에 의한 물리적 흡수 공정은 아민류 용액의 경우에 비해 통상 두 배의 흡수제 순환율을 필요로 하기 때문에 보다 많은 자본과 장치비가 소요된다.

[0008] 따라서 아민 흡수제 및 유기용매 흡수제의 단점들을 극복할 수 있는 열적, 화학적 안정성이 높고 증기압이 낮은 새로운 흡수제의 개발이 요구되어 왔다.

[0009] 최근 기존 흡수제의 단점을 극복하기 위한 방안으로 미국등록특허 제6,849,774호, 미국등록특허 제6,623,659호 및 미국공개특허 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, 이산화탄소, 아황산가스(SO₂), 아산화질소(N₂O)와 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.

[0010] 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 상압에서는 아민 흡수제에 비해 이산화탄소 흡수능이 현저히 낮아 발전소 연소가스로부터 배출되는 이산화탄소 포집공정에 사용하기에는 경제적으로 문제가 있다. 특히 테트라플루오로보레이트(BF₄⁻), 헥사플루오로포스페이트(PF₆⁻), 트리플루오로설포네이미드((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. 또한 유기 용매 및 이온성 액체와 같은 상기 물리 흡수제들은 낮은 압력에서의 이산화탄소 흡수능이 작아 대기압으로 배출되는 연소 후 배가스로부터 이산화탄소를 포집하기에는 적절하지 못하다.

[0011] 따라서 연소 후 배가스로부터 이산화탄소를 포집하기 위해서는 반드시 화학 흡수제가 사용되어야 하나, 앞에서 지적한 바와 같이 MEA와 같은 알칸올아민계 화학 흡수제는 여러 가지 단점, 특히 과도한 재생에너지가 소비되는 문제점을 가지고 있다. 최근 화학 흡수제의 재생에너지를 낮추는 방안으로 알칸올아민의 아민기 주변에 입체장애가 있는 알칸올아민을 흡수제로 사용하는 시도가 이루어지고 있으며, 그 대표적인 예가 1차 아민인 2-아미노-2-메틸-1-프로판올(AMP)이다. AMP는 이산화탄소와 반응 시 카바메이트에 비해 재생이 용이한 바이카보네이트 화합물([AMPH][HCO₃])을 형성하기 때문에 MEA에 비해 재생에너지가 30% 낮은 장점을 가지고 있으나 이산화탄소 흡수속도는 MEA의 50%에도 미치지 못하는 단점을 지니고 있다.

[0012] 이러한 AMP의 흡수속도를 증가시키는 방안으로, 미쓰비시 중공업과 간사이 화력발전은 공동으로 AMP에 2차의 시

클로아민인 피페라진을 첨가한 새로운 흡수제를 개발하여 특허를 등록하였다(일본등록특허 제 3197173호). 그러나 상기 특허는 과량의 피페라진을 사용하기 때문에 이산화탄소 흡수 후 침전이 생기는 문제가 있으며 또 피페라진과 이산화탄소가 반응하여 바이카보네이트 화합물외에도 열적으로 더 안정한 형태인 카바메이트도 형성하기 때문에 재생이 어려운 단점과 더불어 피페라진 자체의 비점이 낮아 흡수제 재생 공정에서 피페라진이 손실되는 문제가 있다.

[0013] 또한 MEA와 같은 1급 알칸올아민 흡수제 대신에 탄산나트륨 또는 탄산칼륨 등의 알칼리 탄산염을 이산화탄소 흡수제로 사용하는 방법도 알려져 있으나 이산화탄소 흡수속도가 느린 단점이 있다. 이산화탄소 흡수속도를 증가시키는 방안의 하나로 국제공개특허 W0 2004-089512 A1에서는 탄산칼륨에 피페라진 또는 그 유도체를 첨가하는 경우 탄산칼륨의 이산화탄소 흡수속도가 크게 증가하는 것으로 보고되고 있으나 탄산염을 사용하는데 따른 침전 형성 문제가 여전히 해결해야 할 과제로 남아 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제6,849,774호
(특허문헌 0002) 미국등록특허 제6,623,659호
(특허문헌 0003) 미국공개특허 제2008/0146849호
(특허문헌 0004) 일본등록특허 제3197173호
(특허문헌 0005) 국제공개특허 W02004-089512 A1

