



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0098660

(43) 공개일자 2025년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01J 20/30 (2006.01) B01D 53/14 (2006.01)

B01J 20/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01J 20/3078 (2013.01)

B01D 53/1475 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0190230

(22) 출원일자 2023년12월22일

심사청구일자 2023년12월22일

(71) 출원인

현대건설(주)

서울특별시 중로구 율곡로 75 (계동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김홍석

경기도 용인시 수지구 포은대로 388, 101동 703호

임상순

서울특별시 서초구 서초중앙로 200 삼풍아파트 3동 703호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

전용준

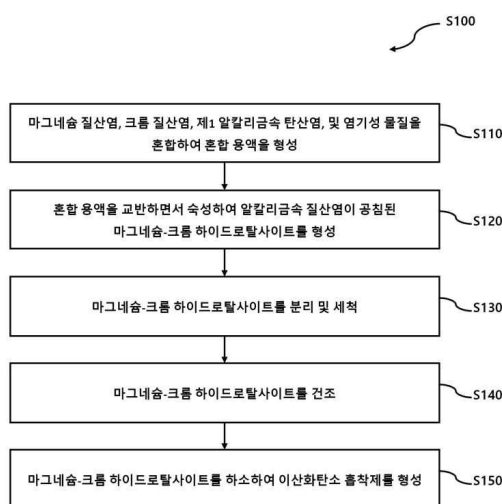
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법 및 이를 이용하여 제조한 이산화탄소 흡착제

(57) 요약

본 발명은, 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법 및 이를 이용하여 제조한 이산화탄소 흡착제를 제공한다. 본 발명의 일실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조 방법은, 마그네슘 질산염, 크롬 질산염, 제1 알칼리금속 탄산염, 및 염기성 물질질을 혼합하여 혼합 용액을 형성하는 단계; 상기 혼합 용액을 교반하면서 숙성하여 알칼리금속 질산염이 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계; 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척하는 단계; 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 건조하는 단계; 및 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01J 20/041 (2013.01)

B01J 20/3204 (2013.01)

B01D 2257/504 (2013.01)

B01J 2220/42 (2013.01)

Y02C 20/40 (2020.08)

(72) 발명자

이기봉

서울특별시 성북구 북악산로 844, 110동 1203호

차민규

서울특별시 성북구 고려대로11길 23, 204호

명세서

청구범위

청구항 1

마그네슘 질산염, 크롬 질산염, 제1 알칼리금속 탄산염, 및 염기성 물질을 혼합하여 혼합 용액을 형성하는 단계;

상기 혼합 용액을 교반하면서 숙성하여 알칼리금속 질산염이 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계;

상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척하는 단계;

상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 건조하는 단계; 및

상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계를 포함하고,

크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 이하 범위인,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 미만 범위인,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계는, 400℃ 내지 600℃ 범위의 온도에서 하소하여 이루어지는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 혼합 용액의 pH는 9 내지 12 범위인,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계는, 50℃ 내지 70℃ 범위의 온도에서 수행되는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 건조하는 단계는, 80℃ 내지 120℃ 범위의 온도에서 수행되는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제1 알칼리금속 탄산염은, 탄산나트륨(Na_2CO_3) 및 탄산칼륨(K_2CO_3) 중 적어도 어느 하나를 포함하는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 염기성 물질은, 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 수산화바륨($\text{Ba}(\text{OH})_2$), 수산화마그네슘($\text{Mg}(\text{OH})_2$), 암모니아(NH_3), 및 탄산수소나트륨(NaHCO_3) 중 적어도 어느 하나를 포함하는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 9

마그네슘 질산염, 크롬 질산염, 제1 알칼리금속 탄산염, 및 염기성 물질을 혼합하여 혼합 용액을 형성하는 단계;

상기 혼합 용액을 교반하면서 숙성하여 알칼리금속 질산염이 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계;

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 제2 알칼리금속 탄산염을 제공하여 함침시키는 단계;

상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척하는 단계;

상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 건조하는 단계; 및

상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계를 포함하고,

크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 이하 범위인,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계는, 400°C 내지 600°C 범위의 온도에서 하소하여 이루어지는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 함침시키는 단계, 상기 분리 및 세척하는 단계 및 상기 건조하는 단계는 반복하여 수행되는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 12

청구항 9에 있어서,

상기 제2 알칼리금속 탄산염은, 탄산나트륨(Na_2CO_3) 및 탄산칼륨(K_2CO_3) 중 적어도 어느 하나를 포함하는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 13

청구항 9에 있어서,

상기 제1 알칼리금속 탄산염은, 탄산나트륨(Na_2CO_3)을 포함하고,

상기 제2 알칼리금속 탄산염은, 탄산칼륨(K_2CO_3)을 포함하는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 14

청구항 9에 있어서,

상기 제2 알칼리금속 탄산염은, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 대하여 10 중량% 내지 30 중량% 범위로 포함되는,

마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법.

청구항 15

청구항 1 내지 청구항 14 중 어느 한 항의 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법으로 제조된, 이산화탄소 흡착제.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 이산화탄소 흡착제는,

마그네슘 산화물과 크롬 산화물로 구성된 복합 산화물; 및

알칼리금속 질산염을 포함하는,

이산화탄소 흡착제.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 이산화탄소 흡착 기술에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법 및 이를 이용하여 제조한 이산화탄소 흡착제에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 온실가스 발생량 증가에 의한 지구온난화가 가속화되면서 전 세계적으로 각종 자연재해가 발생하고 있다. 이에 따라 대표적인 온실가스인 이산화탄소를 저감하기 위한 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 이산화탄소 포집 공정을 도입한 발전시설인 석탄가스화 복합발전(integrated gasification combined cycle, IGCC)에서는 에너지 효율을 위해 250℃ 내지 400℃에서 이산화탄소를 직접 포집하는 것이 이상적이다. 또한, 스팀 메탄 개질(steam methane reforming, SMR) 반응 온도를 유지하기 위한 메탄 연소 후 발생가스에서 고온 열교환 후 250℃ 내지 400℃에서 이산화탄소를 직접 포집할 수 있다면 기존 저온 이산화탄소 포집 방법 적용을 위한 냉각 시설 및 비용을 저감할 수 있는 장점이 있다.

[0003] 이 중 에너지 생산공정에서 배출되는 고온의 이산화탄소를 냉각과정 없이 바로 포집하기 위한 흡착제로 층상 이중 수화물(layered double hydroxide)라고도 불리는 하이드로탈사이트(hydrotalcite)를 사용하며, 흡착 속도가 빠르고 200℃ 내지 500℃의 넓은 온도 범위에 걸쳐 안정적으로 이산화탄소를 흡착하는 장점이 있다.

[0004] 하이드로탈사이트를 제조하기 위한 다양한 합성방법이 존재하며, 그 중 가장 대표적으로 사용되는 공침법은 물에 잘 녹는 질산염 형태의 전구체(nitrate form precursor)를 사용하며 합성 시 pH 조절을 위해 NaOH 용액을 첨가한다.

[0005] 종래의 하이드로탈사이트 기반 이산화탄소 흡착제는 주로 공침법을 통해 제조되었다. 상기 하이드로탈사이트를 제조하기 위한 전구체로 쓰이는 마그네슘 질산염(magnesium nitrate)과 알루미늄 질산염(aluminum nitrate)을 이용한 경우에는, CaO 및 지르코네이트(zirconate) 계열 흡착제에 비해 흡착 성능이 낮은 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국특허출원번호 제10-2015-0104479호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는, 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법 및 이를 이용하여 제조한 이산화탄소 흡착제를 제공하는 것이다.

