



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0096437
(43) 공개일자 2025년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 32/324 (2017.01) B01J 20/20 (2018.01)
C01B 32/342 (2017.01)
(52) CPC특허분류
C01B 32/324 (2017.08)
B01J 20/20 (2018.01)
(21) 출원번호 10-2023-0187683
(22) 출원일자 2023년12월20일
심사청구일자 2023년12월20일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이기봉
서울특별시 성북구 북악산로 844, 110동 1203호(돈암동, 브라운스톤 돈암 아파트)
조문경
서울특별시 성동구 마장로 271, 103동 903호(마장동, 삼성아파트)
리슈양준
Peiyang Park Campus, Tianjin University,
No.135 Yaguan Road, Haihe Education Park,
Tianjin, China
(74) 대리인
송인호, 윤형근, 최관락

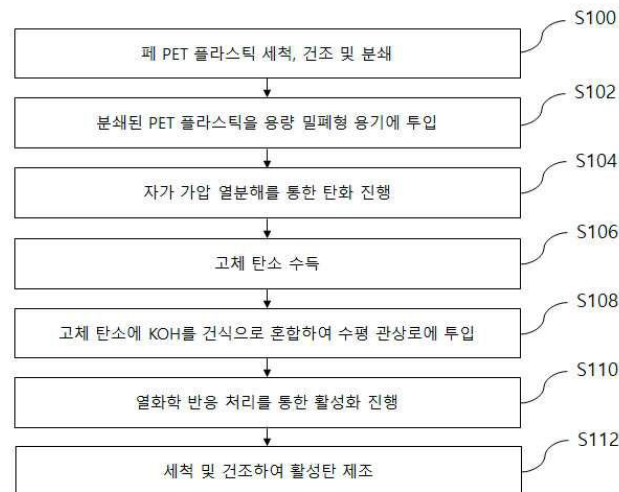
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 자가 가압 열분해를 이용한 수율이 향상된 폐 PET 플라스틱 유래 활성탄 제조 방법 및 이에 의해 제조된 이산화탄소 흡착제

(57) 요약

본 발명은 자가 가압 열분해를 이용한 수율이 향상된 폐 PET 플라스틱 유래 활성탄 제조 방법 및 이에 의해 제조된 이산화탄소 흡착제를 개시한다. 본 발명에 따르면, 폐 PET 플라스틱을 소정 크기 이하의 조각들로 분쇄하는 단계; 상기 분쇄된 조각들을 용량 밀폐형 반응기에 투입하는 단계; 질소 분위기 하에서 상기 용량 밀폐형 반응기를 미리 설정된 탄화 온도로 가열하여 자가 가압 열분해 반응을 통해 상기 조각들을 탄화하는 단계; 상기 탄화에 의해 수득된 탄소 고체를 KOH와 건식 혼합하는 단계; 및 상기 혼합에 의한 혼합물을 미리 설정된 활성화 온도에서 미리 설정된 시간 동안 열화학 반응 처리하는 단계를 포함하는 활성탄 제조 방법이 제공된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C01B 32/342 (2017.08)

C01P 2004/64 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711194441
과제번호	00209028
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	전기 스윙 CO2 흡착 공정 적용을 위한 폐기물 기반 다공성 탄소 소재 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711198050
과제번호	00221529
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	중수소 생산 혁신기술 개발 기초연구실
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2023.06.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

폐 PET 플라스틱을 소정 크기 이하의 조각들로 분쇄하는 단계;

상기 분쇄된 조각들을 용량 밀폐형 반응기에 투입하는 단계;

질소 분위기 하에서 상기 용량 밀폐형 반응기를 미리 설정된 탄화 온도로 가열하여 자가 가압 열분해 반응을 통해 상기 조각들을 탄화하는 단계;

상기 탄화에 의해 수득된 탄소 고체를 KOH와 건식 혼합하는 단계; 및

상기 혼합에 의한 혼합물을 미리 설정된 활성화 온도에서 미리 설정된 시간 동안 열화학 반응 처리하는 단계를 포함하는 활성탄 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 탄화하는 단계는,

상기 용량 밀폐형 반응기를 미리 설정된 가열 속도로 상기 탄화 온도까지 가열하는 단계; 및

상기 탄화 온도에서 30분동안 유지하는 단계를 포함하는 활성탄 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 활성화 온도는 1 nm 이하의 미세기공의 발달을 위해 600 내지 900 ° C 범위를 갖는 활성탄 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 건식 혼합하는 단계는,