발명의 내용

해결하려는 과제

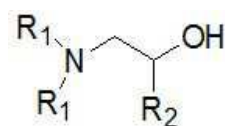
[0015] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로서, 본 발명의 목적은 기존 알칸올아민계 및 탄산 알칼리계 흡수제에 비해 흡수능력이 크고, 흡수제 재생온도가 낮으며 재생 효율이 커서 공정에 소요되는 에너지 소비를 크게 낮출 뿐만 아니라, 또한 재생온도가 낮아짐에 따라 부식성 및 용매의 손실을 줄일 수 있는 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸 에테르를 포함하는 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제와 이를 이용한 이산화탄소 흡수방법 및 분리방법을 제공하고자 하는 것이다.

[0016] 본 발명의 상기 및 다른 목적과 이점은 바람직한 실시예를 설명한 하기의 설명으로부터 보다 분명해 질 것이다.

과제의 해결 수단

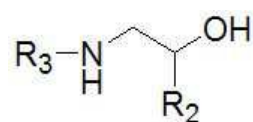
[0017] 상기 목적은, 하기 화학식 1로 표시되는 3급 디알킬알칸올아민을 주 흡수제로, 하기 화학식 2로 표시되는 입체 장애가 없는 2급 알칸올아민을 속도증진제로, 하기 화학식 3으로 표시되는 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸에테르를 재생촉진제로 사용하되,

[0018] [화학식 1]



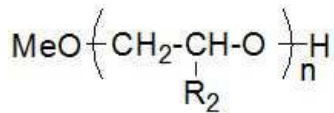
[0019]

[0020] [화학식 2]



[0021]

[0022] [화학식 3]



[0023]

[0024] 이고, 여기서 R_1 은 $\text{C}_1 \sim \text{C}_6$ 의 알킬기 또는 시클로알킬기, R_2 는 수소 또는 메틸기 및 R_3 는 $\text{C}_1 \sim \text{C}_6$ 의 알킬기인 것을 특징으로 하는 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제에 의해 달성된다.

[0025] 또한 상기 목적은, 상술한 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제를 물에 용해시켜 이산화탄소를 흡수하는 것을 특징으로 하는 이산화탄소의 흡수방법에 의해 달성된다.

[0026] 여기서, 상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제 총중량은 물 100중량에 대해 20 내지 100중량%인 것을 특징으로 한다.

[0027] 바람직하게는, 상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제 중 상기 주 흡수제의 양은 물 100중량에 대해 15 내지 80 중량%인 것을 특징으로 한다.

[0028] 바람직하게는, 상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제 중 상기 속도증진제의 중량은 상기 주 흡수제 100중량에 대해 15 내지 100중량%인 것을 특징으로 한다.

[0029] 바람직하게는, 상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제 중 상기 재생촉진제의 중량은 상기 주 흡수제 100중량에 대해 10 내지 100중량%인 것을 특징으로 한다.

[0030] 또한 상기 목적은, 상술한 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제를 사용하여 이산화탄소를 포함하는 기체 혼합물로부터 이산화탄소를 흡수시키는 제1단계; 및 상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제로부터 흡수된 이산화탄소를 탈거시키는 제2단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이산화탄소의 분리방법에 의해 달성된다.

[0031] 여기서, 상기 제1단계의 흡수 온도는 10°C 내지 60°C 인 것을 특징으로 한다.

[0032] 바람직하게는, 상기 제1단계의 흡수 압력은 상압 내지 30 기압인 것을 특징으로 한다.

[0033] 바람직하게는, 상기 제2단계의 탈거 온도는 70°C 내지 140°C 인 것을 특징으로 한다.