[0008] 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법은, 마그네슘 질산염, 크롬 질산염, 제1 알칼리금속 탄산염, 및 염기성 물질을 혼합하여 혼합 용액을 형성하는 단계; 상기 혼합 용액을 교반하면서 숙성하여 알칼리금속 질산염이 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계; 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척하는 단계; 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 건조하는 단계; 및 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계를 포함하고, 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 이하 범위이다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 미만 범위일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계는, 400℃ 내지 600℃ 범위의 온도에서 하소하여 이루어질 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 혼합 용액의 pH는 9 내지 12 범위일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계는, 50℃ 내지 70℃ 범위의 온도에서 수행될 수 있다,

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 건조하는 단계는, 80℃ 내지 120℃ 범위의 온도에서 수행될 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 알칼리금속 탄산염은, 탄산나트륨(Na_2CO_3) 및 탄산칼륨(K_2CO_3) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 염기성 물질은, 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 수산화바륨($\text{Ba}(\text{OH})_2$), 수산화마그네슘($\text{Mg}(\text{OH})_2$), 암모니아(NH_3), 및 탄산수소나트륨(NaHCO_3) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법은, 마그네슘 질산염, 크롬 질산염, 제1 알칼리금속 탄산염, 및 염기성 물질을 혼합하여 혼합 용액을 형성하는 단계; 상기 혼합 용액을 교반하면서 숙성하여 알칼리금속 질산염이 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계; 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 제2 알칼리금속 탄산염을 제공하여 함침시키는 단계; 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척하는 단계; 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 건조하는 단계; 및 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계를 포함하고, 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 이하 범위일 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계는, 400℃ 내지 600℃ 범위의 온도에서 하소하여 이루어질 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 함침시키는 단계, 상기 분리 및 세척하는 단계 및 상기 건조하는 단계는 반복하여 수행될 수 있다.

- [0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 알칼리금속 탄산염은, 탄산나트륨(Na_2CO_3) 및 탄산칼륨(K_2CO_3) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 알칼리금속 탄산염은, 탄산나트륨(Na_2CO_3)을 포함하고, 상기 제2 알칼리금속 탄산염은, 탄산칼륨(K_2CO_3)을 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 알칼리금속 탄산염은, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 대하여 10 중량% 내지 30 중량% 범위로 포함될 수 있다.
- [0023] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 이산화탄소 흡착제는 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법으로 제조된다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 이산화탄소 흡착제는, 마그네슘 산화물과 크롬 산화물로 구성된 복합 산화물; 및 알칼리금속 질산염을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 기술적 사상에 따른 이산화탄소 흡착제는 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성되고, 마그네슘 산화물과 크롬 산화물로 구성된 복합 산화물 및 공침된 알칼리금속 질산염을 포함함으로써, 250°C , 1 atm의 이산화탄소 조건에서 12 mol/kg 이상의 이산화탄소 흡착능을 나타내었다. 이는 종래의 Mg-Al 하이드로탈사이트로 형성된 이산화탄소 흡착제의 9 mol/kg에 비하여 높은 수준이다.
- [0026] 또한, 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 제2 알칼리금속 탄산염을 추가하여 함침시킴에 따라 하소된 이산화탄소 흡착제의 염기성을 증가시킴에 따라, 실제 공정에서 발생하는 부생 가스 조건과 비슷한 250°C , 0.15 atm에서도 높은 이산화탄소 흡착능을 나타내었다.
- [0027] 따라서, 상기 이산화탄소 흡착제는 고온 및 저압 이산화탄소 환경에서 우수한 이산화탄소 흡착능을 가지므로, 효율적으로 이산화탄소를 제거할 수 있다.
- [0028] 상술한 본 발명의 효과들은 예시적으로 기재되었고, 이러한 효과들에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 예시적으로 나타내는 모식도이다.
- 도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 흡착 메커니즘을 나타내는 모식도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 예시적으로 나타내는 모식도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 형성된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트의 다양한 Mg/Cr 몰 비율에 대한 X-선 회절 패턴을 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 Mg/Cr 몰 비율에 대한 X-선 회절 패턴을 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 하소 온도에 대한 X-선 회절 패턴을 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 Mg/Cr 몰 비율에 대한 이산화탄소 흡착능을 나타내는 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 하소 온도에 대한 이산화탄소 흡착능을 나타내는 그래프이다.

도 11 및 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제2 알칼리금속 탄산염의 추가에 의한 이산화탄소 흡착능의 변화를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 기술적 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다. 본 명세서에서 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다. 나아가, 도면에서의 다양한 요소와 영역은 개략적으로 그려진 것이다. 따라서, 본 발명의 기술적 사상은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되지 않는다.
- [0031] 본 발명의 기술적 사상은, 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0032] 흡착은 기체, 액체, 용해된 상태의 원자, 분자 또는 이온이 고체 표면에 붙는 과정이며, 주로 고체 흡착제에 기체 분자들이 달라붙는 것을 지칭한다. 종래의 저온 이산화탄소 흡착 방법은 공정에서 발생한 배기 가스를 냉각시키는 과정이 필요하며, 보다 효율적인 이산화탄소 흡착 포집을 위해 고온의 이산화탄소를 직접 흡착할 수 있는 흡착제가 요구된다. 고온의 이산화탄소가 흡착제 내의 금속 산화물에 화학적으로 결합하여 탄산염이 생성되는 반응을 이용할 수 있다.
- [0033] 본 명세서에서 고온의 이산화탄소는, 예를 들어 200℃ 내지 400℃ 범위의 온도의 이산화탄소를 의미한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0035] 도 1를 참조하면, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법(S100)은, 마그네슘 질산염($Mg(NO_3)_2$), 크롬 질산염($Cr(NO_3)_3$), 제1 알칼리금속 탄산염, 및 염기성 물질을 혼합하여 혼합 용액을 형성하는 단계(S110); 상기 혼합 용액을 교반하면서 숙성하여 알칼리금속 질산염이 공침(co-precipitation)된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계(S120); 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척하는 단계(S130); 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 건조하는 단계(S140); 및 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소(calcination)하여 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계(S150);를 포함한다.
- [0036] 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 이하 범위일 수 있다. 또한, 상기 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 미만 범위일 수 있다.
- [0037] 상기 혼합 용액을 형성하는 단계(S110)는, 마그네슘 질산염($Mg(NO_3)_2$), 크롬 질산염($Cr(NO_3)_3$), 제1 알칼리금속 탄산염, 및 염기성 물질을 혼합하여 이루어질 수 있다.
- [0038] 상기 제1 알칼리금속 탄산염은, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하기 위하여 탄산 음이온(CO_3^{2-})을 제공하는 기능을 수행할 수 있다. 상기 제1 알칼리금속 탄산염은, 예를 들어 탄산나트륨(Na_2CO_3) 및 탄산칼륨(K_2CO_3) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0039] 상기 혼합 용액의 pH는 9 내지 12 범위일 수 있다.
- [0040] 상기 염기성 물질은 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하기 위하여 상기 혼합 용액의 pH를 9 내지 12 범위의 염기 상태로 조절하는 기능을 수행할 수 있다. 상기 염기성 물질은, 예를 들어 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화칼슘($Ca(OH)_2$), 수산화바륨($Ba(OH)_2$), 수산화마그네슘($Mg(OH)_2$), 암모니아(NH_3), 및 탄산수소나트륨($NaHCO_3$) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0041] 상기 혼합 용액을 형성하는 단계(S110)는, 상온에서 수행될 수 있고, 예를 들어 0℃ 내지 40℃ 범위의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0042] 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계(S120)는, 상기 혼합 용액을 교반하면서 숙성하여 이루어질 수 있고, 이에 따라 알칼리금속 질산염이 공침된 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성할 수 있다. 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계(S120)는, 예를 들어 50℃ 내지 70℃ 범위의 온도에서 1 시간 내지 24 시간 동안 수행될 수 있다.
- [0043] 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트는, 하기의 반응식에 의하여 형성될 수 있다.
- [0044] $(1-x) \text{Mg}^{2+} (\text{NO}_3^-)_2 + x \text{Cr}^{3+} (\text{NO}_3^-)_3 + x/2 \text{A}_2\text{CO}_3 + n\text{NaOH} + m\text{H}_2\text{O}$
- [0045] $[\text{Mg}^{2+}_{1-x} \text{Cr}^{3+}_x (\text{OH})_2]^{x+} [(\text{CO}_3)_{x/2} \text{mH}_2\text{O}]^{x-} \text{kANO}_3 + h\text{NaOH}$
- [0046] 여기서, x의 범위는 $0.03 < x < 0.1$ 이고, A_2CO_3 는 제1 알칼리금속 탄산염이고, A는 알칼리 금속이며, n, m, k 및 h은 반응 조건에 따라 변하는 값이다.
- [0047] 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트는, 화학식 $[\text{Mg}^{2+}_{1-x} \text{Cr}^{3+}_x (\text{OH})_2]^{x+} [(\text{CO}_3)_{x/2} \text{H}_2\text{O}]^{x-} \text{ANO}_3$ 으로 표시되는, 알칼리 금속(A) 질산염이 공침된 물질일 수 있다. 여기에서, $0.03 < x < 0.1$ 일 수 있다.
- [0048] 예를 들어, 상기 알칼리 금속(A)이 나트륨(Na)인 경우에는, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트는, 하기의 화학식으로 표시될 수 있다. 여기에서, $0.03 < x < 0.1$ 일 수 있다.
- [0049] $[\text{Mg}^{2+}_{1-x} \text{Cr}^{3+}_x (\text{OH})_2]^{x+} [(\text{CO}_3)_{x/2} \text{H}_2\text{O}]^{x-} \text{NaNO}_3$
- [0050] 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에서, 상기 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은, 예를 들어 20 내지 30일 수 있고, 예를 들어 20 초과 내지 26 이하일 수 있다. 더 나아가, 상기 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 미만 범위일 수 있다.
- [0051] 이러한 몰 비율을 달성하도록, 상기 마그네슘 질산염($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)과 상기 크롬 질산염($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$)의 혼합 비율을 조정할 수 있다.
- [0052] 상기 분리 및 세척하는 단계(S130)는, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 대하여 1:0.3 내지 0.5 부피 비율의 증류수를 투입한 후에, 진공 펌프(vacuum filtration) 등을 이용하여 수행할 수 있다.
- [0053] 상기 건조하는 단계(S140)는, 예를 들어 80℃ 내지 120℃ 범위의 온도에서 1 시간 내지 24 시간 동안 수행될 수 있다.
- [0054] 상기 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계(S150)는 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 퍼니스에 장입하여 400℃ 내지 600℃ 범위의 온도에서 1 시간 내지 5 시간 동안 하소(calcination)하여 이루어질 수 있다.
- [0055] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 예시적으로 나타내는 모식도이다.
- [0056] 도 2를 참조하면, 상기 마그네슘 질산염($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)으로 마그네슘 질산염 육수화물($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), 상기 크롬 질산염($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$)으로 크롬 질산염 구수화물($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), 상기 제1 알칼리금속 탄산염으로 탄산나트륨(Na_2CO_3), 상기 염기성 물질로 수산화나트륨(NaOH)을 혼합하여 혼합 용액을 형성한다.
- [0057] 이어서, 상기 혼합 용액을, 예를 들어, 60℃에서 24 시간 동안 교반하면서 숙성하여, 알칼리금속 질산염, 예를 들어 질산 나트륨(NaNO_3)이 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성한다.
- [0058] 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 대하여, 예를 들어, 1:0.4 부피 비율의 증류수를 투입한 후에, 진공 펌프(vacuum filtration) 등을 이용하여, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척한다.
- [0059] 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 오븐에 장입한 후, 예를 들어, 110℃에서 24 시간 동안 건조시킨다.
- [0060] 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 퍼니스에 장입한 후, 예를 들어, 500℃에서 3 시간 동안 하소시킨다.

