



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0126682
(43) 공개일자 2016년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/10 (2006.01) B01J 20/18 (2006.01)
B01J 20/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 20/103 (2013.01)
B01J 20/186 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0058069
(22) 출원일자 2015년04월24일
심사청구일자 2015년04월24일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김성현
서울특별시 강남구 영동대로 210, 5동 1008호 (대치동, 쌍용아파트)
이창훈
경기도 고양시 덕양구 충장로 118-30, 221동 1304호 (행신동, 샘터마을2단지아파트)
(74) 대리인
특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 13 항

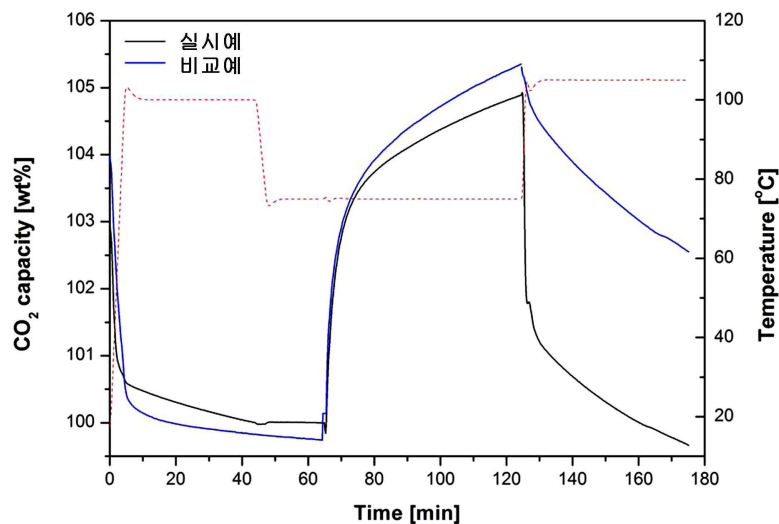
(54) 발명의 명칭 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법 에 관한 것이다.

본 발명에 따른 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법은 다공성 지지체로서 실리카를 활용하는 경우 사용되는 실래인계 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 높은 탈착 온도 및 느린 탈착 속도에 관한 문제점을 해결하였다. 즉, 본 발명에 따른 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법은 다공성 지지체로 실리카를 활용하는 경우에도 기존 실래인계 1차 아민이 개질되어 도입되므로, 낮은 온도에서도 탈착이 가능하며, 탈착 속도도 빨라져서 탈착 공정에 소요되는 시간을 현저히 단축시켰다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01J 20/3217 (2013.01)

(72) 발명자

전선빈

경기도 용인시 수지구 현암로 126, 401동 1901호
(죽전동, 푸르지오)

정현철

경기도 구리시 체육관로 66, 102동 508호 (수택동)

조동현

서울특별시 동대문구 무학로49길 33, 204호 (용두동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014M1A8A1049251

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기후변화대응기술개발

연구과제명 유무기복합 아민계고형 신희수제 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

실리카를 다공성 지지체로 하는 이산화탄소 흡착제에 있어서,

상기 다공성 지지체 표면에는 개질된 아민이 화학적으로 결합하며,

상기 개질된 아민은 실레인계 아민이 아크릴로나이트릴과 반응하여 개질된 아민인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 실레인계 아민은 3-아미노프로필트리메톡시실레인(3-aminopropyltrimethoxy silane), N-3-트리메톡시시릴 프로필 에틸렌디아민(N-[3-(Trimethoxysilyl)propyl]ethylenediamine) 및 N1-3-트리메톡시시릴프로필 디에틸렌트리아민(N1-(3-Trimethoxysilylpropyl) diethylenetriamine)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 개질된 아민은 다공성 지지체 표면에 공유결합하여 화학적으로 결합하는 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 개질된 아민은 실레인계 아민과 아크릴로나이트릴이 1:0.1~1(실레인계 아민:아크릴로나이트릴)의 몰비로 반응하여 개질된 아민인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제.