[0034] 바람직하게는, 상기 제2단계에서 탈거 압력은 상압인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0035] 본 발명에 따르면, 이산화탄소 흡수능이 크고 흡수속도가 빠를 뿐만 아니라, 종래의 흡수제에 비해 흡수제 재생 온도가 현저히 낮아 흡수 공정에 소요되는 전체 에너지 소비를 크게 줄일 수 있고, 또한 흡수와 탈거 반복 시에도 초기 흡수능을 거의 유지할 수 있어 우수한 이산화탄소 분리 매체로 사용할 수 있는 등의 효과를 가진다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 이산화탄소 흡수 및 탈거 실험 장치의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

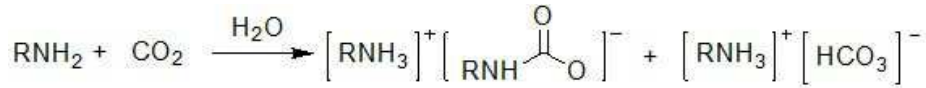
[0037] 이하, 본 발명의 실시예와 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위해 예시적으로 제시한 것일 뿐, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당업자에게 있어서 자명할 것이다.

[0038] 본 발명자들은 종래의 이산화탄소 흡수제의 문제점을 해결하고자 알칸올아민의 흡수 및 재생 메커니즘을 예의 연구 검토한 결과, 재생경로는 단순히 흡수경로의 역이 아닌 보다 복잡한 메커니즘으로 진행된다는 사실을 발견하였다. 예를 들어, 1급 아민계 흡수제의 경우에 흡수는 아민 종류에 따라 반응식 1과 같이 카바메이트 또는 바이카보네이트 경로로 진행되나 재생과정은 필연적으로 분해가 어려운 카바메이트 화합물을 거쳐서 진행되고 있음을 발견하였다.

[0039] [반응식 1]

[0040]

[0041]



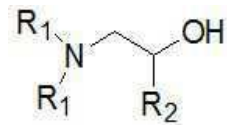
또한 본 발명자들은 카바메이트 화합물의 재생 메카니즘에 대한 심도 있는 연구 결과, 카바메이트 화합물의 재생은 암모늄 양이온에서부터 H^+ 를 떼어내는 데서부터 시작된다는 사실과 더불어 암모늄 양이온의 H 원자와 상호작용할 수 있는 에테르기를 다수 보유하고 또 카바메이트 음이온과 상호작용을 할 수 있는 하이드록시기를 동시에 보유한 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸 에테르, 즉 폴리에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르 또는 폴리알킬렌 프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르가 존재하는 경우 카바메이트 재생이 훨씬 용이하게 진행된다는 사실을 발견하고 본 발명을 완성하게 되었다.

[0042]

본 발명에 따른 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제는 하기 화학식 1로 표시되는 3급 디알킬알칸올아민을 주 흡수제로, 하기 화학식 2로 표시되는 입체장애가 없는 2급 알칸올아민을 속도증진제로, 하기 화학식 3으로 표시되는 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸에테르를 재생촉진제로 사용함으로써 종래 알칸올아민계 및 탄산알칼리계 흡수제에 비해 흡수제 재생 공정에 소요되는 에너지 소비를 획기적으로 줄일 수 있는 것이다.

[0043]

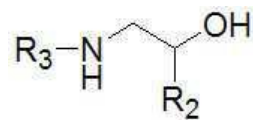
[화학식 1]



[0044]

[0045]

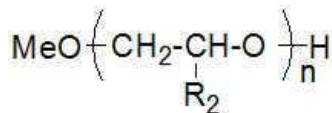
[화학식 2]



[0046]

[0047]

[화학식 3]



[0048]

[0049]

상기 화학식 1 내지 화학식 3에서 R_1 은 $\text{C}_1 \sim \text{C}_6$ 의 알킬기 또는 시클로알킬기이고, R_2 는 수소 또는 메틸기이고, R_3 는 $\text{C}_1 \sim \text{C}_6$ 의 알킬기이다.

[0050]

상기 화학식 1의 R_1 으로 표시되는 $\text{C}_1 \sim \text{C}_6$ 의 알킬기는 탄소수 1 내지 6개인 선형 또는 분지형 알킬기를 의미하며, 예를 들어 메틸, 에틸, 프로필, 이소프로필, n-부틸, 이소부틸, n-아밀, i-아밀, 2-아밀, n-헥실, 2-헥실 등이 포함되나 이에 한정되는 것은 아니다. 또한 상기 화학식 1의 R_1 으로 표시되는 시클로알킬기에는 시클로펜틸, 시클로헥실 등이 포함되나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0051]

또한 상기 화학식 1 과 2의 R_2 로 표시되는 알킬기는 수소 또는 메틸기이다.