상기 고체 탄소와 분말 형태의 KOH의 질량비가 1:2가 되도록 혼합하는 활성탄 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 열화학 반응 처리하는 단계 이후,

상기 열화학 반응 처리를 통해 수득된 활성화 소재를 HCl 용액 및 증류수를 이용하여 세척하는 단계; 및

소정 온도에서 건조하여 최종 분말 형태의 활성탄을 수득하는 단계를 더 포함하는 활성탄 제조 방법.

청구항 6

제1항에 따른 방법을 통해 제조된 활성탄.

청구항 7

제1항에 따른 방법을 통해 제조된 활성탄을 포함하는 이산화탄소 흡착제.

발명의 설명

기술분야

- [0001] 본 발명은 자가 가압 열분해를 이용한 수율이 향상된 페 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET) 플라스틱 유래 활성탄 제조 방법 및 이에 의해 제조된 이산화탄소 흡착제에 관한 것으로, 보다 상세하게는 자가 가압 열분해 방법과 열화학 반응을 통한 활성화 방법을 사용하여 우수한 이산화탄소 흡착능을 가지는 페 PET 기반 활성탄의 수율을 높이는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 이산화탄소는 지구온난화에 영향을 주는 대표적인 온실가스 중 하나로 대기 중으로의 이산화탄소 배출을 저감하기 위한 기술 개발이 활발하게 진행되고 있다.
- [0003] 철강, 석유 화학 및 석탄 화력 발전 등의 산업 시설에서 배출되는 다량의 이산화탄소를 포함한 배가스로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 다양한 분리 기술들이 존재하며, 이 중에서 흡착법은 기존 흡수법의 단점인 장비의 부식 문제 및 흡수액의 재생에 필요한 높은 에너지 소모 문제를 보완한 대체 기술로 적용될 수 있다.
- [0004] 이산화탄소 흡착 소재 중에서 활성탄은 제조 비용이 저렴하며 우수한 반복 흡착 성능을 나타내는 장점이 있다. 또한, 페 PET 플라스틱을 활성탄의 전구체로 활용하면 온실가스로 인한 지구온난화 문제와 더불어 페 플라스틱으로 인한 환경오염 문제를 동시에 해소할 수 있다.
- [0005] 페 PET 플라스틱을 활성탄으로 전환하는 종래기술들은 대부분 탄화 과정 진행 시 테레프탈산(terephthalic acid)이 주를 이루는 다량의 부산물들이 발생하게 되며, 이는 활성탄의 수율 감소와 반응기의 부식 및 이차적인 환경오염을 유발한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) KR 등록특허 10-2197821

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 자가 가압 열분해를 이용하여 부산물 배출 문제를 방지한 수율이 향상된 페 PET 플라스틱 유래 활성탄 제조 방법 및 이에 의해 제조된 고성능의 이산화탄소 흡착제를 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 페 PET 플라스틱을 소정 크기 이하의 조각들로 분쇄하는 단계; 상기 분쇄된 조각들을 용량 밀폐형 반응기에 투입하는 단계; 질소 분위기 하에서 상기 용량 밀폐형 반응기를 미리 설정된 탄화 온도로 가열하여 자가 가압 열분해 반응을 통해 상기 조각들을 탄화하는 단계; 상기 탄화에 의해 수득된 탄소 고체를 KOH와 건식 혼합하는 단계; 및 상기 혼합에 의한 혼합물을 미리 설정된 활성화 온도에서 미리 설정된 시간 동안 열화학 반응 처리하는 단계를 포함하는 활성탄 제조 방법이 제공된다.
- [0009] 상기 탄화하는 단계는, 상기 용량 밀폐형 반응기를 미리 설정된 가열 속도로 상기 탄화 온도까지 가열하는 단계; 및 상기 탄화 온도에서 30분동안 유지하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 활성화 온도는 1 nm 이하의 미세기공의 발달을 위해 600 내지 900 ° C 범위를 가질 수 있다.
- [0011] 상기 건식 혼합하는 단계는, 상기 고체 탄소와 분말 형태의 KOH의 질량비가 1:2가 되도록 혼합하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 열화학 반응 처리하는 단계 이후, 상기 열화학 반응 처리를 통해 수득된 활성화 소재를 HCl 용액 및 증류수를 이용하여 세척하는 단계; 및 소정 온도에서 건조하여 최종 분말 형태의 활성탄을 수득하는 단계를 더 포함

할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 상기한 방법을 통해 제조된 활성탄이 제공된다.