청구항 5

실리카를 다공성 지지체로 하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 있어서,

1) 유기용매, 다공성 지지체의 원료를 포함한 수용액 및 개질된 아민을 포함하는 혼합 용액을 제조하는 단계; 및

2) 상기 혼합 용액을 실리카 겔화하여 표면에 개질된 아민이 화학적으로 결합한 다공성 지지체를 획득하는 단계;

를 포함하며,

상기 개질된 아민은 실레인계 아민이 아크릴로나이트릴과 반응하여 개질된 아민인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 다공성 지지체의 원료는 규산나트륨, 테트라에톡시실레인 및 테트라메톡시실래인으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 실래인계 아민은 3-아미노프로필트리메톡시실레인(3-aminopropyltrimethoxy silane), N-3-트리메톡시시릴프로필 에틸렌디아민(N-[3-(Trimethoxysilyl)propyl]ethylenediamine) 및 N1-3-트리메톡시시릴프로필 다이에틸렌트리아민(N1-(3-Trimethoxysilylpropyl) diethylenetriamine)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 개질된 아민은 다공성 지지체 표면에 공유결합하여 화학적으로 결합하는 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 개질된 아민은 실래인계 아민과 아크릴로나이트릴이 1:0.1-1(실래인계 아민:아크릴로나이트릴)의 몰비로 반응하여 개질된 아민인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 10

제5항에 있어서,

상기 유기용매는 메탄올, 에탄올 및 프로판올로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하며, 상기 1)단계의 혼합 용액에는 상기 유기용매와 함께 물이 더 포함되는 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 11

제5항에 있어서,

상기 1)단계의 혼합 용액에는 기공형성제 및 촉매를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 개질된 아민, 기공형성제 및 촉매의 질량비는 1:0.2-0.3:0.4-0.6(개질된 아민:기공형성제:촉매)인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 13

제5항에 있어서,

상기 2)단계 이후에 다공성 지지체를 세척하는 단계를 더 포함하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 온실 가스인 이산화탄소를 포집하고 이를 저장 및 활용하기 위한 CCS(Carbon Capture and Storage) 기술에 관한 연구 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 이산화탄소의 포집 기술은 포집하는 방식에 따라 습식흡수법, 건식흡수법, 막 분리법으로 세분화한다. 이 중 습식흡수법은 상용화된 기술이지만, 아민 용액에 의한 장치 부식과 아민 용액의 증발, 재생 과정에 많은 에너지가 소요된다는 단점을 갖고 있다. 반면에 건식흡착법은 고형 흡착제를 사용하는 기술로서 습식흡수법을 대체할 수 있는 이산화탄소 포집법이다. 이러한 건식흡착법에 사용되는 이산화탄소 흡착제는 다공성 지지체로서 넓은 표면적과 높은 기공도를 갖는 고분자(PMMA, PS 등), 활성탄, 알루미늄, MOF(Metal Organic Framework), 실리카 등이 활용된다. 이러한 다공성 지지체를 활용한 이산화탄소 흡착제로부터의 물리적인 흡착은 탈착열이 낮아 저에너지 공정을 통해 이산화탄소를 흡착제에서 분리할 수 있는 장점이 있지만, 저온에서의 낮은 흡착량, 수분에 의한 흡착량 감소의 단점이 있다. 한편, 저온 흡착제의 경우 흡착 성능 향상을 위해 아민 물질을 이산화탄소 흡착제에 도입하여 흡착 성능을 향상시킨다. 이때 상기 아민 물질을 다공성 지지체 표면에 도입하는 방법은 다공성 지지체의 기공 내에 아민 물질을 함침하는 물리적 함침법과 표면 개질을 통해 아민 물질을 화학적으로 도입하는 표면 개질법이 있다. 물리적 함침법은 다량의 아민 물질 도입이 가능하여 높은 흡착량을 갖지만, 흡탈착 연속 공정에서 아민 물질 유실(또는 ‘아민 물질 침출’)로 인한 성능 감소 현상이 발생한다. 반면 표면 개질법은 아민 물질이 다공성 지지체 표면에만 존재하여 물리적 함침법에 비해 낮은 흡착량을 갖는다. 하지만 상기 표면 개질법은 공유결합에 의해 아민 물질이 다공성 지지체의 표면에 단단히 결합하게 되므로, 흡탈착을 반복적으로 시행하여도 아민 물질의 유실 문제가 발생하지 않는다.