[0052]

또한 상기 화학식 2의 R_3 로 표시되는 $\text{C}_1 \sim \text{C}_6$ 의 알킬기에는 메틸, 에틸, n-프로필, n-부틸, n-펜틸, n-헥실 등이 포함되나 이에 한정하는 것은 아니다.

[0053]

상기 화학식 1로 표시되는 주 흡수제인 3급 디알킬알칸올아민은 예를 들어, 2-(디메틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디메틸아미노)에탄올, 2-(디에틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디에틸아미노)에탄올, 2-(디프로필아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디프로필아미노)에탄올, 2-(디이소프로필아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디이소프로필아미노)에탄올, 2-(디부틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디부틸아미노)에탄올, 2-(디이소부틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디이소부틸아미노)에탄올, 2-(디-n-아밀아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디-n-아밀아미노)에탄올, 2-(디이소아밀아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디이소아밀아미노)에탄올, 2-(디헥실아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디헥실아미노)에탄올, 2-(디-2-헥실

아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디-2-헥실아미노)에탄올, 2-(디시클로헥실아미노)에탄올, 1-메틸-2-(디시클로헥실아미노)에탄올이 포함되나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0054] 또한 상기 화학식 2로 표시되는 속도증진제인 2차 알칸올아민은 예를 들어, 2-(메틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(메틸아미노)에탄올, 1-에틸-2-(메틸아미노)에탄올, 2-(에틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(에틸아미노)에탄올, 1-에틸-2-(에틸아미노)에탄올, 2-(부틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(부틸아미노)에탄올, 1-에틸-2-(부틸아미노)에탄올, 2-(펜틸아미노)에탄올, 1-메틸-2-(펜틸아미노)에탄올, 1-에틸-2-(펜틸아미노)에탄올, 2-(헥실아미노)에탄올, 1-메틸-2-(헥실아미노)에탄올, 1-에틸-2-(헥실아미노)에탄올이 포함되나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0055] 또한 상기 화학식 3으로 표시된 재생촉진제인 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸에테르(MPAG), 즉 폴리에틸렌 글리콜 모노메틸에테르(MPEG) 또는 폴리프로필렌 글리콜 모노메틸에테르(MPPG)는 분자량이 160 ~ 1000인 알킬렌글리콜 모노메틸 에테르의 중합체이며, 예를 들어, 트리에틸렌 글리콜 모노메틸에테르, 트리프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 테트라에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 테트라프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 펜타에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 펜타프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헥사에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헥사프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헵타에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헵타프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 옥타에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 옥타프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 노나에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 노나프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 데카에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 데카프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 도데카에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 도데카프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헥사데카에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헥사데카프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르, 헵타에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 200, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 350, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 450, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 600, 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 1000 등 분자량이 160 ~ 1000 사이의 중합체가 사용되나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0056] 또한 본 발명에 따른 상기 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸 에테르와 2급 및 3급 알칸올아민으로 이루어진 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제는 용매가 없는 상태에서도 이산화탄소를 흡수할 수 있으나 흡수능 및 흡수제의 점도를 고려할 때 수용액 상태로, 즉 상기 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제를 물에 용해시켜 이산화탄소를 흡수하는 것이 바람직하다.

[0057] 또한 상기 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸 에테르를 포함한 흡수제의 총량은 물 100중량%에 대해 바람직하게는 10 내지 150중량%, 보다 바람직하게는 20 내지 100중량%이다. 상기 폴리알킬렌 글리콜 모노메틸 에테르와 알칸올아민 총량이 물에 대해 20중량% 미만이면 이산화탄소 흡수능이 현저히 낮아지고, 100중량%를 초과하면 이산화탄소 흡수 속도 및 흡수량의 증가는 미미한 반면 흡수액의 점도가 지나치게 높아지는 문제가 있기 때문이다.