[0014] 또한, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기한 방법을 통해 제조된 활성탄을 포함하는 이산화탄소 흡착제가 제공된다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면, 자가 가압 열분해 방식으로 폐 PET 플라스틱으로부터 생성되는 고체 탄소 소재의 수율을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 부산물들의 발생량을 줄임으로써 장비의 부식 및 환경오염을 방지할 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명에 따르면, 탄소 고체와 활성화제의 혼합을 위하여 건식 혼합 방식을 이용하기 때문에 기존 습식 혼합 방식 대비 친환경적으로 활성탄을 제조할 수 있다.

[0017] 나아가, 본 발명에 따르면, 폐 PET 플라스틱을 이산화탄소 흡착용 활성탄의 원료로 사용함에 따라서 폐플라스틱 처리에 소모되는 비용을 절감하며, 폐 플라스틱으로 발생하는 환경오염 문제 및 지구온난화 문제를 동시에 해결할 수 있고, 폐 PET 플라스틱뿐만 아니라 고분자를 원료로 하는 탄소 소재의 제조에 있어서 수율을 높이는 방법을 제시할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 활성탄 제조 과정의 순서도를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 폐 PET 플라스틱 기반 활성탄 제조 방법을 모식화하여 나타낸 것이다.

도 3은 폐 PET 플라스틱을 질소 흐름 분위기에서 2.5, 5 및 10 ° C/min의 가열 속도로 열분해하였을 때의 고체 탄소의 질량 변화(실선)와 자가 가압 열분해 방법을 사용하였을 때의 고체 탄소의 질량 변화(점)를 비교하여 도시한 것이다. 괄호에서 첫 번째 숫자는 탄화 온도(° C)이고, 두 번째 숫자는 탄소 수율(%)이다.

도 4는 CPET6-Kx-DM 및 CPET6-Kx-SM 샘플에 대한 -196 ° C에서의 질소 흡착 및 탈착 등온선을 도시한 것이다.

도 5는 CPET6-Kx-DM 및 CPET6-Kx-SM 샘플의 공극 크기 분포를 나타낸 것이다. 실선과 점선은 각각 미분 공극 부피와 누적 공극 부피를 나타낸다.

도 6은 CPET6-Kx-DM 샘플의 XRD 스펙트럼 분석 결과이다.

도 7은 CPET6-K8-DM 샘플의 SEM 이미지를 나타낸다.

도 8은 CPET6-K8-DM 샘플의 HR-TEM 이미지를 나타낸다.

도 9는 CPET6-Kx-DM 및 CPET6-Kx-SM 샘플의 이산화탄소 및 질소에 대한 25 ° C에서의 흡착 등온선을 나타낸 것이다.

도 10은 CPET6-K8-DM 샘플을 사용하여 30, 50 및 70 ° C의 흐름 상태에서 이산화탄소 흡착 및 탈착 테스트를 한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0021] 또한, 각 도면을 참조하여 설명하는 실시예의 구성 요소가 해당 실시예에만 제한적으로 적용되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상이 유지되는 범위 내에서 다른 실시예에 포함되도록 구현될 수 있으며, 또한 별도의 설명

이 생략될지라도 복수의 실시예가 통합된 하나의 실시예로 다시 구현될 수도 있음은 당연하다.