- [0061] 도 3는 본 발명의 일실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 흡착 메커니즘을 나타내는 모식도이다.
- [0062] 도 3을 참조하면, 상기 이산화탄소 흡착제는, 마그네슘 산화물(MgO)과 크롬 산화물(Cr_2O_3)로 구성된 복합 산화물(mixed oxide) 및 알칼리금속 질산염, 예를 들어 질산 나트륨(NaNO_3)를 포함할 수 있다. 상기 알칼리금속 질산염은 상기 복합 산화물 구조에 공침된 상태로 존재할 수 있다. 상기 알칼리금속 질산염은 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성할 때 공침되어 제공된 물질일 수 있다.
- [0063] 상기 이산화탄소 흡착제에 200℃ 내지 400℃ 범위의 고온의 이산화탄소가 제공되면, 상기 알칼리금속 질산염에 이산화탄소가 흡착될 수 있다. 이와 더불어, 상기 복합 산화물을 구성하는 금속 또는 산소에 대하여 이산화탄소가 흡착될 수 있다. 상기 이산화탄소의 흡착은 200℃ 내지 400℃에서 수행될 수 있다. 400℃ 이상에서 흡착능이 급격히 감소할 수 있다.
- [0064] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0065] 도 4를 참조하면, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법(S200)은, 마그네슘 질산염($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), 크롬 질산염($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$), 제1 알칼리금속 탄산염, 및 염기성 물질을 혼합하여 혼합 용액을 형성하는 단계(S210); 상기 혼합 용액을 교반하면서 숙성하여 알칼리금속 질산염이 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하는 단계(S220); 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 제2 알칼리금속 탄산염을 제공하여 함침시키는 단계(S225); 상기 제2 알칼리금속 탄산염이 함침된 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척하는 단계(S230); 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 건조하는 단계(S240); 및 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계(S250);를 포함한다.
- [0066] 도 4의 제조방법은, 도 1을 참조하여 상술한 제조방법과 비교하면, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 제2 알칼리금속 탄산염을 제공하여 함침시키는 단계(S225)를 더 포함하는 차이점이 있다. 본 실시예에서, 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 이하 범위일 수 있다. 더 나아가, 상기 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 미만 범위일 수 있다. 상기 이산화탄소 흡착제를 형성하는 단계는, 400℃ 내지 600℃ 범위의 온도에서 하소하여 이루어질 수 있다. 도 1을 참조하여 상술한 실시예와 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0067] 상기 제2 알칼리금속 탄산염은, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트의 형성을 위하여 제공된 것이 아니고, 기 형성된 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트의 이산화탄소 흡착력을 더욱 증진시키기 위하여 추가로 제공되는 물질임에 유의한다.
- [0068] 상기 제2 알칼리금속 탄산염은 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 대하여, 예를 들어 10 중량% 내지 30 중량% 범위로 포함될 수 있다.
- [0069] 상기 제2 알칼리금속 탄산염은, 예를 들어 탄산나트륨(Na_2CO_3) 및 탄산칼륨(K_2CO_3) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 상기 제1 알칼리금속 탄산염과 제2 알칼리금속 탄산염은 동일한 물질이거나 또는 서로 다른 물질일 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 알칼리금속 탄산염은, 탄산나트륨(Na_2CO_3)을 포함하고, 상기 제2 알칼리금속 탄산염은, 탄산칼륨(K_2CO_3)을 포함할 수 있다.
- [0070] 상기 제2 알칼리금속 탄산염을 균일하게 분포시키기 위하여, 상기 함침시키는 단계(S225), 분리 및 세척하는 단계(S230), 및 상기 건조하는 단계(S240)를 반복하여 수행할 수 있다.
- [0071] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 예시적으로 나타내는 모식도이다.
- [0072] 도 5를 참조하면, 상기 마그네슘 질산염($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)으로 마그네슘 질산염 육수화물($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), 상기 크롬 질산염($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$)으로 크롬 질산염 구수화물($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), 상기 제1 알칼리금속 탄산염으로 탄산나트륨(Na_2CO_3), 상기 염기성 물질로 수산화나트륨(NaOH)을 이용하여, 상기 제2 알칼리금속 탄산염으로 탄산칼륨(K_2CO_3)을 이용한 경우가 나타나 있다.
- [0073] 상술한 방법에 따라 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성한 후, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 탄

산칼륨(K_2CO_3)을 제공하여 함침한다. 이후, 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척하고, 110℃에서 24 시간 건조한다. 필요한 경우, 상기 단계들을 반복하여 수행할 수 있다. 이어서, 500℃에서 3시간 하소하여 이산화탄소 흡착제를 형성한다.

