



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년01월12일
(11) 등록번호 10-2487386
(24) 등록일자 2023년01월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 53/14 (2006.01) B01J 21/02 (2006.01)
B01J 21/06 (2006.01) B01J 35/10 (2006.01)
B01J 37/10 (2006.01) B01J 37/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01D 53/1425 (2013.01)
B01D 53/1475 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0100163(분할)
(22) 출원일자 2022년08월10일
심사청구일자 2022년08월10일
(65) 공개번호 10-2022-0117185
(43) 공개일자 2022년08월23일
(62) 원출원 특허 10-2020-0122234
원출원일자 2020년09월22일
심사청구일자 2020년09월22일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020180023373 A*
KR101733171 B1*
KR101199775 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국전력공사
전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)
(72) 발명자
곽노상
대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원
김의식
대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
(유)한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 1 항

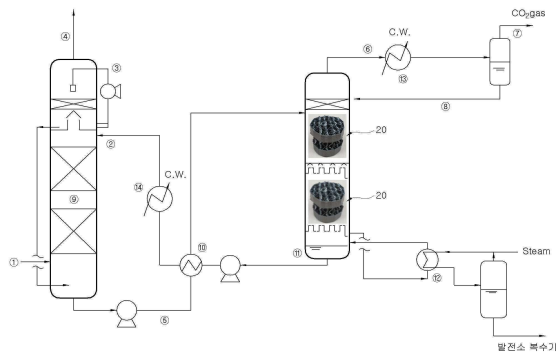
심사관 : 김훈석

(54) 발명의 명칭 다공성 금속구조체 촉매를 이용한 산성가스 포집 시스템

(57) 요약

본 발명은 산성가스를 포함하는 배가스를 산성가스 포집을 위한 흡수제에 흡수시키는 흡수탑 및 상기 산성가스를 흡수한 흡수제로부터 산성가스를 분리시키는 재생탑을 포함하고, 상기 재생탑 내에는 다공성 금속구조체 촉매가 구비된 것을 특징으로 하는 다공성 금속구조체 촉매를 이용한 산성가스 포집 시스템으로서, 본 발명에 의하면, 이산화탄소의 포집효율을 높이면서도 재생에너지 비용을 줄일 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

- B01D 53/1493* (2013.01)
- B01J 21/02* (2013.01)
- B01J 21/063* (2013.01)
- B01J 35/10* (2013.01)
- B01J 37/10* (2013.01)
- B01J 37/348* (2013.01)
- B01D 2252/102* (2013.01)
- B01D 2252/204* (2013.01)
- B01D 2252/20494* (2013.01)

(72) 발명자

백점인

대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원

심재구

대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원

이정현

대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원

장영신

대전광역시 유성구 문지로 105 한국전력공사 전력
연구원

명세서

청구범위

청구항 1

산성가스를 포함하는 배가스를 산성가스 포집을 위한 흡수제에 흡수시키는 흡수탑; 및
 상기 산성가스를 흡수한 흡수제로부터 산성가스를 분리시키는 재생탑을 포함하고,
 상기 재생탑 내에는 다공성 금속구조체 촉매를 구비하되,
 상기 다공성 금속구조체 촉매는 알루미늄 또는 티타늄 금속 구조체의 표면을 양극산화(Anodization)법에 의해 산화 처리하고, 30 ℃ ~ 40 ℃ 황산 용액에서 4 ~ 6시간 동안 PWT(Pore Widening Treatment) dipping 처리한 후, 90 ℃ 이상에서 증류수에 의해 1~2 시간 HWT(Hot Water Treatment) 처리하여 형성된 것으로,
 상기 다공성 금속구조체 촉매는 산화알루미늄층 또는 산화티타늄층의 두께가 1 μ m~100 μ m이고, 상기 산화알루미늄층 또는 상기 산화티타늄층의 표면에 대하여 수직으로 직경이 90nm~110nm인 다수의 기공이 형성되고,
 재생 조건을 유지하기 위하여 상기 재생탑에서 산성가스 분리 후 배출되는 흡수제는 리보일러에 의해 승온되며,
 또한 상기 재생탑에서 산성가스 분리 후 배출되는 흡수제는 열교환기에 의해 열교환 후 린아민(lean amine) 냉각기에 의해 냉각되어 상기 흡수탑에 이송되는 것을 특징으로 하는,
 다공성 금속구조체 촉매를 이용한 산성가스 포집 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 내연기관 등에서 배출되는 배가스(排gas)로부터 산성가스를 포집하는 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근 지구온난화의 원인 물질인 온실가스를 포집하고 저장하는 노력이 국제적으로 경주되고 있다. 특히 온실가스 중 산성가스인 이산화탄소를 줄이기 위하여 화학적 흡수법, 흡착법, 막분리법, 심냉법 등 많은 기술이 개발되고 있다.
- [0003] 화력발전소 등 연소설비에서 발생하는 산성가스인 이산화탄소를 제거하기 위하여 사용되는 흡수제를 이용한 화학적 흡수방법은 높은 효율과 안정적인 기술로 가장 많이 연구되고 있다. 이산화탄소를 포집하기 위한 아민계 포집공정은 화학적 흡수기술의 일종으로 석유화학 공정 중 개질공정에서 적용된 바 있는 기술적 신뢰성이 확보된 기술이나 석유화학 공정가스가 아닌 연소 배가스에 적용하기 위해서는 공정의 개선이 필요한 분리 기술이다.
- [0004] 화학적 흡수제를 이용한 산성가스의 흡수 및 탈거 공정에 대한 흐름도는 도 1과 같다. 즉, 냉각된 배가스(1)는 통상적으로 40~60℃의 온도에서 흡수제(2)와 접촉되며, 산성가스는 흡수제 내의 화학적 흡수제와 결합한 다음, 순환되는 세척용 물(3)을 이용하여 흡수제 또는 증기가 비탈 동반하는 것을 방지한 후, 흡수탑(9, absorption tower)에서 배출된다(4). 출구 가스에 산성가스 농도는 흡수제에서의 화학 반응으로 감소시킬 수 있지만, 낮은 출구 산성가스 농도를 유지하기 위해서는 흡수탑이 높아져야 한다.
- [0005] 그리고, 화학적 결합에 의해 산성가스를 흡수한 흡수제(5)는 열교환기(10)를 거쳐 가열되어 재생탑(11, regeneration tower)의 상부로 주입된다. 흡수제의 재생은 높은 온도(110-140℃) 및 대기압 정도의 압력에서 재생탑에서 수행된다.
- [0006] 재생 조건을 유지하기 위하여 열이 리보일러(12)로 공급되며 이 과정에서 열에너지가 소모된다. 공급되는 에너지는 흡수제에서 화학적으로 결합되어 있는 산성가스를 탈거시키고 탈거된 산성가스와 수증기의 혼합가스(6)는 응축기(13)에서 회수되어 재생탑(11)으로 다시 공급되고(8), 이산화탄소는 배출된다(9). 산성가스가 탈거된 흡수제(2)는 열교환기(10)를 거쳐 흡수탑 수준의 온도로 낮추어 흡수탑으로 펌프에 의해 이송된다.
- [0007] 이러한 산성가스의 흡수 및 탈거공정에서 흡수제의 재생을 위해 많은 에너지가 소모되므로 재생에너지를 줄이기