- [0022] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일하거나 관련된 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 활성탄 제조 과정의 순서도를 도시한 도면이다.
- [0025] 본 실시예는 폐 PET 플라스틱을 자가 가압 열분해 방법 및 열화학 반응 처리하여 활성탄을 제조한다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 먼저 폐 PET 플라스틱을 세척 및 건조하고, 소정 크기의 조각들(예를 들어, 3 mm 미만)로 분쇄한다(단계 100).
- [0027] 다음으로, 분쇄된 폐 PET 플라스틱 조각들을 질소 가스 분위기의 용량 밀폐형 반응기에 투입하고(단계 102), 미리 설정된 온도까지 소정 가열 속도로 가열하고, 소정 시간 동안 자가 가압 열분해를 통한 탄화를 진행한다(단계 104).
- [0028] 상기한 탄화 과정을 통해 고체 탄소를 수득한다(단계 106).
- [0029] 본 실시예에 따르면, 고체 탄소에 분말 형태의 KOH를 건식으로 혼합하여 수평 관상로에 투입하고(단계 108), 미리 설정된 온도까지 소정 가열 속도로 가열하고, 소정 시간 동안 열화학 반응 처리를 통한 활성화를 진행한다(단계 110).
- [0030] 활성화를 거친 소재를 HCl 용액 및 증류수를 사용하여 세척 후 건조하여 최종 분말 형태의 활성탄을 제조한다(단계 112).
- [0032] 도 2는 본 실시예에 따른 폐 PET 플라스틱 기반 활성탄 제조 방법을 모식화하여 나타낸 것으로, 도 2에서는 고체 탄소와 KOH를 건식 혼합하는 경우와 습식 혼합하는 경우의 성능 비교를 위한 실험을 도시한 도면이다.
- [0033] 본 실험에서는 2.4 g의 폐 PET 플라스틱을 질소 가스 분위기의 72 mL 용량 밀폐형 반응기에 투입하였다.
- [0034] 2.5, 5 및 10 ° C/min의 서로 다른 가열 속도로 300 내지 700 ° C에 도달할 때까지 가열한 후, 각 온도에서 30 분 동안 유지하여 자가 가압 열분해 방법을 통한 탄화를 진행하였다.
- [0035] 또한, 본 실시예에 따르면, 고체 탄소와 KOH를 건식 혼합하는 경우와 습식 혼합하는 경우의 성능 비교를 위해, 활성탄의 고체 탄소에 분말 형태의 KOH를 질량비가 2가 되도록 건식 또는 습식 혼합하여 수평 관상로에 투입하고, 10 ° C/min의 가열 속도로 600 내지 900 ° C에 도달할 때까지 가열한 후, 각 온도에서 1시간 동안 유지하여 열화학 반응 처리를 통한 활성화를 진행하였다. 활성화를 거친 소재는 HCl 용액 및 증류수를 사용하여 세척 후, 110 ° C의 오븐에서 건조하여 최종 분말 형태의 활성탄을 제조하였다.
- [0036] 이하에서, 최종적으로 제조된 활성탄은 CPET6-Kx-DM 또는 CPET6-Kx-SM으로 표시한다(여기서 6은 자가 가압 열분해의 온도인 600 ° C를 나타내며, x는 열화학 반응 처리 온도/100 ° C, DM(Dry Mixing)은 건식 혼합 방식, SM(Solution Mixing)은 습식 혼합 방식을 나타낸다).
- [0038] 이하에서는, 도 2와 같은 실험을 통해 제조된 활성탄의 특성, 이산화탄소 흡착 성능을 상세하게 설명한다.
- [0040] 폐 PET 플라스틱 기반 활성탄 특성 분석
- [0041] 도 3은 폐 PET 플라스틱을 질소 흐름 분위기에서 2.5, 5 및 10 ° C/min의 가열 속도로 열분해(흐름형 반응기)하였을 때의 고체 탄소의 질량 변화(실선)와 자가 가압 열분해 방법(용량 밀폐형 반응기)을 사용하였을 때의 고체 탄소의 질량 변화(점)를 비교하여 도시한 것이다. 상기 점에 표기된 괄호에서 첫 번째 숫자는 탄화 온도(° C)이고, 두 번째 숫자는 탄소 수율(%)이다.
- [0042] 도 3에 도시된 바와 같이, 흐름형 반응기에서 상압 질소 가스 흐름 분위기에서 진행되는 열분해 방법에 비하여 용량 밀폐형 반응기를 통한 자가 가압 열분해 방법의 경우 500 ° C 이상의 온도에서 고체 탄소의 수율이 증가함

을 확인할 수 있으며, 600 ° C 근방에서 자가 가압 열분해가 진행되면 안정적인 고체 탄소의 수율이 기존 탄화 방식 대비 7% 이상 향상됨을 확인할 수 있다.