[0074] 실험예

[0075] 이하에서는 본 발명의 이해를 돕기 위한 실험예에 대해서 설명한다. 하기의 실험예는 발명의 이해를 돕기 위해 제시되는 것이며, 본 발명의 하기 실험예로 한정되는 것은 아니다.

[0076] 마그네슘 질산염($Mg(NO_3)_2$), 크롬 질산염($Cr(NO_3)_3$), 탄산나트륨(Na_2CO_3)을 혼합하여 혼합 용액을 형성하고, NaOH 용액을 주입하여 pH를 10으로 조절하였다. 상기 혼합 용액을 60℃에서 24 시간 동안 교반하면서 숙성하여 질산나트륨($NaNO_3$)이 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 형성하였다. 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 대하여 1:0.4 부피 비율의 증류수를 투입한 후에, 진공 펌프(vacuum filtration) 등을 이용하여, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 분리 및 세척하였다. 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 오븐에 장입한 후, 110℃에서 24 시간 동안 건조하였다. 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 퍼니스에 장입한 후, 다양한 온도에서 하소하여 이산화탄소 흡착제를 형성하였다.

[0077] 상기 이산화탄소 흡착제의 흡착능에 대한 상기 Mg/Cr 몰 비율의 영향을 분석하기 위하여, Mg/Cr 몰 비율을, 2, 3, 18, 20, 22, 26, 및 30로 변화시켰다.

[0078] 또한, 상기 이산화탄소 흡착제의 흡착능에 대한 하소 온도의 영향을 분석하기 위하여, 하소 온도는 400℃, 500℃, 600℃ 및 700℃로 변화시켰다,

[0079] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 형성된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트의 다양한 Mg/Cr 몰 비율에 대한 X-선 회절 패턴을 나타내는 그래프이다.

[0080] 도 6을 참조하면, 상기 Mg/Cr 몰 비율이 18 내지 30에서는, $Mg(OH)_2$ 피크, Na_2CO_3 피크, 및 $NaNO_3$ 피크가 명확하게 나타났고, 이에 따라 $NaNO_3$ 가 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트의 형성을 확인할 수 있다. 그러나, 상기 Mg/Cr 몰 비율이 2 및 3에서는, 이러한 피크들의 크기가 불분명하게 나타났고, 따라서 $NaNO_3$ 가 공침된 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트가 불충분하게 형성된 것으로 분석되고, $NaNO_3$ 의 공침도 불분명함을 알 수 있다.

[0081] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 Mg/Cr 몰 비율에 대한 X-선 회절 패턴을 나타내는 그래프이다.

[0082] 도 7을 참조하면, 500℃에서 3시간 동안 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 Mg/Cr 몰 비율에 대한 X-선 회절 패턴이 나타나 있다. 상기 Mg/Cr 몰 비율이 18 내지 30에서는, MgO 피크, Ca_2O_3 피크, 및 $NaNO_3$ 피크가 명확하게 나타났고, 이에 따라 마그네슘 산화물(MgO)과 크롬 산화물(Cr_2O_3)로 구성된 복합 산화물과 알칼리금속 질산염, 즉 질산나트륨($NaNO_3$)의 형성을 확인할 수 있다. 그러나, 상기 Mg/Cr 몰 비율이 2 및 3에서는, $NaNO_3$ 피크를 관찰하기 어려웠고, 이는 $NaNO_3$ 의 형성이 미약하였기 때문으로 분석된다.

[0083] 즉, 원하는 이산화탄소 흡착제를 형성하기 위하여는, 알칼리금속 질산염, 예를 들어 질산나트륨($NaNO_3$)이 형성될 필요가 있고, 이를 위하여 Mg/Cr 몰 비율이 18 내지 30인 것이 바람직하다.

[0084] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 하소 온도에 대한 X-선 회절 패턴을 나타내는 그래프이다.

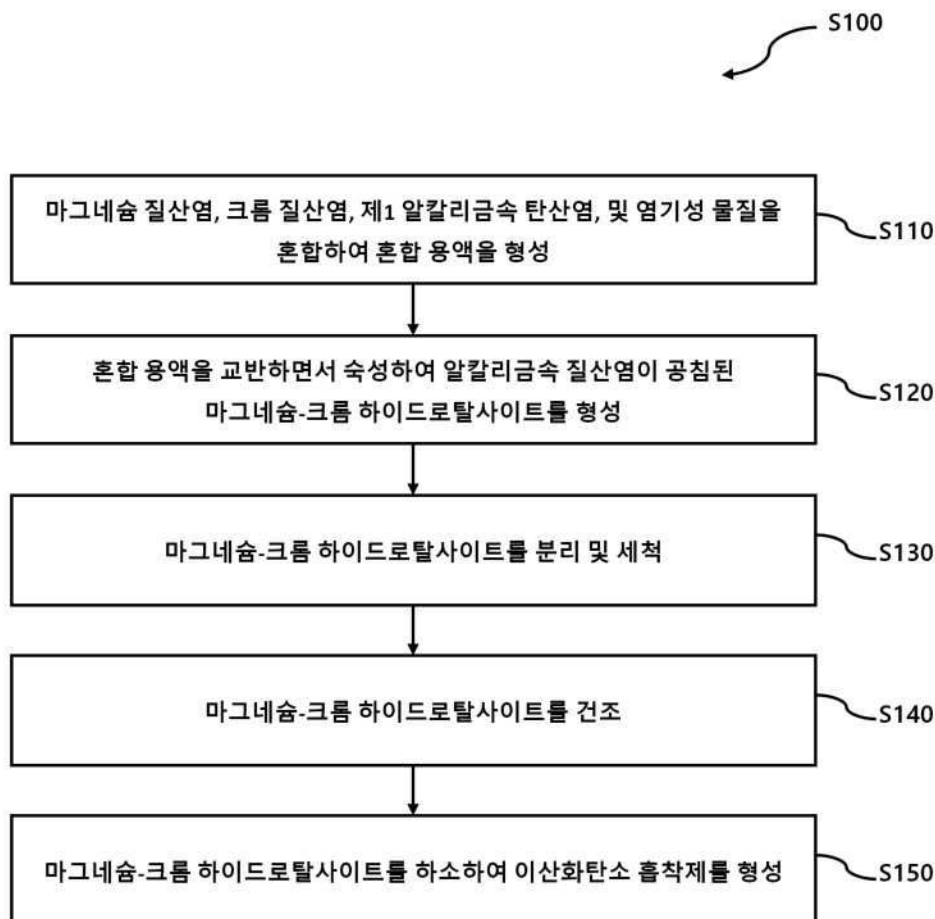
[0085] 도 8을 참조하면, Mg/Cr 몰 비율이 22이고, 다양한 하소 온도에서 3시간 동안 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 하소 온도에 대한 X-선 회절 패턴이 나타나 있다. 상기 하소 온도가 400℃ 내지 600℃에서는, MgO 피크, Ca_2O_3 피크, 및 $NaNO_3$ 피크가 명확하게 나타났고, 이에 따라 마그네슘 산화물(MgO)과 크롬 산화물(Cr_2O_3)로 구성된 복합 산화물과 알칼리금속 질산염($NaNO_3$)의 형성을 확인할 수 있다. 그러나, 상기 하소 온도가 700℃에서는, $NaNO_3$ 피크를 관찰하기 어려웠다. 이는 높은 하소 온도에 의하여 $NaNO_3$ 가 분해되기 때문으로 분석된다. 따라서, 원하는 이산화탄소 흡착제를 형성하기 위하여는, 하소 온도가 400℃ 내지 600℃ 범위인 것이 바람직하다.