위한 흡수제와 관련 공정의 개발이 절실히 요구되고 있다. 특히 탈거 공정의 장치 및 흐름을 최적화하여 가장 경제적인 산성가스, 대표적으로 연소 반응에서 필연적으로 발생하는 이산화탄소의 포집효율을 높이고자 하는 연구가 많은 연구자에 의해 연구되고 있다.

[0008] 그리고, 상기 종래의 기술은 린-리치아민을 통해 가열된 리치 아민을 재생탑으로 공급하여 산성가스와 흡수제의 분리를 촉진하지만 흡수제의 탈거 공정을 리보일러에서 과량의 스팀을 소비하게 되고, 린-리치 열교환기에서 리치아민이 100℃이상으로 가열되어 기액분리가 일어나서 배관에 해머링(Hammering) 현상이 종종 발생하고 있다.

[0009] 이상의 배경기술에 기재된 사항은 발명의 배경에 대한 이해를 돕기 위한 것으로서, 이 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술이 아닌 사항을 포함할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-2089372호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하고자 안출된 것으로서, 본 발명은 이산화탄소의 포집효율을 높이면서도 재생 에너지 비용을 줄일 수 있는 산성가스 포집 시스템을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 관점에 의한 다공성 금속구조체 촉매를 이용한 산성가스 포집 시스템은, 산성가스를 포함하는 배가스를 산성가스 포집을 위한 흡수제에 흡수시키는 흡수탑 및 상기 산성가스를 흡수한 흡수제로부터 산성가스를 분리시키는 재생탑을 포함하고, 상기 재생탑 내에는 다공성 금속구조체 촉매가 구비된 것을 특징으로 한다.

[0013] 여기서, 상기 다공성 금속구조체 촉매는 알루미늄 또는 티타늄 금속 구조체의 표면이 양극산화(Anodization)법에 의해 산화 처리된 것을 특징으로 한다.

[0014] 나아가, 상기 다공성 금속구조체 촉매의 산화알루미늄층 또는 산화티타늄층의 두께는 1μm~100μm인 것을 특징으로 한다.

[0015] 더 나아가, 상기 산화알루미늄층 또는 상기 산화티타늄층에 형성된 다수의 기공의 직경은 90nm~110nm인 것을 특징으로 한다.

[0016] 한편, 상기 다공성 금속구조체 촉매는 양극산화법에 의해 산화 처리 후 30℃ ~ 40℃ 황산 용액에서 4 ~ 6시간 동안 PWT(Pore Widening Treatment) dipping 처리된 것을 특징으로 한다.

[0017] 그리고, 상기 다공성 금속구조체 촉매는 상기 PWT dipping 처리 후 90℃ 이상에서 증류수에 의해 1~2 시간 HWT(Hot Water Treatment) 처리된 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 흡수제는 아민계, 아미노산염계, 무기염계 용액, 암모니아수 중 어느 하나 이상인 것을 특징으로 한다.