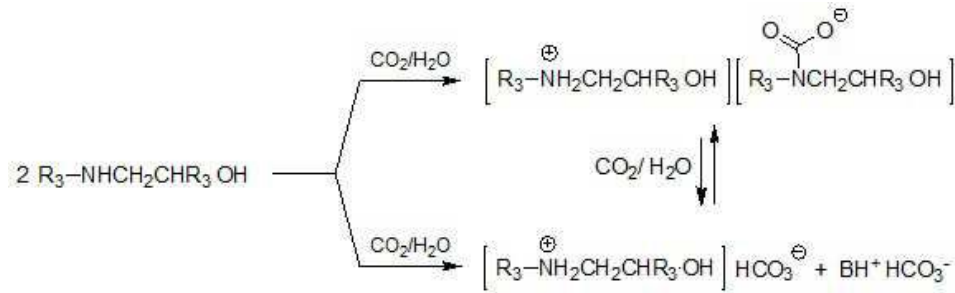
[0058] 또한 상기 화학식 1로 나타낸 주 흡수제의 양은 물 100중량%에 대해 15 내지 80중량%, 바람직하게는 20 내지 60중량%이다. 주흡수제 A의 양이 20중량% 미만이면 삼성분계 흡수제의 장점이 감소하고, 60중량%를 초과하면 이산화탄소 흡수 속도가 크게 낮아지는 문제가 있기 때문이다.

[0059] 또한 상기 화학식 2로 나타낸 속도증진제의 중량은 주 흡수제 100중량%에 대해 15 내지 100중량%, 보다 바람직하게는 25 내지 70중량%이다. 속도증진제의 양이 주 흡수제에 대해 15중량%미만이면 이산화탄소 흡수속도 증가가 미미하고, 100중량%를 초과하면 이산화탄소 흡수량의 증가는 미미한 반면 재생 시 에너지가 많이 소모되는 문제가 있기 때문이다.

[0060] 다음으로 상기 화학식 3으로 나타낸 재생촉진제의 중량은 주 흡수제 100중량%에 대해 10 내지 100중량%, 보다 바람직하게는 15 내지 70중량%이다. 재생촉진제의 양이 주 흡수제에 대해 10중량% 미만이면 흡수제 재생 효과가 미미하고, 100중량%를 초과하면 이산화탄소 흡수제 재생효과는 상승하나 흡수제의 점도가 커져 이산화탄소 흡수량 및 흡수속도가 낮아지는 문제가 있기 때문이다.

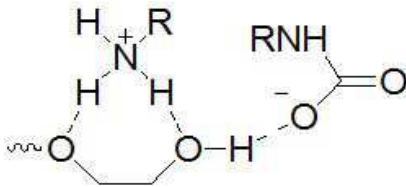
[0061] 또한 본 발명에 따른 삼성분계 이산화탄소 흡수제 구성성분 중 입체장애가 없는 2급 아민인 속도증진제는 흡수속도가 빠른 반면, 하기 반응식 2에서 보는 바와 같이 이산화탄소와 반응 시 바이카보네이트 중 뿐만 아니라 열적 안정성이 크고 재생이 어려운 카바메이트(carbamate) 화합물을 생성하기 때문에 흡수제의 재생을 저하시키는 문제가 있다. 그러나 흡수제 성분 중에 MPAG, 즉 MPEG 또는 MPPG가 존재하는 경우에는 반응식 3에서 보는 바와 같이 MPEG 또는 MPPG의 산소원자들이 생성된 바이카보네이트 및 카바메이트 화합물의 암모늄 양이온과 강한 상호작용을 하게 되고 결과적으로 양이온의 N-H 결합세기를 약화시킴으로써 재생이 용이해지게 된다.