- [0086] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 Mg/Cr 몰 비율에 대한 이산화탄소 흡착능을 나타내는 그래프이다.
- [0087] 도 9를 참조하면, 500℃에서 3시간 동안 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제에 250℃의 온도 및 1 atm의 압력의 이산화탄소를 제공한 경우의 이산화탄소 흡착능이 나타나 있다. 상기 Mg/Cr 몰 비율이 증가됨에 따라, 상기 이산화탄소 흡착제의 이산화탄소 흡착능이 증가되는 경향을 나타내었다. 특히, 상기 Mg/Cr 몰 비율이 22인 이산화탄소 흡착제가 가장 높은 이산화탄소 흡착능을 나타내었다. 따라서, 우수한 이산화탄소 흡착능을 얻기 위하여, 상기 Mg/Cr 몰 비율은 20 내지 30 범위일 수 있고, 또한 상기 Mg/Cr 몰 비율은 20 초과 내지 26 이하 범위일 수 있고, 상기 크롬(Cr)에 대한 마그네슘(Mg)의 몰 비율(Mg/Cr)은 20 초과 내지 26 미만 범위일 수 있다.
- [0088] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 다양한 하소 온도에 대한 이산화탄소 흡착능을 나타내는 그래프이다.
- [0089] 도 10을 참조하면, Mg/Cr 몰 비율이 22이고, 다양한 하소 온도에서 3시간 동안 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제에 250℃의 온도 및 1 atm의 압력의 이산화탄소를 제공한 경우의 이산화탄소 흡착능이 나타나 있다. 상기 하소 온도는 400℃ 내지 600℃ 범위에서 우수한 이산화탄소 흡착능을 나타내었고, 특히 상기 하소 온도가 500℃인 경우에 가장 높은 이산화탄소 흡착능을 나타내었다. 반면, 상기 하소 온도가 700℃인 경우에는, 이산화탄소 흡착능이 급격하게 저하되었다. 따라서, 우수한 이산화탄소 흡착능을 얻기 위하여, 상기 하소 온도는 400℃ 내지 600℃ 범위가 바람직하다.
- [0090] 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트는 상기 Mg/Cr 몰 비율이 2 내지 3 수준의 작은 값을 가질 때 매우 낮은 이산화탄소 흡착능을 나타내며, 상기 Mg/Cr 몰 비율이 18 이상일 때 이산화탄소 흡착능이 급격히 상승하였다. 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트의 경우에는, 합성 과정에서 질산 계열의 전구체를 사용하며, 상기 Mg/Cr 몰 비율에 따라 합성된 상기 이산화탄소 흡착제 내에 생성되는 질산나트륨(NaNO_3) 양이 달라지게 된다.
- [0091] 상기 이산화탄소 흡착제 내의 질산나트륨은 염기성을 가지므로, 산성의 이산화탄소의 흡착을 증진시킬 수 있다. 또한, 상기 질산나트륨은, 하소 후 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트 내에 존재하는 마그네슘 산화물(MgO)의 구조에서 마그네슘 이온(Mg^{2+})과 산소 이온(O^{2-}) 사이의 결합에너지를 감소시키므로, $\text{Mg}^{2+} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3$ 와 같은 반응에 의한 화학적 흡착을 촉진시킬 수 있다.
- [0092] 반면, 상기 이산화탄소 흡착제 내의 상기 질산나트륨 양이 지나치게 많을 경우에는, 상기 이산화탄소 흡착제의 기공을 폐쇄시켜 오히려 이산화탄소 흡착능을 저하시킬 수 있다.
- [0093] 따라서, 이산화탄소 흡착 성능을 높이기 위한 최적의 질산나트륨 양이 존재하며, 이를 합성 과정에서 Mg/Cr 몰 비율을 조절해가며 최적화한 결과, 상기 Mg/Cr 몰 비율이 22일 때 가장 높은 이산화탄소 흡착 성능을 가지는 것으로 분석된다.
- [0094] 또한, 가장 높은 흡착 성능을 보인 상기 Mg/Cr 몰 비율이 22인 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 대해서 소성 온도를 400℃ 내지 700℃로 변화시키며, 구조 및 흡착능을 분석하였다. 소성 온도가 400℃에서 500℃로 증가할 때, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트 내에 존재하는 질산나트륨의 양은 큰 차이가 없지만, 금속산화물 표면에 질산나트륨이 더욱 균일하게 녹아 분포하게 되며, 이에 따라 이산화탄소 흡착능이 증가하는 것으로 분석된다. 반면, 소성 온도가 600℃를 초과하면, 상기 질산나트륨이 분해되므로, 이산화탄소 흡착능이 감소되는 것으로 분석된다. 소성 온도가 700℃에서는, 상기 질산나트륨이 완전히 분해되어 상기 이산화탄소 흡착제 내에 더 이상 존재하지 않게 되어, 이산화탄소 흡착능이 크게 감소되는 것으로 분석된다.
- [0095] 이하에서는 제2 알칼리금속 탄산염을 사용하여 형성한 이산화탄소 흡착제에 대하여 설명하기로 한다.
- [0096] 상술한 바와 같이, 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 이용하여 형성한 이산화탄소 흡착제는 1 atm의 이산화탄소 조건에서는 매우 높은 이산화탄소 흡착능을 나타내었으나, 실제 공정에서 발생하는 부생 가스 조건과 비슷한 250℃, 0.15 atm의 이산화탄소 조건에서는 이산화탄소 흡착능이 급격히 감소하였다. 따라서, 이를 개선하고자 제2 알칼리금속 탄산염을 상기 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트에 대하여 20 중량%로 함침하여 이산화탄소 흡착제를 형성하였다.
- [0097] 도 11 및 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소 흡착제의 제조방법에 의하여 마그네슘-크롬 하이드로탈사이트를 하소하여 형성한 이산화탄소 흡착제의 제2 알칼리금속 탄산염의 추가에 의한 이산화탄소 흡착능의 변화를 나타내는 그래프이다.

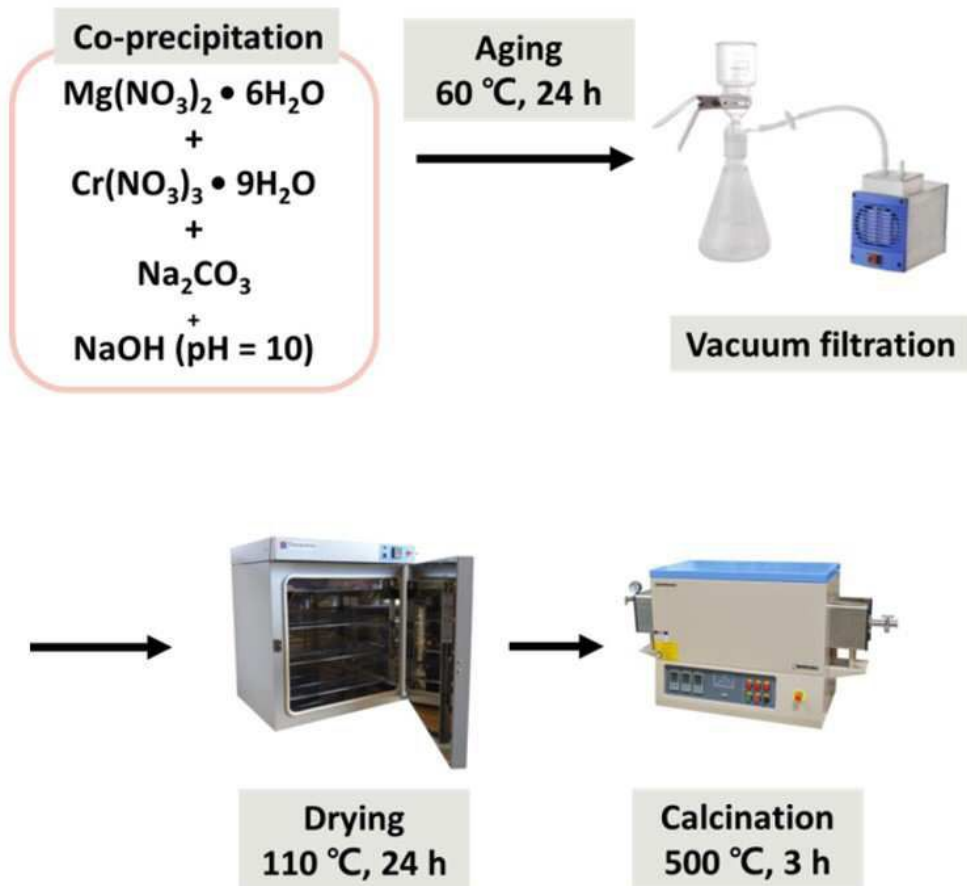
- [0098] 도 11은 상기 Mg/Cr 몰 비율이 22인 경우이고, 도 12는 상기 Mg/Cr 몰 비율이 20인 경우이고, 상기 제2 알칼리 금속 탄산염으로 탄산칼륨(K_2CO_3)을 20중량% 함유한 경우이다. 하소 조건은 500℃에서 3시간이다. 이산화탄소는 250℃의 온도 및 0.15 atm의 압력이었다.
- [0099] 도 11 및 도 12를 참조하면, 상기 제2 알칼리금속 탄산염이 포함되지 않는 경우에는 낮은 이산화탄소 압력에 기인하여 이산화탄소 흡착능이 매우 저하됨을 알 수 있다. 그러나, 탄산칼륨(K_2CO_3)을 20중량% 함유한 경우에는, 이산화탄소 흡수능이 약 6배 수준으로 증가됨을 알 수 있다.
- [0100] 약산성을 가지는 이산화탄소는 이산화탄소 흡착제의 염기성이 증가되면 흡착이 더 잘되는 경향이 있다. 추가로 제공된 탄산칼륨(K_2CO_3)에 의하여 상기 이산화탄소 흡착제의 염기성이 증가되고, 이에 따라 이산화탄소 흡수능이 증가된 것으로 분석된다.
- [0101] 이상에서 설명한 본 발명의 기술적 사상이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명의 기술적 사상이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