[0019] 그리고, 상기 흡수탑에서 상기 재생탑으로 이동하는 흡수제와 상기 재생탑에서 산성가스 분리 후 배출되는 흡수제를 열교환시키는 열교환기를 더 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 재생탑에서 산성가스 분리 후 배출되는 흡수제는 리보일러에 의해 승온되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 그리고, 상기 재생탑에서 산성가스 분리 후 배출되는 흡수제는 상기 열교환기에 의해 열교환 후 린아민(lean amine) 냉각기에 의해 냉각되어 상기 흡수탑에 이송되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 다음으로, 본 발명의 다른 일 관점에 의한 다공성 금속구조체 촉매를 이용한 산성가스 포집 시스템은, 산성가스를 포함하는 배가스를 산성가스 포집을 위한 흡수제에 흡수시키는 흡수탑, 상기 산성가스를 흡수한 흡수제로부터 산성가스를 분리시키는 재생탑 및 상기 흡수탑에서 상기 재생탑으로 이동하는 흡수제와 상기 재생탑에서 산

성가스 분리 후 배출되는 흡수제를 열교환시키는 열교환기를 포함하고, 상기 재생탑 내에는 다공성 금속구조체 촉매가 구비된 것을 특징으로 한다.

[0023] 여기서, 상기 다공성 금속구조체 촉매는 알루미늄 또는 티타늄 금속 구조체의 표면이 양극산화(Anodization)법에 의해 산화 처리된 것을 특징으로 한다.

[0024] 그리고, 상기 다공성 금속구조체 촉매의 산화알루미늄층 또는 산화티타늄층의 두께는 1 μ m~100 μ m인 것을 특징으로 한다.

[0025] 또한, 상기 산화알루미늄층 또는 상기 산화티타늄층에 형성된 다수의 기공의 직경은 90nm~110nm인 것을 특징으로 한다.

[0026] 나아가, 상기 다공성 금속구조체 촉매는 양극산화법에 의해 산화 처리 후 30 °C ~ 40 °C 황산 용액에서 4 ~ 6시간 동안 PWT(Pore Widening Treatment) dipping 처리된 것을 특징으로 한다.

[0027] 더 나아가, 상기 다공성 금속구조체 촉매는 상기 PWT dipping 처리 후 90 °C 이상에서 증류수에 의해 1~2 시간 HWT(Hot Water Treatment) 처리된 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 산성가스 포집을 위한 흡수 및 탈거 시스템과 그 방법은 흡수탑에서 산성가스를 흡수하여 재생탑으로 이동하는 흡수제(리치아민)를 재생탑 하부에서 나오는 흡수제(린아민)와 열교환하여 승온(100~105°C)되고, 이 흡수제(리치아민)가 재생탑에서 다공성 Alumina 스트럭처드 패킹(또는 TiO₂ 스트럭처드 패킹)층을 통과하여 흡수제와 산성가스에 분리시 필요한 에너지를 최소화하는 시스템을 포함하여 보편적인 아민 흡수제의 산성가스 분리회수 시스템보다 재생에너지 사용량 및 재생탑 크기를 획기적으로 줄일 수 있다. 따라서 산성가스 분리회수공정 운전시 가장 많은 비중을 차지하는 재생에너지 비용을 줄이고 재생탑의 높이를 작게 설계할 수 있어 초기 투자비를 줄일 수 있다.

[0029] 본 발명을 적용할 경우와 적용하지 않을 경우의 경우, 0.4GJ/ton-CO₂의 소비에너지 차이가 발생하게 된다. 즉, 500MW 석탄화력발전소를 기준으로 CO₂를 처리할 때, 하루 약 10,000 ton의 CO₂가 발생하고 90% 처리시 하루 약 4,000GJ의 에너지 소비를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 종래의 산성가스 포집 시스템을 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명에 의한 산성가스 포집 시스템을 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 3은 본 발명에 적용되는 다공성 금속구조체 촉매의 제조과정의 일부를 도시한 것이다.
- 도 4는 본 발명에 적용되는 다공성 금속구조체 촉매의 구조적 특징을 나타낸 것이다.
- 도 5는 본 발명에 적용되는 다공성 금속구조체 촉매의 실제 형상이다.
- 도 6은 본 발명에 적용되는 다공성 금속구조체 촉매의 측단면 형상을 모식화한 것이다.
- 도 7은 본 발명에 적용되는 다공성 금속구조체 촉매의 제조 과정을 나타낸 것이다.
- 도 8은 다공성 Alumina 스트럭처드 패킹 SEM(주사전자현미경) 이미지이며, 도 9는 그 분석결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0032] 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기술이나 반복적인 설명은 그 설명을 줄이거나 생략하기로 한다.

[0033] 도 2는 본 발명에 의한 산성가스 포집 시스템을 개략적으로 도시한 것이다.

[0034] 이하, 도 2를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 의한 다공성 금속구조체 촉매를 이용한 산성가스 포집 시스템을 설명하기로 한다.