[0003] 한편, 건식흡착제로 활용되는 다공성 지지체 중 실리카는 합성이 용이하여 여러 분야에서 활용이 되고 있으며, 원료로써 규산나트륨(Sodium silicate)을 이용할 경우 저렴한 비용으로 실리카 겔을 합성할 수 있다는 장점이 있다. 또한 다공성 지지체로서 실리카는 열적으로 안정하고, 아민 물질의 화학적 도입이 용이하다는 장점도 갖고 있다. 하지만 상기 실리카는 분말(powder) 형태로 존재하기 때문에 공정 적용을 위해서는 펠릿 등으로 제조하는 별도의 성형 과정이 요구된다. 그리고 일반적으로 표면 개질법에 의해 아민을 도입하는 실리카는 실리카 제조 과정과 아민 물질의 도입 과정이 분리되어 이루어지며, 각 과정마다 세척 및 건조 과정도 따로 요구된다. 이러한 두 단계 이상의 제조 과정을 거쳐야만 하는 실리카 합성은 공정에 많은 시간이 소요된다.

[0004] 또한 다공성 지지체로서 실리카를 활용하면서 표면 개질법에 의해 아민 물질을 도입한 이산화탄소 흡착제의 제조시, 여기에 사용되는 실래인계 아민 물질은 1차 아민을 포함하고 있다. 이러한 1차 아민은 흡착량과 흡착 속도가 빠르지만, 높은 탈착열과 느린 탈착 속도가 단점이다. 높은 탈착열은 높은 탈착 온도 조건을 요구하고, 느린 탈착 속도는 긴 탈착 시간을 요구한다. 따라서 다공성 지지체로서 실리카를 활용하고, 이러한 실리카의 표면에 1차 아민이 도입되는 이산화탄소 흡착제는 반복 흡탈착 공정에 따른 필연적인 비용 증가의 문제가 있다.

[0005] 본 발명과 관련된 선행기술문헌으로는 대한민국 등록특허 제10-1267986호(특허문헌 1)가 개시되어 있으며, 상기 특허문헌 1에는 알칼리 금속계 수산화물을 유기용매에 분산시키고, 여기에 물리적으로 함침하여 이산화탄소 흡착제를 제조하는 것에 관한 기술이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 특허문헌 1. 대한민국 등록특허 제10-1267986호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 다공성 지지체로서 실리카를 활용하는 이산화탄소 흡착제의 경우, 상기 실리카에 도입되는 실래인계 1차 아민에 의한 높은 탈착 온도 및 느린 탈착 속도를 개선하는 것이다. 그리하여 상기 실래인계 1차 아민의 개질을 통해 탈착 온도를 낮추면서 탈착 속도도 향상시키는 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법을 제공하는 것이 목적이다.

과제의 해결 수단

[0008] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 한 특징에 따른 이산화탄소 흡착제는

[0009] 실리카를 다공성 지지체로 하는 이산화탄소 흡착제인 것으로서,

[0010] 상기 다공성 지지체 표면에는 개질된 아민이 화학적으로 결합하며,

[0011] 상기 개질된 아민은 실래인계 아민이 아크릴로나이트릴과 반응하여 개질된 아민인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제이다.

[0012] 본 발명의 또 다른 특징에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법은

[0013] 실리카를 다공성 지지체로 하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법으로서,

[0014] 1) 유기용매, 다공성 지지체의 원료를 포함한 수용액 및 개질된 아민을 포함하는 혼합 용액을 제조하는 단계; 및

[0015] 2) 상기 혼합 용액을 실리카 겔화하여 표면에 개질된 아민이 화학적으로 결합한 다공성 지지체를 수득하는 단계;

[0016] 를 포함하며,

[0017] 상기 개질된 아민은 실래인계 아민이 아크릴로나이트릴과 반응하여 개질된 아민인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법이다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따른 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법은 다공성 지지체로서 실리카를 활용하는 경우, 사용되는 실래인계 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 높은 탈착 온도 및 느린 탈착 속도에 관한 문제점을 해결하였다. 즉, 본 발명에 따른 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법은 다공성 지지체로 실리카를 활용하는 경우에도 기존 실래인계 1차 아민을 개질하여 도입하는 것이므로, 낮은 온도에서도 탈착이 가능하며, 탈착 속도도 현저히 빨라져서 탈착 공정에 소요되는 시간을 월등히 단축시켰다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 실시예와 비교예의 이산화탄소 탈착 성능을 비교한 그래프이다.