도면

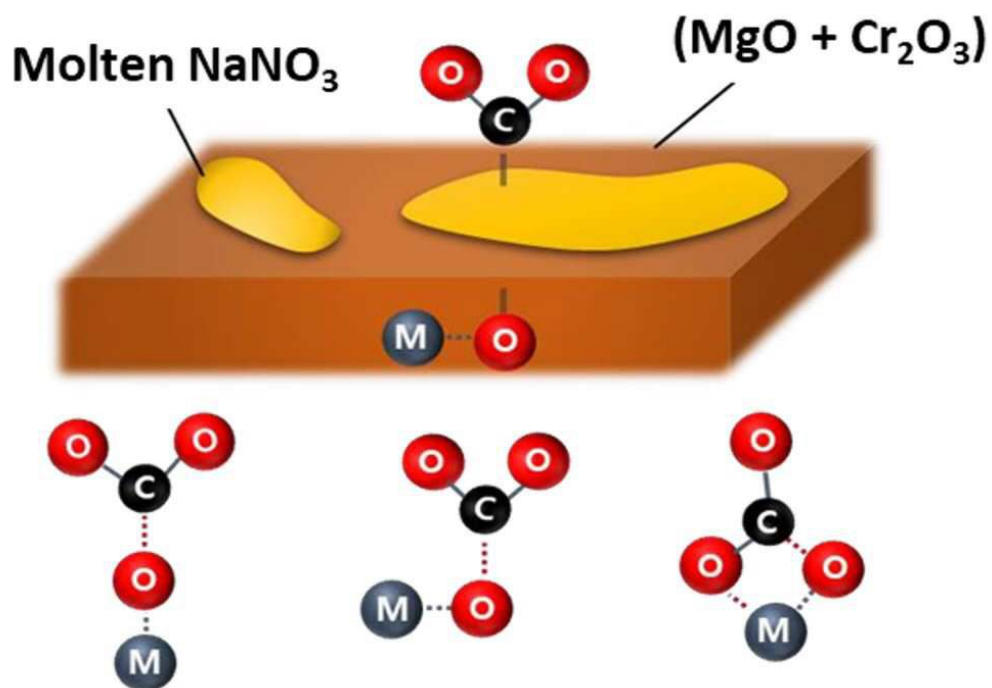
도면1



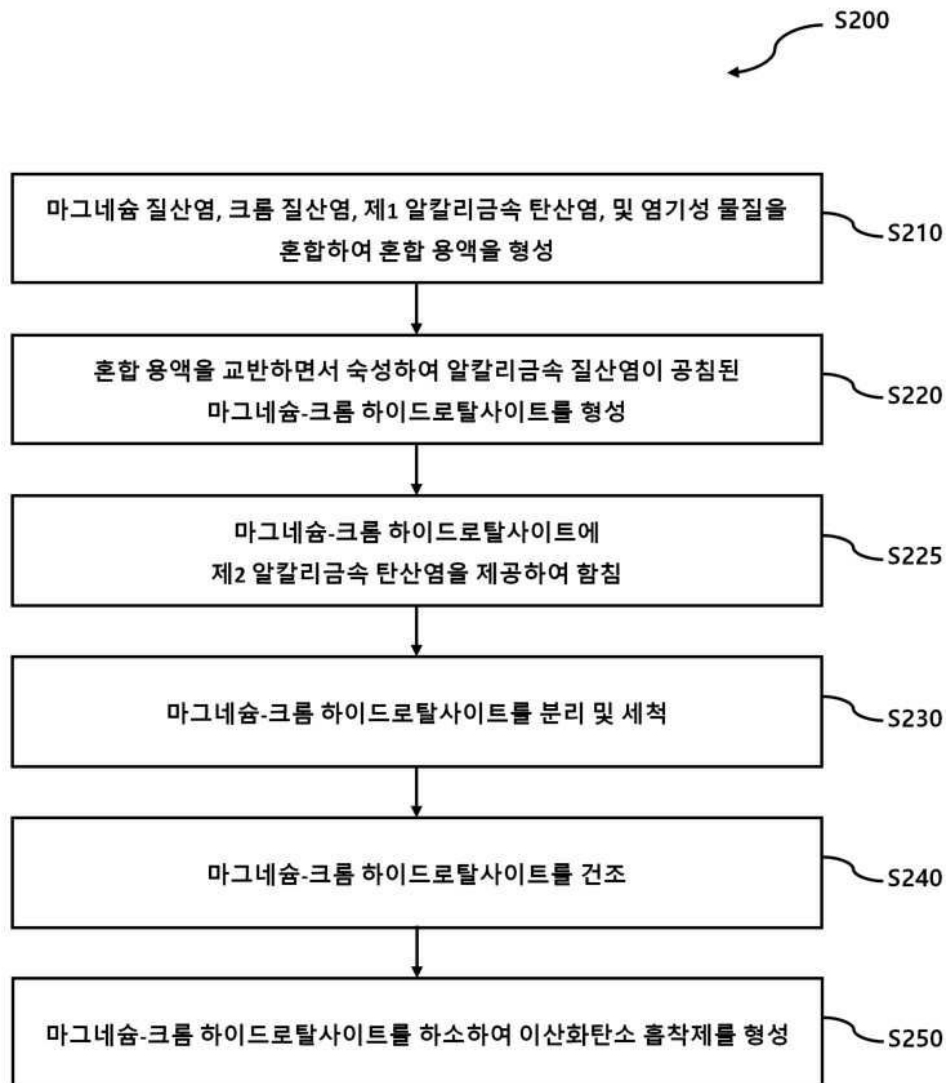
도면2



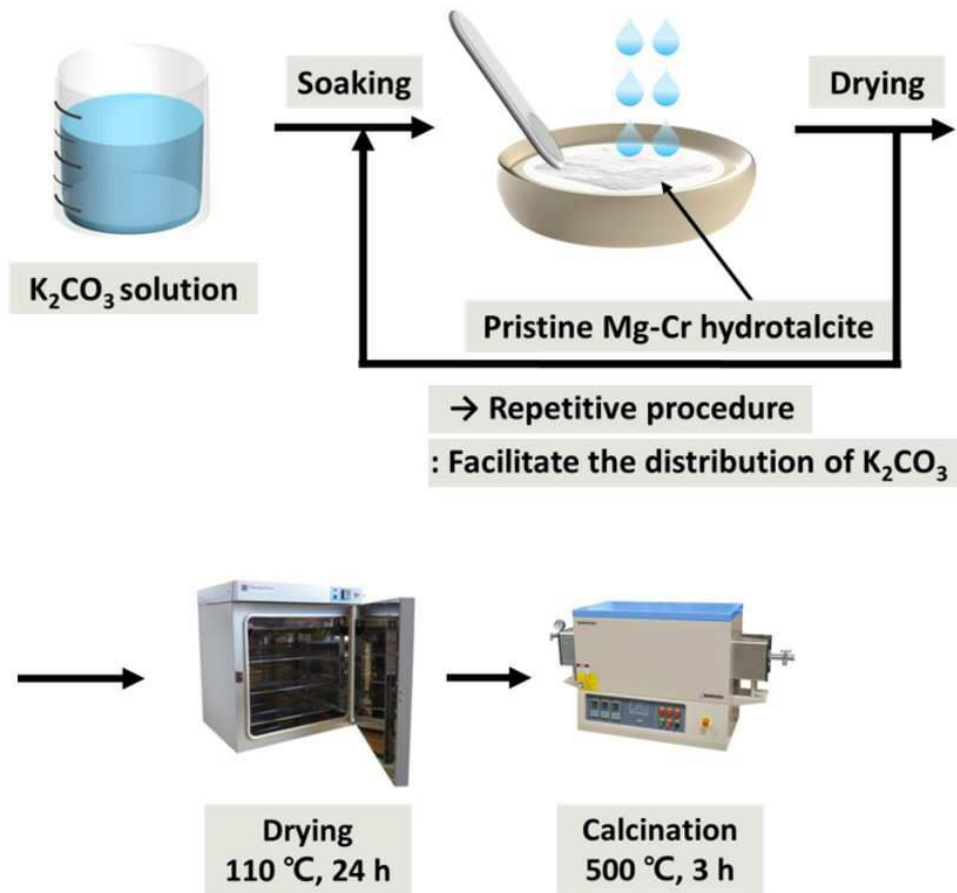
도면3