[0062] [반응식 2]



[0063]

[0064] [반응식 3]



[0065]

[0066] 따라서 본 발명에 따른 흡수제를 사용하면 낮은 온도에서도 흡수제 재생이 가능해지고 따라서 전체적인 흡수 공정의 에너지가 절감될 수 있을 뿐만 아니라, 높은 재생온도에서 파생되는 부식 및 흡수제 손실 문제 등도 크게 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0067] 또한 본 발명의 다른 양상에 따른 본 발명에 따른 상술한 이산화탄소 흡수제를 사용하여 이산화탄소를 포함하는 기체 혼합물로부터 이산화탄소를 분리하는 방법은, 상술한 알칸올아민계 이산화탄소 흡수제를 물에 용해시킨 수용액(삼성분계 알칸올아민 수용액)에 이산화탄소를 흡수시키는 제1단계와 상기 이산화탄소 흡수제로부터 흡수된 이산화탄소를 탈거시키는 제2단계를 포함한다.

[0068] 상기 이산화탄소를 포함하는 기체 혼합물의 종류에는 화학공장, 발전소 및 대형 보일러에서 배출되는 배기가스와 천연가스 등이 있다.

[0069] 또한 상기 제1단계에서 이산화탄소를 흡수시킬 때 바람직한 흡수 온도는 10 °C 내지 60 °C, 보다 바람직하기로는 30 °C 내지 50 °C 범위이고, 또한 바람직한 압력은 상압 내지 50 기압 범위, 보다 바람직하기로는 상압 내지 30 기압 범위이다. 상기 흡수온도가 60 °C를 초과하면 탈거가 동시에 진행되기 때문에 이산화탄소 흡수량이 줄어들게 되고, 흡수온도를 10 °C 미만으로 할 경우 온도를 낮추기 위한 추가의 냉동설비를 필요로 하게 되어 경제성에 문제가 있기 때문이다. 또한 배가스의 압력이 상압이기 때문에 흡수는 상압에서 이루어지는 편이 가장 경제적이고 흡수압력이 50 기압을 초과하면 흡수량은 급격히 증가하나 압력을 높이기 위한 추가설비, 즉 컴프레서가 필요하게 되어 경제성에 문제가 있다.

[0070] 또한 상기 제2단계에서 흡수된 이산화탄소를 탈거시킬 때 바람직한 온도는 70 °C 내지 140 °C, 보다 바람직하기로는 80 °C 내지 120 °C이고, 압력은 상압이 바람직하다. 상기 탈거 온도가 70 °C 미만일 경우에는 탈거가 진행되지 않고 140 °C를 초과하면 MEA의 흡수제를 사용하는 경우와 같게 되어 본 발명에 따른 삼성분계 흡수제의 장점이 사라지게 되기 때문이다. 또한 탈거는 고압에서 진행하기가 어려운데, 이는 이러한 고압을 유지하기 위해서 물의 증기압을 크게 해야 하므로 높은 온도가 필요하게 되어 경제성에 문제가 있기 때문이다. 따라서 탈거는 상압에서 하는 것이 바람직하다.

[0071] 본 발명의 명세서에서 사용되는 용어 중 "상압"은 "대기압"으로서 1 기압을 의미한다.

[0072] 이하, 실시예와 비교예를 통하여 본 발명의 구성 및 그에 따른 효과를 보다 상세히 설명하고자 한다. 그러나, 본 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것이며, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0073] 먼저, 이산화탄소 흡수 및 탈거 실험 장치의 개략도인 도 1의 장치를 사용하여 이산화탄소 흡수 성능 실험을 수행하였다. 도 1의 장치는 온도계(T2)가 부착되어 있는 60 mL의 스테인레스스틸 흡수반응기(R1), 고압(0 ~ 70 기압)용 압력 변환기(pressure transducer; P1), 온도계(T1)가 부착된 75 mL의 이산화탄소 저장용 실린더(S2) 및 교반기(1)로 이루어졌으며, 일정 온도에서 이산화탄소 흡수능력을 측정하기 위하여 항온조 내에 설치되어 있다.

또한, 항온조 외부에는 이산화탄소 공급용기(S1)과 압력계(P2)를 설치하였다.