도 2는 실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 안정성을 측정한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이에 본 발명자들은 다공성 지지체로 실리카를 이용하더라도 이산화탄소 흡착제의 탈착 온도를 낮추면서 탈착 속도도 현저히 향상시키는 이산화탄소 흡착제를 개발하기 위하여 예의 연구 노력한 결과, 본 발명에 따른 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법을 발견하여 본 발명을 완성하였다.
- [0021] 구체적으로 본 발명에 따른 이산화탄소 흡착제는
- [0022] 실리카를 다공성 지지체로 하는 이산화탄소 흡착제에 있어서,
- [0023] 상기 다공성 지지체 표면에는 개질된 아민이 화학적으로 결합하며,
- [0024] 상기 개질된 아민은 실레인계 아민이 아크릴로나이트릴과 반응하여 개질된 아민인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제이다.
- [0025] 실리카를 다공성 지지체로 하는 이산화탄소 흡착제에 있어서, 상기 실리카 표면에 아민을 화학적으로 결합시켜 이산화탄소를 흡착시키게 되는데, 이때 실레인계 아민이 사용된다. 하지만, 이렇게 실리카 다공성 지지체에 결합하는 실레인계 아민은 이산화탄소 흡착 성능은 떨어지지 않지만, 이산화탄소 탈착 온도가 지나치게 높고, 탈착 속도도 지나치게 느다는 문제점이 있었는데 본 발명에 따른 이산화탄소 흡착제는 이러한 문제를 해결한 것이다. 그리하여 본 발명에 따른 이산화탄소 흡착제는 탈착 온도를 낮췄으며, 탈착 속도도 기존 실레인계 아민이 실리카 다공성 지지체 표면에 결합한 경우에 비해 현저히 향상된 것이다. 이러한 본 발명의 효과는 상기 실레인계 아민을 아크릴로나이트릴과 반응하여 개질된 아민을 다공성 지지체 표면에 화학적으로 결합시킴으로써 가능하게 된다.
- [0026] 즉, 상기 실레인계 아민은 1차 아민이지만, 아크릴로나이트릴과 반응하여 개질되게 되면 2차 또는 3차 아민으로 개질되게 되어 탈착 온도를 낮추면서, 탈착 속도도 현저히 향상시키게 되는 것이다.
- [0027] 이를 위해 상기 실레인계 아민은 3-아미노프로필트리메톡시실레인(3-aminopropyltrimethoxy silane), N-3-트리메톡시시릴프로필 에틸렌디아민(N-[3-(Trimethoxysilyl)propyl]ethylenediamine) 및 N1-3-트리메톡시시릴프로필 다이에틸렌트리아민(N1-(3-Trimethoxysilylpropyl) diethylenetriamine)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것이 바람직하며, 상기 실레인계 아민의 개질제로는 아크릴로나이트릴인 것이 바람직하다.
- [0028] 또한 상기 개질된 아민은 다공성 지지체 표면에 화학적으로 결합하게 되는데, 이때의 화학적 결합은 공유결합에 해당할 수 있다.
- [0029] 또한 상기 개질된 아민은 실레인계 아민과 아크릴로나이트릴이 1:0.1-1(실레인계 아민:아크릴로나이트릴)의 몰비로 반응하여 개질된 아민인 것이 바람직한데, 상기 몰비인 것이 잔류하는 물질 없이 충분한 양으로 개질하게 되면서 2차 또는 3차 아민으로 효과적으로 개질할 수 있어 바람직하며, 또한 상기 실레인계 아민이 2차 또는 3차 아민으로 개질될 확률을 80-100 %로 달성할 수 있어 바람직하다.
- [0030] 본 발명의 또 다른 특징에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법은
- [0031] 실리카를 다공성 지지체로 하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법으로서,
- [0032] 1) 유기용매, 다공성 지지체의 원료를 포함한 수용액 및 개질된 아민을 포함하는 혼합 용액을 제조하는 단계; 및
- [0033] 2) 상기 혼합 용액을 실리카 겔화하여 표면에 개질된 아민이 화학적으로 결합한 다공성 지지체를 수득하는 단계;
- [0034] 를 포함하며,
- [0035] 상기 개질된 아민은 실레인계 아민이 아크릴로나이트릴과 반응하여 개질된 아민인 것을 특징으로 하는 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제의 제조방법이다.
- [0036] 본 발명에 따른 상기 제조방법에 의해 이산화탄소 흡착제를 제조하게 되면, 실리카 다공성 지지체인 경우 실레인계 아민을 사용하여 나타나는 문제점인 높은 탈착 온도 및 느린 탈착 속도의 문제를 효과적으로 개선하게 되

어, 탈착 온도를 현저히 낮추면서 탈착 속도도 월등히 빨라지게 된다.