- [0035] 산성가스를 포함하고 있는 화학공정가스 및 연소 배가스는 흡수탑에 의해 발생하는 압력강하를 극복하기 위하여 팬을 이용하여 배가스 냉각기로 보내지고 냉각된 배가스는 통상적으로 40-60 °C의 온도에서 흡수제와 접촉되어 흡수된다. 혼합가스(1, 배가스) 중 산성가스 포집을 위한 아민계, 아미노산염계, 무기염계 용액 또는 암모니아수 등을 단독 혹은 혼합한 흡수제를 사용하는 흡수 및 탈거 공정에 관한 것으로, 보다 자세하게는 흡수탑(9)에서 산성가스를 흡수하여 재생탑(11)으로 이동하는 흡수제(5, 리치아민, rich amine)를 재생탑(11) 하부에서 나오는 흡수제(린아민, lean amine)와 열교환하여 승온(100~105°C)되고, 이 흡수제를 다공성 금속구조체 촉매(20)인 다공성 Alumina 스트럭처드 패킹(또는 Al₂O₃-TiO₂ 스트럭처드 패킹) 층에 통과시켜 재생탑(11)으로 공급하여 산성가스와 흡수제의 분리를 촉진하며, 재생탑(11) 내부에 다공성 Alumina 스트럭처드 패킹(또는 TiO₂ 스트럭처드 패킹)을 구성하여 흡수제와 산성가스 분리를 촉진하여 저에너지로 산성가스를 과량 탈거할 수 있는 시스템 및 방법이다.
- [0036] 다공성 Alumina 스트럭처드 패킹(또는 TiO₂ 스트럭처드 패킹)층은 수용액 상태의 리치아민과 접촉하여 염기성 용액에 표면이 용해되어 AlO₂⁻가 되고 흡수제-H⁺의 양성자를 받아들여 탈 양성자(Deprotonation) 반응을 촉진한다. 이와 같은 원리로 CO₂와 흡수제의 분리를 촉진하여 흡수제 재생에너지 사용량을 저감할 수 있다.
- [0037] AmineH⁺(리치아민) + H₂O ↔ Amine(린아민) + H₃O⁺
- [0038] 본 발명에서는 흡수탑(9)에서 산성가스를 흡수하여 재생탑(11)으로 이동하는 흡수제(리치아민)를 재생탑 하부에서 나오는 흡수제(린아민)와 열교환하여 승온(100~105°C)되고, 이 흡수제를 다공성 Alumina 스트럭처드 패킹(또는 Al₂O₃-TiO₂ 스트럭처드 패킹)층을 통과시켜 재생탑(11)으로 공급하여 산성가스와 흡수제의 분리를 촉진하며, 재생탑(9) 내부에 다공성 Alumina 스트럭처드 패킹(또는 Al₂O₃-TiO₂ 스트럭처드 패킹)층으로 구성하여 흡수제와 산성가스 분리를 촉진하여 저에너지로 산성가스를 과량 탈거할 수 있게 하였다.
- [0039] 산성가스는 흡수제 내의 화학적 흡수제와 결합한 다음, 순환되는 세척용 물(3)을 이용하여 흡수제 또는 증기가 비탈 동반하는 것을 방지한 후, 흡수탑(9, absorption tower)에서 배출된다(4).
- [0040] 그리고, 화학적 결합에 의해 산성가스를 흡수한 흡수제(5)는 열교환기(10)를 거쳐 가열되어 재생탑(11, regeneration tower)의 상부로 주입된다. 흡수제의 재생은 높은 온도(110-140°C) 및 대기압 정도의 압력에서 재생탑에서 수행된다.
- [0041] 재생 조건을 유지하기 위하여 열이 리보일러(12)로 공급되며 이 과정에서 열에너지가 소모된다. 공급되는 에너지는 흡수제에서 화학적으로 결합되어 있는 산성가스를 탈거시키고 탈거된 산성가스와 수증기의 혼합가스(6)는 응축기(13)에서 회수되어 재생탑(11)으로 다시 공급되고(8), 이산화탄소는 배출된다(7). 산성가스가 탈거된 흡수제(2)는 열교환기(10)를 거쳐 린아민 냉각기(14)에 의해 냉각되어 흡수탑 수준의 온도로 낮추어 흡수탑으로 펌프에 의해 이송된다.
- [0042] 이를 통해, 리보일러에서 사용하는 스팀의 약 5 ~ 10% 이상 감소시킬 수 있다. 그리고, 재생탑(11) 내부에 스트럭처드 패킹 구조 유지가 가능하여 동일한 성능향상을 위해 펠트 또는 비드 형태의 Al₂O₃ 촉매를 적용하는 것보다 압력강하 현상이 1/10 수준으로 적어서 공정운전이 매우 용이하다. 따라서 흡수제와 산성가스의 탈거가 다공성 Alumina 스트럭처드 패킹(또는 TiO₂ 스트럭처드 패킹)층으로 촉진되어 보편적인 아민 흡수제의 산성가스 분리회수 시스템보다 재생에너지 사용량 및 재생탑 크기를 획기적으로 줄일 수 있다. 그리고 사용 스팀량이 감소하게 되면 린-리치 열교환기(10)를 통과하는 리치아민 온도가 100°C 이하로 감소하여 배관 해머링 현상도 방지 가능하다.
- [0043] 본 발명의 다공성 금속구조체 촉매(20)는 알루미늄(티타늄) 금속 구조체를 양극산화(Anodization)법을 통해 제작하였다. 양극산화(Anodization)법은 전기화학적인 방법을 이용하여 금속 표면에 금속산화물을 형성시킴으로써, 금속재료를 보다 다양한 용도로 응용하기 위한 것이다. 알루미늄의 양극산화과정은 도 3과 같은 전해질 수조에서 진행된다. 알루미늄(Aluminum sheet)을 양극에, 흑연 전극(Graphite electrode)을 음극에 연결한 후 전기를 흘려준다. 알루미늄 표면에서는 다음 식(1)과 같은 알루미늄의 산화반응으로 도 6과 같이 산화알루미늄 층이 형성된다. 음극에서는 식(2)과 같은 반응으로 수소기체가 생성된다. 전체반응식은 식 (3)과 같다.
- [0044] (1) Anode : 2Al(s) + 3H₂O(l) → Al₂O₃(s) + 6H⁺ + 6e⁻