[0043] 본 실시예에서와 같이, 흐름형 반응기가 아닌 용량 밀폐형 반응기를 이용하여 탄화시키는 경우, 반응기 내부에서 탄화 시 압력이 증가하여 고체 탄소의 수율이 증가하게 된다.

[0045] 도 4는 CPET6-Kx-DM 및 CPET6-Kx-SM 샘플에 대한 -196 ° C에서의 질소 흡착 및 탈착 등온선을 도시한 것이다.

[0046] 도 4에 도시된 바와 같이, 제조된 활성탄의 저온 질소 흡착 탈착 등온선은 국제 순수 및 응용 화학 연합(international union of pure and applied chemistry, IUPAC) 분류에 따른 유형 I 형태로, 건식 혼합 방식 또는 습식 혼합 방식으로 제조된 활성탄은 미세기공이 발달한 다공성 탄소 물질임을 알 수 있다.

[0048] 도 5는 CPET6-Kx-DM 및 CPET6-Kx-SM 샘플의 공극 크기 분포를 나타낸 것이다. 실선과 점선은 각각 미분 공극 부피와 누적 공극 부피를 나타낸다.

[0049] 도 5는 슬릿 기공 모델(slitted pore model)을 가정하고, 활성탄의 저온 질소 흡착 탈착 등온선 데이터를 사용하여 비국소 밀도범함수 이론(non-local density functional theory, NLDFT)을 기반으로 계산한 기공 분포도이다.

[0050] 제조된 활성탄들은 모두 미세기공이 고루 발달하였으며, 특히 1 nm 이하의 크기를 가진 미세기공이 크게 발달하였음을 확인할 수 있다. 이를 바탕으로 제조된 활성탄이 이산화탄소 기체 흡착에 유리하게 작용할 것으로 기대할 수 있다.

[0051] 또한, 본 실시예에서와 같이 건식 혼합 방식으로 제조된 활성탄은 습식 혼합 방식으로 제조된 활성탄에 비하여 더 많은 미세기공이 발달하는 것을 확인할 수 있다.

[0053] 도 6은 CPET6-Kx-DM 샘플의 엑스선 회절(X-ray diffraction, XRD) 스펙트럼 분석 결과이다.

[0054] 도 6에 도시된 바와 같이, CPET6-Kx-DM은 XRD 분석 결과 20° 및 45° 의 2 theta 부근에서 넓게 분포한 피크를 보이며 전형적인 무정형의 다공성 탄소 구조 형태를 가지고 있음을 알 수 있다.

[0056] 도 7은 CPET6-K8-DM 샘플의 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM) 이미지를 나타낸다.

[0057] 도 7의 SEM 이미지를 통해 CPET6-K8-DM의 활성탄은 대부분 50 μm 정도의 크기를 갖는 것을 확인할 수 있다.

[0059] 도 8은 CPET6-K8-DM 샘플의 고분해능 투과전자현미경(high-resolution transmission microscope, HR-TEM) 이미지를 나타낸다.

[0060] 도 8의 TEM 이미지와 같이, CPET6-K8-DM은 기공이 고도로 발달한 표면을 가지고 있음을 확인할 수 있으며, 이를 바탕으로 미세기공으로의 이산화탄소의 접근 및 흡착이 유리할 것으로 기대할 수 있다.

[0062] 표 1은 제조된 활성탄의 저온 질소 흡착 탈착 등온선을 바탕으로 계산된 표면 특성을 나타낸다. 표 1의 표면 특성에서 S_{BET} 는 BET 방법(Brunauer-Emmett-Teller method)에 의하여 계산된 비표면적, V_{total} 은 $P/P_0 \sim 0.99$ 에서의 총 기공 부피, V_{micro} 는 Dubinin-Radushkevich 식을 기반으로 계산된 미세기공의 부피이다. 건식 혼합 방식으로 제조된 활성탄은 습식 혼합 방식으로 제조된 활성탄에 비하여 비표면적이 넓으며, 전체 기공 및 미세기공의 발달 정도가 높은 것을 확인할 수 있다.