- [0037] 이러한 효과는 실레인계 아민을 아크릴로나이트릴과 반응하여 개질된 아민을 실리카 다공성 지지체 표면에 화학적 결합시킴으로써 가능하게 되며, 상기 화학적인 결합은 공유결합일 수 있다.
- [0038] 또한 상기 실레인계 아민은 3-아미노프로필트리메톡시실레인(3-aminopropyltrimethoxy silane), N-3-트리메톡시시릴프로필 에틸렌디아민(N-[3-(Trimethoxysilyl)propyl]ethylenediamine) 및 N1-3-트리메톡시시릴프로필 디에틸렌트리아민(N1-(3-Trimethoxysilylpropyl) diethylenetriamine)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것이 바람직하다. 또한 상기 실레인계 아민을 개질하는 개질제로는 아크릴로나이트릴인 것이 바람직하다.
- [0039] 한편, 상기 유기용매는 메탄올, 에탄올 및 프로판올로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것이 바람직하며, 상기 유기용매와 함께 물이 혼합될 수 있다.
- [0040] 또한 상기 개질된 아민은 실레인계 아민과 아크릴로나이트릴이 1:0.1-1(실레인계 아민:아크릴로나이트릴)의 몰비로 반응하여 개질된 아민인 것이 바람직하다.
- [0041] 한편, 상기 1)단계에서의 혼합 용액 중 본 발명에서의 상기 다공성 지지체의 원료는 실리카 다공성 지지체를 형성하는 것으로서 규산나트륨, 테트라에톡시실레인 및 테트라메톡시실레인으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 제조 단가 절감 차원에서 규산나트륨을 사용하는 것이 제조 단가 절감 차원에서 가장 바람직하다.
- [0042] 한편, 특별한 제한이 있는 것은 아니지만 상기 1)단계의 혼합 용액에는 바람직하게는 기공형성제 및 촉매를 더 포함할 수 있다. 이때 상기 개질된 아민, 기공형성제 및 촉매의 질량비는 특별한 제한이 있는 것은 아니지만 바람직하게는 1:0.2-0.3:0.4-0.6(개질된 아민:기공형성제:촉매)일 수 있는데, 상기 질량비에 해당하는 경우 개질된 아민이 다공성 지지체에 화학적으로 결합하는 시간을 30-40 % 가량 단축시킬 수 있어 바람직하다.
- [0043] 또한 상기 2)단계 이후에 다공성 지지체를 세척하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0044] 이하 본 발명을 바람직한 실시예를 참고로 하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0045] **실시예**
- [0046] 45 °C 온도 조건에서 실레인계 아민인 3-아미노프로필트리메톡시실레인에 아민 개질제로서 아크릴로나이트릴을 3 ml/min 주입하였다. 아크릴로나이트릴의 주입 완료 후, 50 °C로 승온하여 200 rpm의 혼합 속도로 1 시간 반응시켜 실레인계 아민을 개질시켰다.
- [0047] 그 후 80 °C 온도 조건에서 상기 개질된 아민(10 g), 기공형성제(폴리에틸렌글리콜, 15 g), 촉매로서 황산(1 g)을 혼합한 혼합 용액에 규산나트륨 수용액(60 g)을 주입하여 250 rpm의 혼합 속도로 6 시간 반응시켰다. 그 후 80 °C 온도 조건에서 3 시간 동안 겔화(gelation)를 수행하였으며, 이를 세척하여 개질된 아민을 포함하는 이산화탄소 흡착제를 제조하였다.
- [0048] **비교예**
- [0049] 개질되지 않은 실레인계 아민을 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예와 동일한 방법을 사용하여 이산화탄소 흡착제를 제조하였다.
- [0050] 한편, 하기 표 1은 상기 실시예 및 비교예에 따른 이산화탄소 흡착제의 비표면적 및 기공 특성을 비교한 내용을 나타낸 것이다.

표 1

구분	비표면적 (m^2/g)	기공부피 (cm^3/g)	기공직경 (nm)
실시예	132	0.75	22.7
비교예	38	0.11	13.9

실험예

<실험예 1: 이산화탄소 탈착 성능 측정>

상기 실시예 및 비교예를 가지고 이산화탄소 흡착 후 탈착에 필요한 온도 조건 및 탈착 속도를 비교하는 실험을 진행하였으며, 이의 결과는 하기 도 1에 나타내었다.