- [0045] (2) Cathode : $6H^+ + 6e^- \rightarrow 3H_2(g) \uparrow$
- [0046] (3) Overall : $2Al(s) + 3H_2O(l) \rightarrow Al_2O_3(s) + 3H_2(g) \uparrow$
- [0047] 도 4에서 참조되는 바와 같이, 양극 산화반응으로 생성된 산화알루미늄 층은 규칙적이며, 표면에 대하여 수직인 독특한 기공 구조를 갖는다. 또한 양극 산화반응의 조건에 따라 산화알루미늄층의 길이(L_p), 기공의 직경(d_p), 간격(d_{int}), 밀도 등을 조절할 수 있으며, 생성된 산화알루미늄 층은 경도와 내마모성 등 기계적 성질이 강한 장점을 가지며, 산화알루미늄층의 두께는 $1\mu m \sim 100\mu m$ 일 수 있으며, 도 5와 같이 기공의 직경은 $90nm \sim 110nm$ 일 수 있다.
- [0048] 전체적으로는, 도 7과 같은 공정에 의해 산화알루미늄층을 다공이 형성된 구조로 산화시켜 촉매를 완성한다.
- [0049] 즉, 양극산화(anodized) 후 $30\text{ }^\circ\text{C} \sim 40\text{ }^\circ\text{C}$ 황산 (H_2SO_4 또는 옥실산) 용액에서 기공 크기 및 표면적 증가를 위해 4 ~ 6시간 동안 PWT(Pore Widening Treatment) dipping 처리하고, $90\text{ }^\circ\text{C}$ 이상에서 증류수에 의해 HWT(Hot Water Treatment)를 1 ~ 2시간 동안 진행하고, 바람과 함께 약 5시간 $500\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 하소(calcination)하여 제조한다.
- [0050] 단순 알루미늄 structured packing의 비표면적(specific surface area)는 $10 \sim 30\text{ m}^2/\text{m}^2$, PWT 5시간 처리한 양극 산화 structured packing의 비표면적은 $850\text{ m}^2/\text{m}^2$, PWT 5시간+HWT 2시간 처리한 양극산화 structured packing의 비표면적은 $1800\text{ m}^2/\text{m}^2$ 이 된다.
- [0051] 이하, 실시 예를 통하여 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나 이들은 본 발명을 상세히 설명하기 위한 것으로 제공되는 것일 뿐 본 발명의 범위가 이들에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0052] <실시 예 1> 30wt%의 모노에탄올아민을 흡수제로 이용하여 이산화탄소인 15 vol%의 이산화탄소를 포함하고 있는 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 로 조절된 연소배가스를 2.0m^3 유량으로 흡수탑 하부에 투입하였다. 흡수제의 순환량은 $100\text{ml}/\text{min}$, 흡수탑에 투입되는 흡수제의 온도는 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 로 하였다. 흡수탑에서 흡수제와 이산화탄소의 발열반응에 의해 승온된 흡수제의 30%(19, 리치아민 지류)가 재생탑 하부에서 나오는 린아민과 1차 열교환하여 승온($100 \sim 105\text{ }^\circ\text{C}$)되며, 이 흡수제를 재생탑에 다공성 Alumina 스트럭처드 패킹 층을 통과시켜 이산화탄소와 흡수제의 분리를 촉진하는 시스템을 설치하였다. 흡수탑으로 들어오기 전과 흡수탑을 거친 배가스의 이산화탄소 농도를 가스 분석기를 이용하여 측정하여 이산화탄소 제거율이 90%일 때의 이산화탄소 포집량(ton)당 리보일러 열사용량을 계산하여 그 결과를 표 1에 나타내었다.
- [0053] <실시 예 2> 상기 실시 예 1와 산성가스 포집 시스템은 동일하지만, 재생탑에 Al_2O_3 스트럭처드 패킹 촉매층으로 구성된 시스템을 설치하였다. 그리고 흡수탑으로 들어오기 전과 흡수탑을 거친 배가스의 이산화탄소 농도를 가스 분석기를 이용하여 측정하여 이산화탄소 제거율이 90%일 때의 이산화탄소 포집량(ton)당 리보일러 열사용량을 계산하여 그 결과를 표 1에 나타내었다.
- [0054] <실시 예 3> 상기 실시 예 2와 산성가스 포집 시스템은 동일하지만, 재생탑에 다공성 Al_2O_3 펠릿 타입 촉매층을 설치하였다. 그리고 흡수탑으로 들어오기 전과 흡수탑을 거친 배가스의 이산화탄소 농도를 가스 분석기를 이용하여 측정하여 이산화탄소 제거율이 90%일 때의 이산화탄소 포집량(ton)당 리보일러 열사용량을 계산하여 그 결과를 표 1에 나타내었다.
- [0055] <비교 예 1> 상기 실시 예 1에서 흡수탑을 나온 흡수액을 재생탑에서 나온 고온의 흡수액으로만 열교환하고 재생탑과 리보일러 순으로 흡수제가 통과하며, 재생탑의 높이가 1.2배인 것을 제외하고는 상기 실시 예 1와 동일한 방법으로 실시하여 얻은 이산화탄소 제거율이 90%일 때의 이산화탄소 포집량 (ton)당 리보일러 열사용량은 표 1과 같다.(일반적인 상용공정과 동일)