표 1

Sample	S_{BET} (m^2/g)	V_{total} (cm^3/g)	V_{micro} (cm^3/g)
CPET6-K6-DM	1991	0.814	0.791
CPET6-K7-DM	1923	0.781	0.770
CPET6-K8-DM	1931	0.781	0.768
CPET6-K9-DM	1970	0.869	0.752
CPET6-K6-SM	592	0.242	0.230
CPET6-K7-SM	660	0.271	0.260
CPET6-K8-SM	1160	0.479	0.463
CPET6-K9-SM	838	0.353	0.331

폐 PET 플라스틱 기반 활성탄의 이산화탄소 흡착 성능

도 9는 CPET6-Kx-DM 및 CPET6-Kx-SM 샘플의 이산화탄소 및 질소에 대한 25 ° C에서의 흡착 등온선을 나타낸 것이다.

도 9에 도시된 바와 같이, 건식 혼합 방식으로 제조된 활성탄이 습식 혼합 방식으로 제조된 활성탄에 비하여 높은 이산화탄소 흡착량을 나타냄을 확인할 수 있다. 열화학 반응 처리에 의한 활성화 온도가 증가함에 따라서 25 ° C, 1 기압에서의 이산화탄소 흡착량은 증가하며, 800 ° C로 활성화된 활성탄에서 가장 높은 흡착량을 보이고 이후 감소하였다. 또한, 제조된 활성탄들이 질소 대비 높은 이산화탄소 흡착량을 보이는 것을 통하여 이산화탄소에 선택적인 흡착제로 활용될 수 있음을 확인할 수 있다.

도 10은 CPET6-K8-DM 샘플을 사용하여 30, 50 및 70 ° C의 흐름 상태에서 이산화탄소 흡착 및 탈착 테스트를 한 결과이다.

도 10에 도시된 바와 같이, 이산화탄소 흐름 분위기에서 CPET6-K8-DM의 초기 흡착 속도가 빠른 것을 확인할 수 있으며, 흡착 포화 이후 질소 흐름 분위기로의 전환만으로 효율적인 탈착이 이루어짐을 확인할 수 있다. 이를 바탕으로 제조된 활성탄이 효과적인 이산화탄소 흡착제로써 산업에 적용되는 것을 기대할 수 있다.

표 2는 25 ° C, 1 기압에서 CPET6-Kx-DM의 이산화탄소 및 질소 흡착량과 질소에 대한 이산화탄소의 선택도를 정리하여 제시하였다. 이때, 선택도는 이산화탄소 및 질소의 단일 흡착 등온선에 대하여 이상 흡착 용액 이론 (ideal adsorbed solution theory, IAST)을 적용하여 유사 배가스 농도(이산화탄소 부피:질소 부피=15:85)에서 계산하였다.

수학식 1

$$S_{\text{CO}_2/\text{N}_2} = \frac{q_{\text{CO}_2}/P_{\text{CO}_2}}{q_{\text{N}_2}/P_{\text{N}_2}}$$

여기서, $S_{\text{CO}_2/\text{N}_2}$ 는 질소에 대한 이산화탄소의 선택도, q_{CO_2} 는 이산화탄소 흡착량, q_{N_2} 는 질소 흡착량, P_{CO_2} 는 이산화탄소의 부분압력, 그리고 P_{N_2} 는 질소의 부분압력이다.

표 2

Sample	Adsorbed CO_2 amount (mmol/g)	Adsorbed N_2 amount (mmol/g)	IAST selectivity
CPET6-K6-DM	4.01	0.62	10.06
CPET6-K7-DM	4.23	0.55	12.14

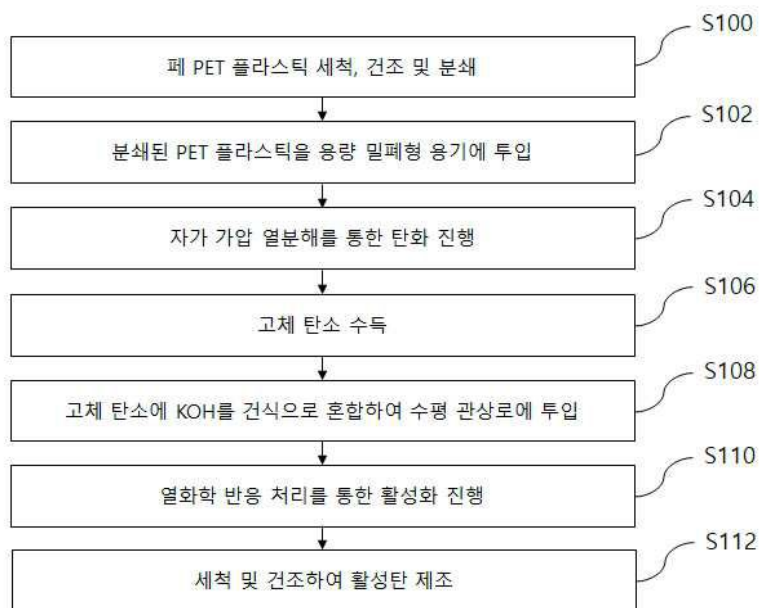
CPET6-K8-DM	4.44	0.81	7.99
CPET6-K9-DM	3.96	0.97	6.34