[0074] 도 1의 흡수반응기(R1)에 일정량의 흡수제와 자석막대를 함께 넣고, 반응기 전체 무게를 측정한 다음에 60 ℃에서 1시간 동안 교반하면서 진공 건조시킨 후 온도를 다시 40 ℃로 낮추어 반응기 및 항온조의 온도를 일정하게 유지하였다. 흡수반응기(R1)에 연결된 밸브(V4)를 잠근 후, 저장용 실린더(S2)에 일정 압력(10 ~ 50 기압)의 이산화탄소를 넣어 평형 압력과 온도를 기록한 다음, 흡수반응기(R1)의 교반을 멈추고 밸브(V4) 및 압력조절기를 이용하여 흡수반응기(R1)의 압력을 일정하게 유지한 후, 저장용 실린더(S2)의 평형상태에서의 압력과 온도를 기록하고 교반을 시작하여 1 시간 후에 최종 압력과 온도(평형 값)를 기록하고 흡수반응기(R1)의 무게 변화를 측정하였다.

[0075] 또한 탈거 실험의 경우에는 밸브(V4)를 잠그고 흡수반응기(R1)의 온도를 70 ~ 120 ℃로 올린 후, 밸브(V4), 밸브(V5) 및 밸브(V6)를 열고 20 mL/분의 질소를 흡수반응기(R1)에 공급하면서 이산화탄소를 탈거시킨 후 온도를 상온으로 낮추고 탈거 전 후의 무게 변화를 측정하였다.

[0076] [실시예 1-8]

[0077] 상술한 도 1의 흡수반응기(R1)에 하기 표 1에 있는 주 흡수제 A 60중량%, 속도증진제 B 20중량%, 재생촉진제 C 20중량%로 각각 구성된 삼성분계 흡수제 혼합물이 40 중량% 용해되어 있는 수용액 30g을 충전하고, 항온조의 온도를 40 ℃로 유지하면서 이산화탄소 흡수실험을 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 이산화탄소 흡수량을 계산하였다. 또한 측정의 정확성을 기하기 위하여 흡수 전후 흡수 반응기(R1)의 무게 변화를 측정하고 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

실시예	삼성분계 흡수제 성분			CO ₂ 흡수능 (몰 CO ₂ /몰 아민)
	A	B	C(분자량)	
1	2-(디에틸아미노)에탄올	2-(부틸아미노)에탄올	트리에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르	1.01
2	1-메틸-2-(디에틸아미노)에탄올	1-메틸-2-(메틸아미노)에탄올	트리프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르	1.04
3	2-(디이소프로필아미노)에탄올	1-메틸-2-(부틸아미노)에탄올	테트라프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르	0.98
4	1-메틸-2-(디이소프로필아미노)에탄올	2-(헥실아미노)에탄올	테트라에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르	1.00
4	2-(디부틸아미노)에탄올	2-(헥실아미노)에탄올	MPEG(350)	0.92
5	2-(디-n-아밀아미노)에탄올	2-(부틸아미노)에탄올	MPEG(450)	0.97
6	2-(디헥실아미노)에탄올	1-에틸-2-(메틸아미노)에탄올	MPEG(600)	0.95
7	1-메틸-2-(디-2-헥실아미노)에탄올	1-메틸-2-(프로필아미노)에탄올	MPEG(750)	0.93
8	2-(디시클로헥실아미노)에탄올	2-(에틸아미노)에탄올	MPEG(1000)	0.92

[0079] * MPEG : 폴리에틸렌글리콜모노메틸에테르

[0080] [실시예 9-12]

[0081] 실시예 1과 동일한 삼성분계 흡수제를 사용하고, 이산화탄소 압력을 1 기압으로 고정된 상태에서 흡수온도를 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 이산화탄소 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

표 2

실시예	흡수온도 (℃)	CO ₂ 흡수능 (몰 CO ₂ /몰 아민)
9	10	1.23
10	30	1.14
11	50	0.75
12	60	0.61

[실시예 13-17]

실시예 1의 흡수제를 사용하고, 온도를 40 ℃로 고정한 상태에서 흡수압력을 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 이산화탄소 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 3에 나타내었다.