표 1

| [0056] | CO2 포집공정 재생탑 산성촉매 사용 여부 및 적용 타입 | 열 사용량 (GJ/ton-CO ₂) | 재생탑 차압 ΔP(kPa) |
|--------|--|---------------------------------|----------------|
| 실시예 1 | 다공성 Al ₂ O ₃ 스트럭처드 패킹 적용 | 3.45 | 0.3 |
| 실시예 2 | 다공성 TiO ₂ 스트럭처드 패킹 적용 | 3.55 | 0.3 |
| 실시예 3 | 다공성 Al ₂ O ₃ 펠릿 촉매 적용 | 3.46 | 3.2 |

| | | | |
|-------|------------------------------|------|-----|
| 비교예 1 | 다공성 촉매 미사용(상용 SUS 스트럭처드 패키징) | 3.85 | 0.3 |
|-------|------------------------------|------|-----|

[0057] 실시 예 1의 경우 비교 예 1에 비하여 동일한 이산화탄소의 제거효율(90%)에서 동일한 이산화탄소를 포집하는데 리보일터의 열사용량이 10% 적게 사용됨을 확인 할 수 있었다. 이와 같은 결과를 볼 때 동일한 이산화탄소 제거율을 기준으로 본 발명에서 개발한 흡수 및 탈거공정을 적용할 경우 리보일터에 사용되는 스팀사용량을 획기적으로 감소시킬 수 있고, 재생탑으로 공급되는 리치아민 총량의 감소로 재생탑 높이도 줄여서 초기 투자비 또한 감소시킬 수 있다. 도 8은 다공성 Alumina 스트럭처드 패키징 SEM(주사전자현미경) 이미지이며, 도 9는 그 분석결과로서, 양극산화 시간별 Alumina 층 두께는 5시간의 경우 20~40 μ m, 7시간의 경우 40~70 μ m, 10시간의 경우 70~100 μ m가 된다.

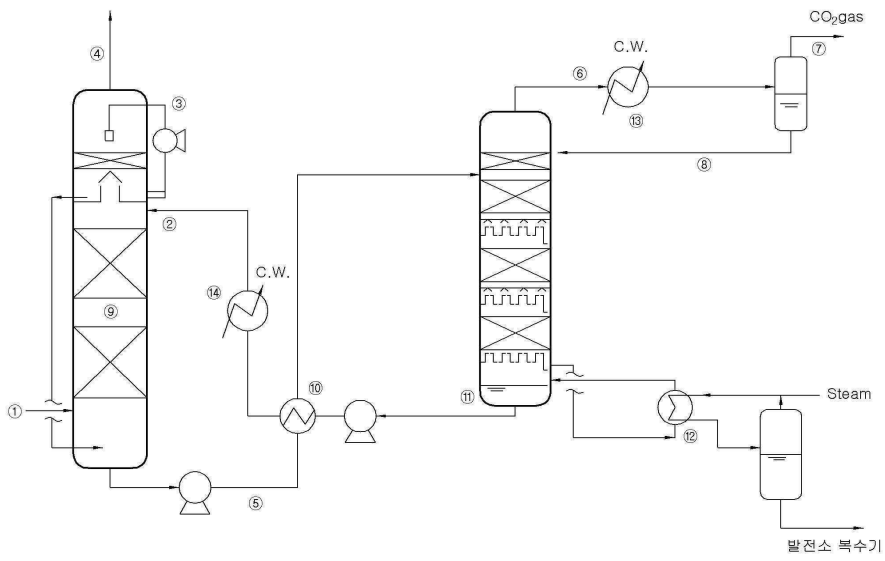
[0058] 이상과 같은 본 발명은 예시된 도면을 참조하여 설명되었지만, 기재된 실시 예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형될 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 따라서 그러한 수정 예 또는 변형 예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이며, 본 발명의 권리범위는 첨부된 특허청구범위에 기초하여 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

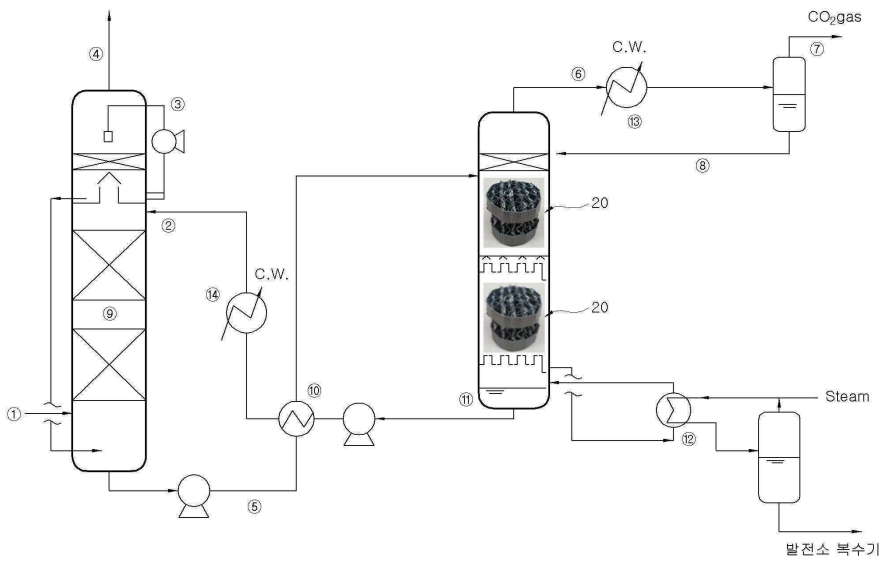
- [0059]
- 1 : 배가스
 - 2 : 린아민
 - 3 : 세척수
 - 4 : 배가스 배출
 - 5 : 흡수제, 리치아민
 - 6 : 혼합가스
 - 7 : 이산화탄소
 - 8 : 응축수
 - 9 : 흡수탑
 - 10 : 열교환기
 - 11 : 재생탑
 - 12 : 리보일터
 - 13 : 응축기
 - 14 : 린아민 냉각기
 - 20 : 다공성 금속구조물 촉매