[0078]

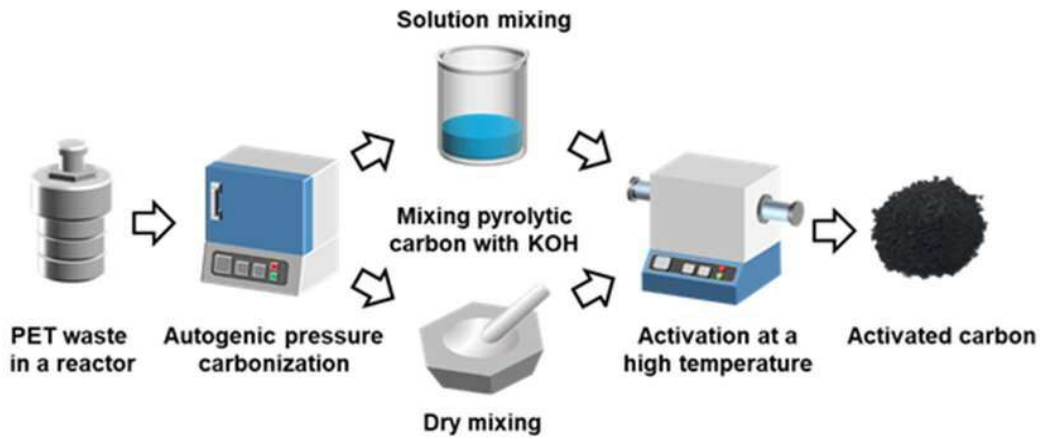
상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