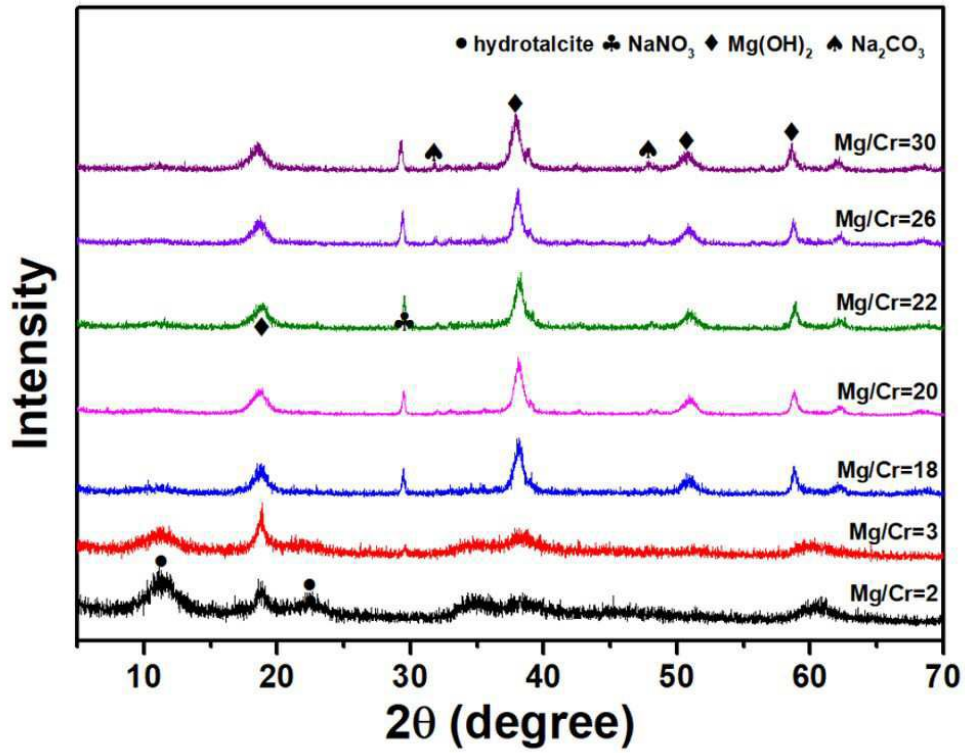
도면4



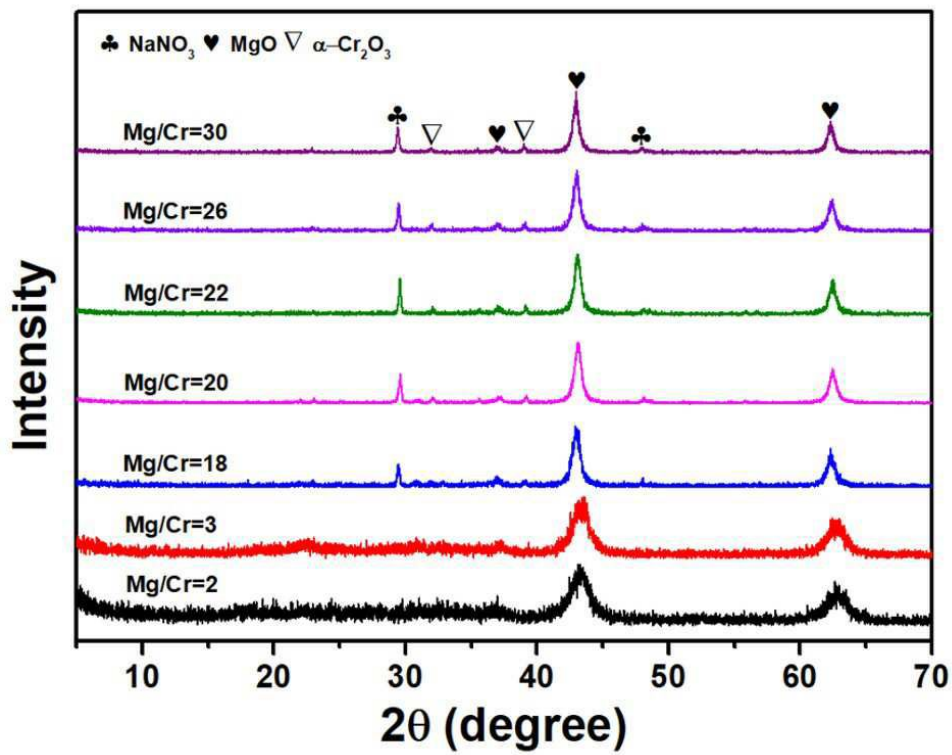
도면5



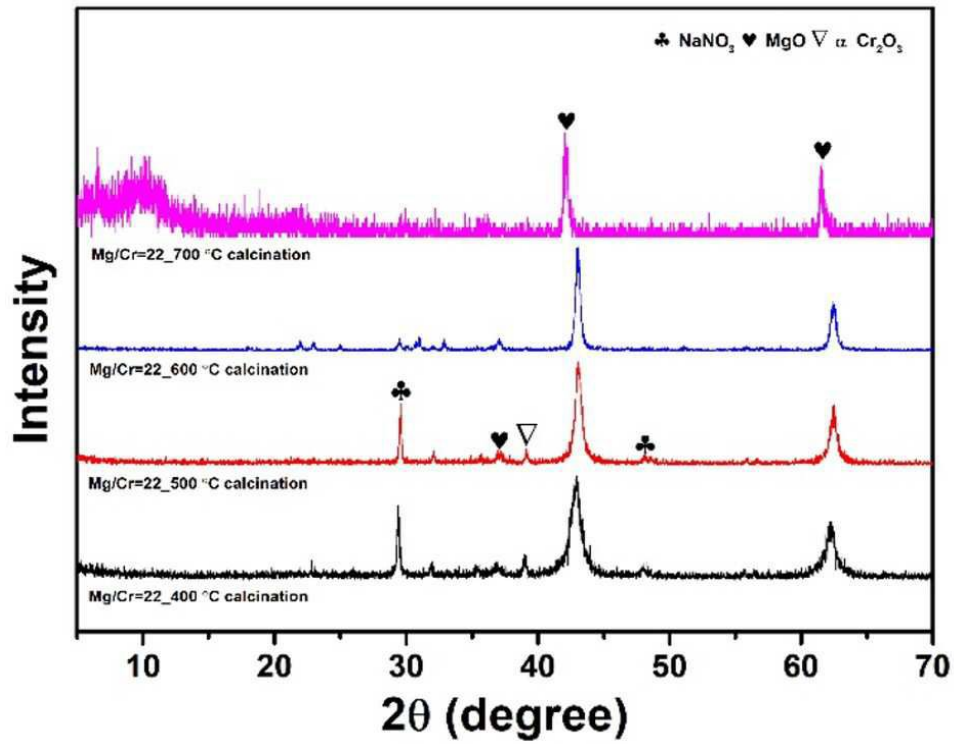
도면6