도면

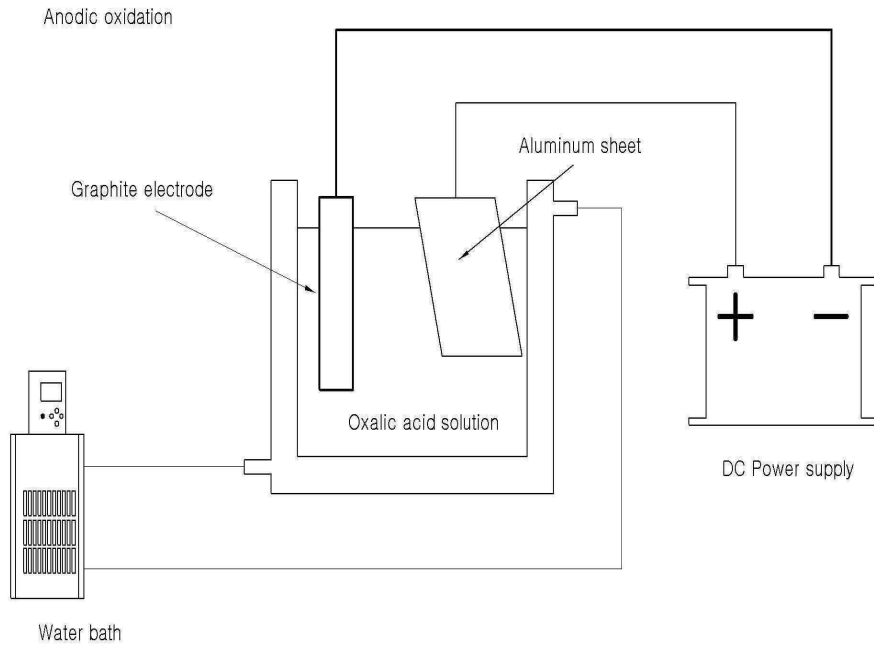
도면1



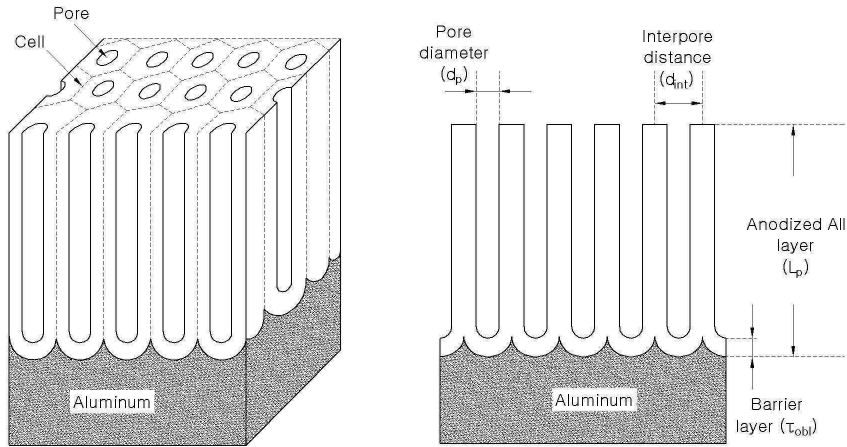
도면2



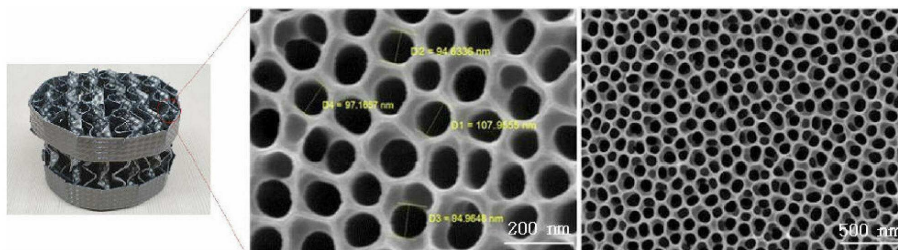
도면3



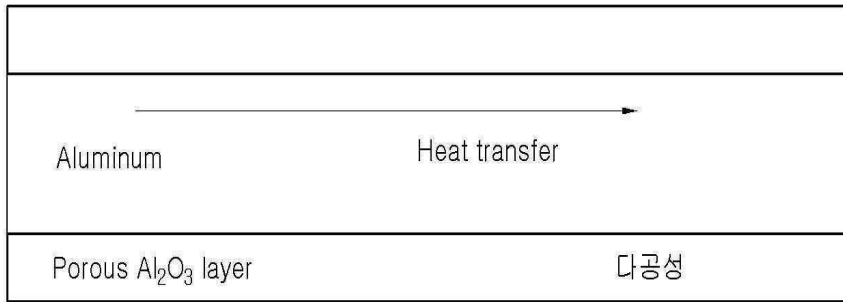
도면4



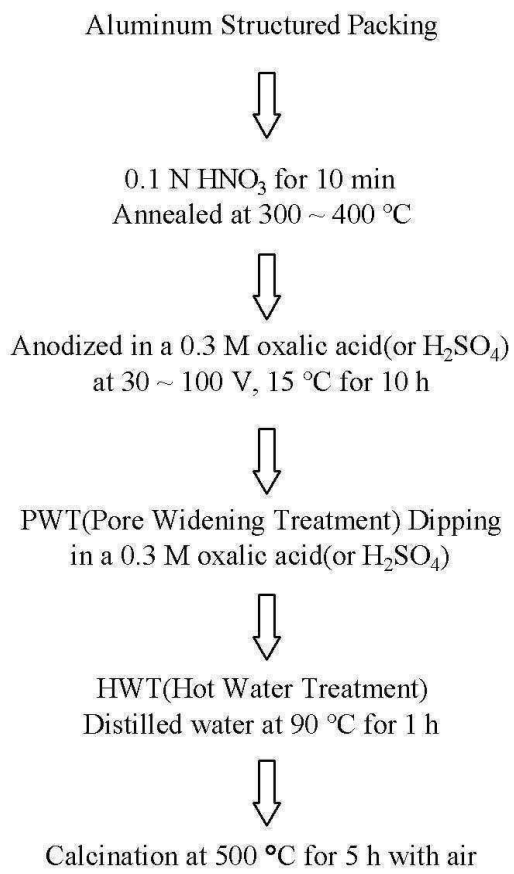
도면5



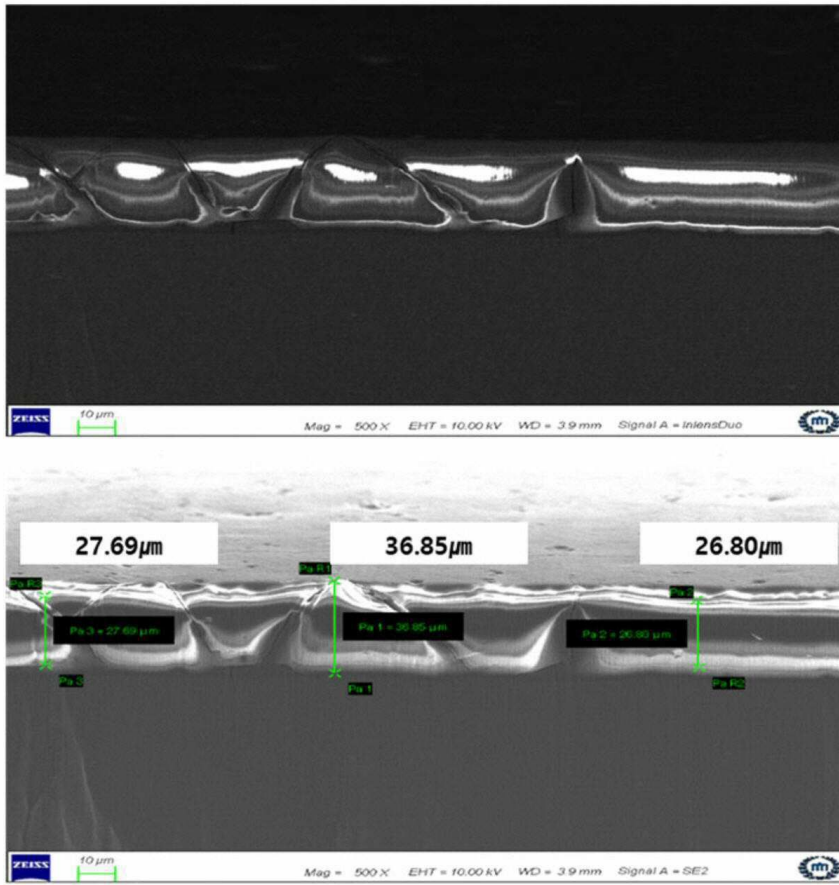
도면6