표 3

실시예	흡수압력 (기압)	CO ₂ 흡수능 (몰 CO ₂ /몰 아민)
13	2	1.17
14	5	1.29
15	10	1.36
16	30	1.47
17	50	1.52

[실시예 18-23]

실시예 1의 흡수제를 사용하고, 온도를 40 ℃, 압력을 1 기압으로 고정한 상태에서, 물에 대한 삼성분계 흡수제 총량을 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 이산화탄소 흡수 실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 4에 나타내었다. 아민양이 많아질수록 아민 몰당 이산화탄소 흡수량이 작아지는 현상은 아민양이 많아질수록 흡수용액의 점도가 커져 물질 전달이 제약을 받는데 기인하는 것으로 생각된다.

표 4

실시예	아민/물(중량%)	CO ₂ 흡수능 (몰 CO ₂ /몰 아민)
18	20	1.15
19	30	1.06
20	60	0.89
21	80	0.86
22	100	0.84
23	150	0.81

[실시예 24-32]

실시예 1에서 사용한 삼성분계 흡수제를 사용하고 흡수온도를 40 ℃, 흡수압력을 1 기압, 물에 대한 삼성분계 흡수제 총량을 40중량%로 고정한 상태에서 주흡수제 A, 속도증진제 B, 재생촉진제 C의 조성(중량%)을 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 이산화탄소 흡수실험을 수행하고, 그 결과를 하기 표 5에 나타내었다.

표 5

실시예	삼성분계 흡수제 조성(wt%)			CO ₂ 흡수능 (몰 CO ₂ /몰 아민)	초기 10 분 CO ₂ 흡수속도 (g CO ₂ /Kg 흡수제-min)
	A	B	C		
24	80	12	8	1.10	92.7
25	75	15	10	1.05	96.5

26	70	20	10	1.04	106.6
27	65	15	20	0.96	103.7
28	60	20	20	0.95	100.5
29	60	25	15	0.91	103.5
30	50	25	25	0.90	98.1
31	45	45	20	0.84	107.1
32	30	15	30	0.91	96.4

[0092] [실시예 33-41]

[0093] 흡수온도를 40 ℃, 흡수압력을 1 기압으로 고정하고, 실시예 1에서 사용한 삼성분계 흡수제의 조성을 변화시키면서 실시예 1과 동일한 방법으로 이산화탄소 흡수 실험을 수행하여 흡수량을 측정한 다음, 압력은 상압으로 낮춘 후 질소를 15 mL/분 속도로 흘려주면서 탈거 실험을 수행하였다. 첫 번째 이산화탄소의 흡수와 탈거가 종료되면 다시 동일한 조건에서 흡수와 탈거를 5회 반복하고, 초기 이산화탄소 흡수량과 5 회째 이산화탄소 흡수량을 비교하여 하기 표 6에 나타내었다.

표 6

[0094]

실시예	삼성분계 흡수제 조성(wt%)			CO ₂ 흡수능 (물 CO ₂ /물 아민)		탈거온도 (℃)
	A	B	C	1 회 흡수	5회 흡수	
33	80	12	8	1.10	1.09	140
34	75	15	10	1.05	1.04	120
35	70	20	10	1.04	0.96	100
36	65	15	20	0.96	0.95	100
37	60	20	20	0.95	0.93	100
38	60	25	15	0.93	0.91	100
39	50	25	25	0.90	0.75	90
40	45	45	20	0.84	0.71	80
41	30	15	30	0.91	0.67	70

[0095] [비교예]

[0096] 모노에탄올아민 30중량% 포함되어 있는 수용액을 흡수제로 사용하여 1 기압, 40 ℃에서 이산화탄소를 흡수시키고 상압, 100 ℃에서 탈거시키는 실험을 실시예 33과 유사하게 5회 반복하였다. 첫 번째 흡수에서 이산화탄소는 모노에탄올아민 물 당 0.62몰 만큼 흡수되나, 5회째에는 모노에탄올아민 물당 이산화탄소가 0.21몰 만큼만 흡수되어 용매의 흡수능이 약 66.1% 감소함을 확인하였다.

[0097] 본 명세서에서는 본 발명자들이 수행한 다양한 실시예 가운데 몇 개의 예만을 들어 설명하는 것이나 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정하거나 제한되지 않고, 당업자에 의해 변형되어 다양하게 실시될 수 있음은 물론이다.

부호의 설명

[0098]

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