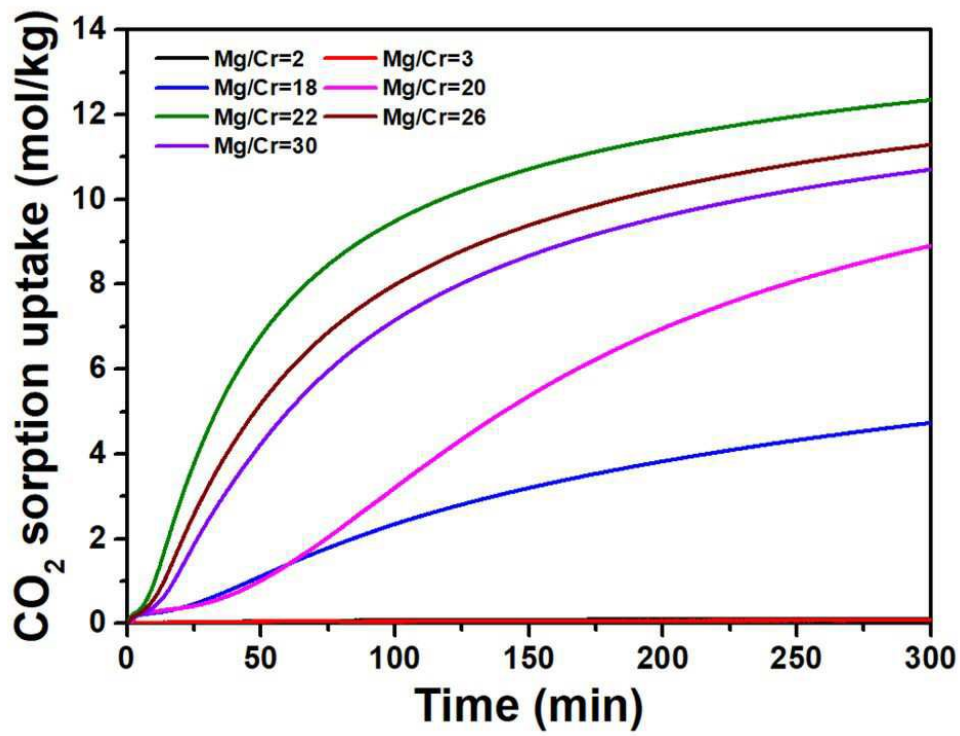
도면7



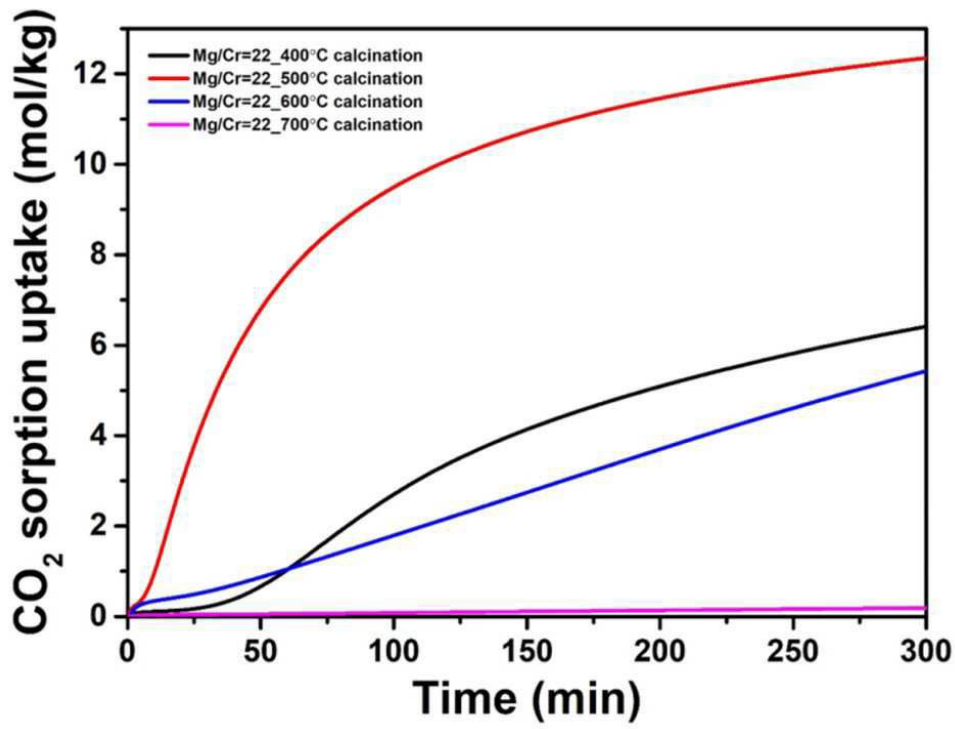
도면8



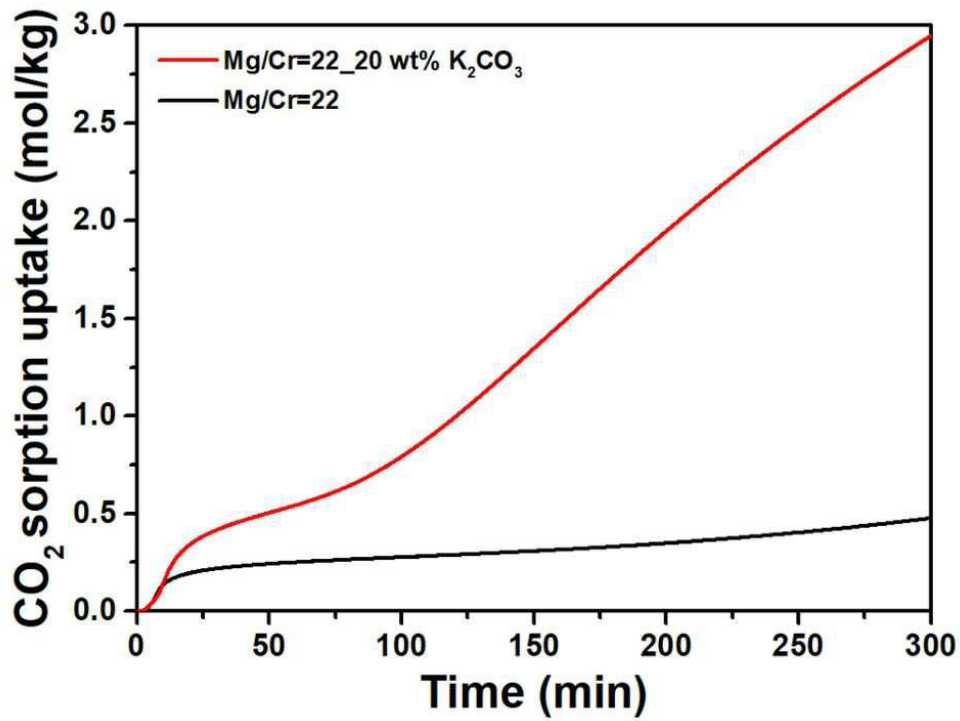
도면9



도면10



도면11



도면12