도면7

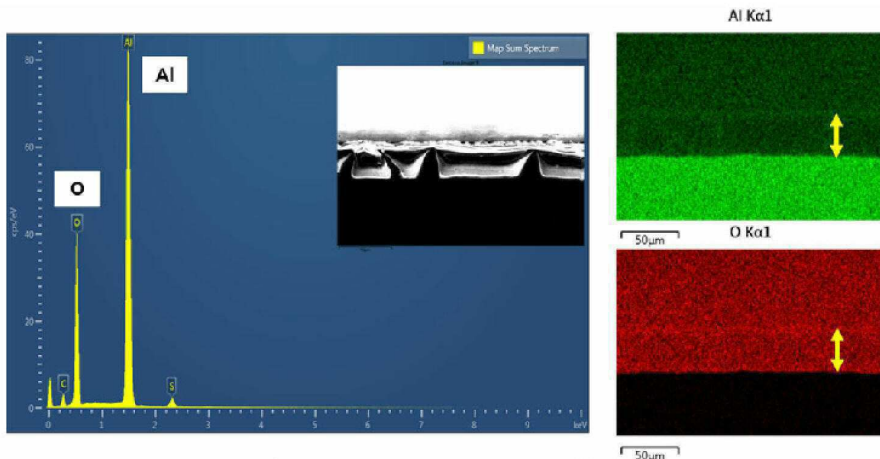


도면8



<SEM Image: 산화막 두께>

도면9



| Element | Wt% | Atomic % |
|---------------|---------------|---------------|
| C | 8.19 | 13.83 |
| O | 33.92 | 42.97 |
| Al | 55.44 | 41.65 |
| S | 2.45 | 1.55 |
| Total: | 100.00 | 100.00 |

<EDS: 성분 분석결과>