먼저 하기 도 1에서는 60 min 이 경과한 시점에서 이산화탄소 흡착량은 실시예의 경우 4.9 wt%이고 비교예의 경우에는 5.3 wt%로서, 실시예와 비교예가 흡착량에 있어서는 서로 큰 차이를 보이지 않음을 확인할 수 있었다.

하지만, 탈착 온도 및 탈착 속도에 있어서는, 하기 도 1에서 확인할 수 있는 바와 같이 실시예의 경우 비교예에 비해 낮은 온도에서 탈착하는 것을 확인할 수 있었다(실시예의 경우 대략 135 min 경과한 지점에서 대략 100 °C 의 온도에서도 탈착함에 반하여, 비교예의 경우에는 대략 110 °C 부근에서 탈착함). 또한 탈착의 속도도 실시예의 경우에는 탈착을 시작하자마자 급격한 기울기를 보이면서 현저히 빠른 속도로 탈착함에 반하여 비교예의 경우에는 완만한 기울기를 보이면서 실시예와는 현저히 느린 속도로 탈착하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 실시예의 경우에는 초기 급격한 탈착 후에도 이산화탄소의 완전한 탈착이 진행됨을 확인할 수 있었으나(180 min 경과한 지점에서 비교적 완전히 탈착이 됨을 확인), 비교예의 경우에는 180 min 지점에서도 실시예에 비해 절반 수준에도 미치지 못하는 정도로 탈착이 진행함을 확인할 수 있었다.

이러한 실험 결과를 통하여 실시예와 비교예는 흡착량에서는 서로 큰 차이를 보이지 않았지만, 실시예의 경우가 비교예에 비하여 탈착 온도를 낮추면서 탈착 속도도 현저히 빠르게 향상시킴을 확인할 수 있어 제조공정의 단순화 및 제조비용의 절감 효과를 현저히 향상시키게 되는 것을 확인하였다.

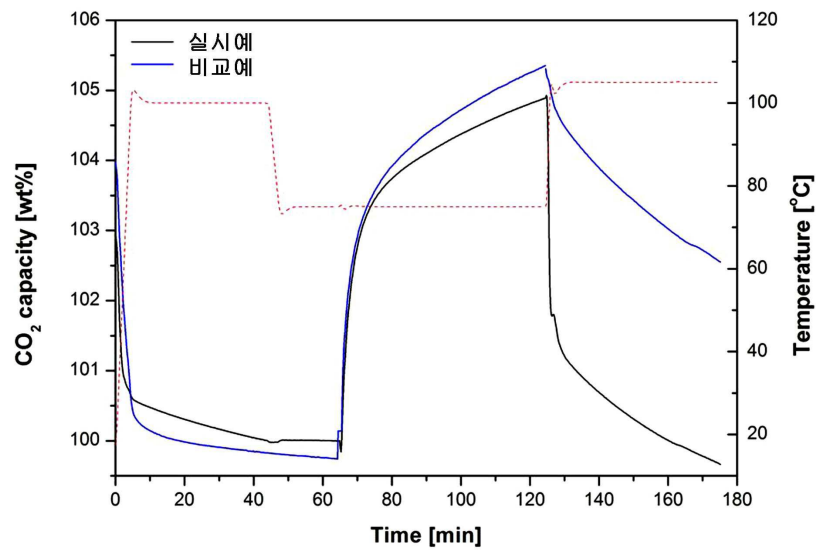
<실험예 2: 반복 흡탈착 공정에서의 안정성 평가>

실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 경우 반복 흡탈착 공정에서도 안정적인 성능을 유지하는 것인지를 확인하는 실험을 진행하였으며, 이의 결과는 하기 도 2에 나타내었다. 하기 도 2에서 확인할 수 있는 바와 마찬가지로 실시예의 경우 건조조건 및 수분조건(상대습도: 5%) 모두에서 사이클이 반복되어도 안정적인 성능을 유지함을 확인하여, 안정성도 우수한 이산화탄소 흡착제임을 확인하였다.

상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니고, 본 발명의 기술 사상 범위 내에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고, 이 또한 첨부된 특허 청구 범위에 속하는 것은 당연하다.

도면

도면1



도면2