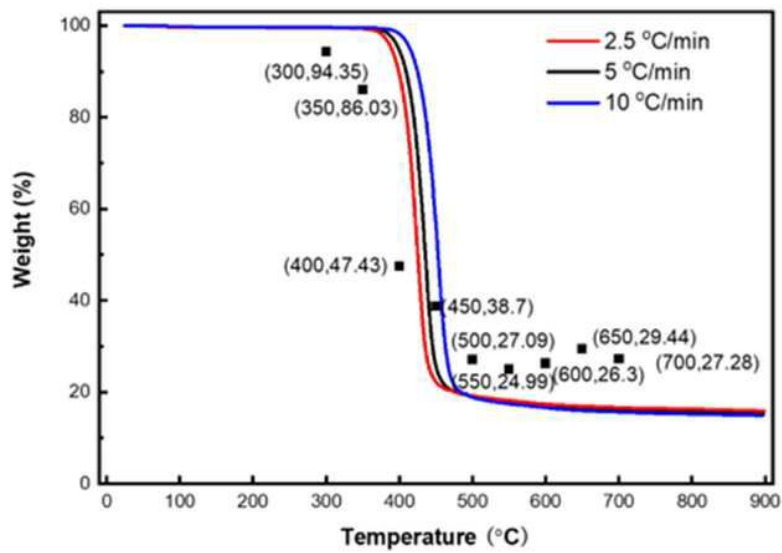
도면1



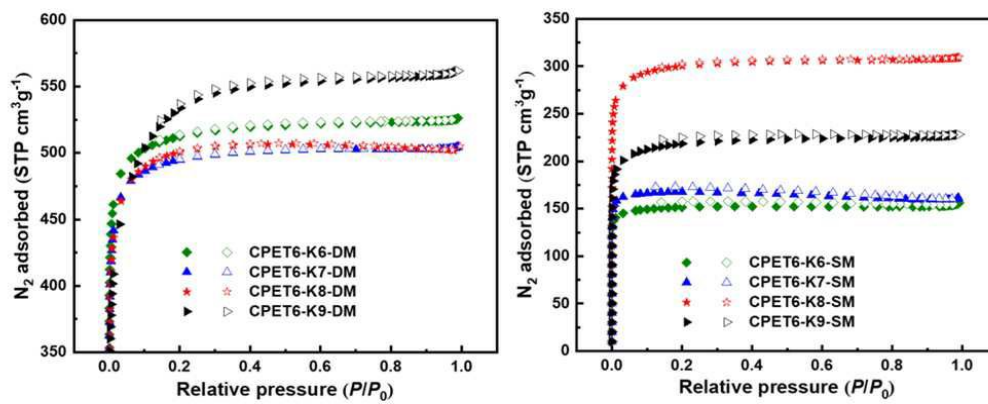
도면2



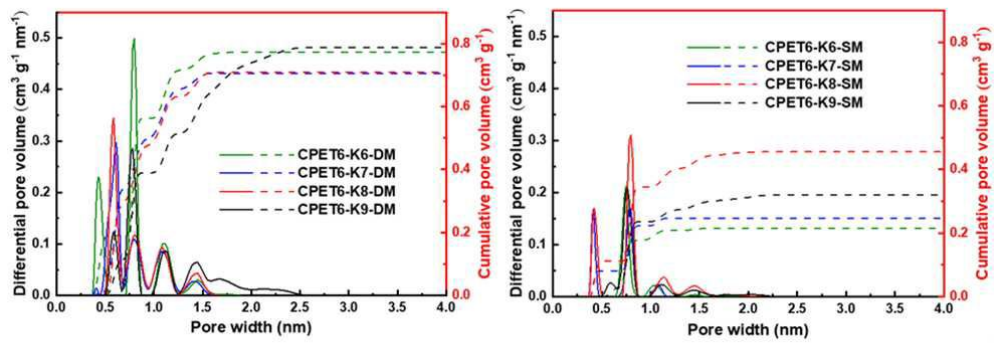
도면3



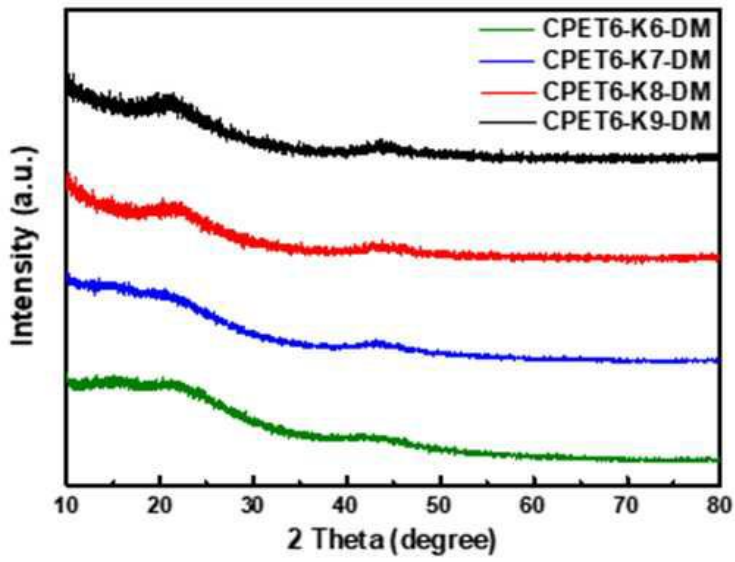
도면4



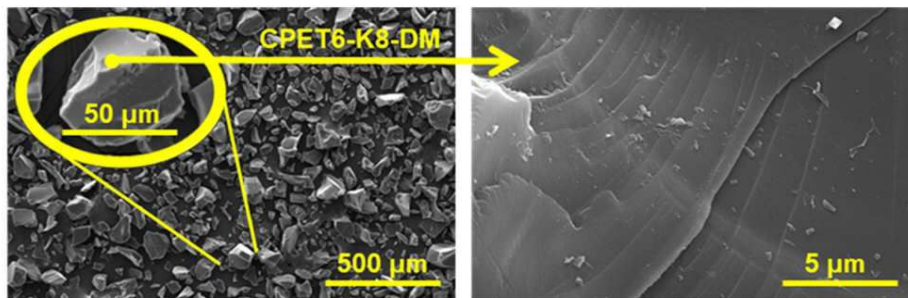
도면5



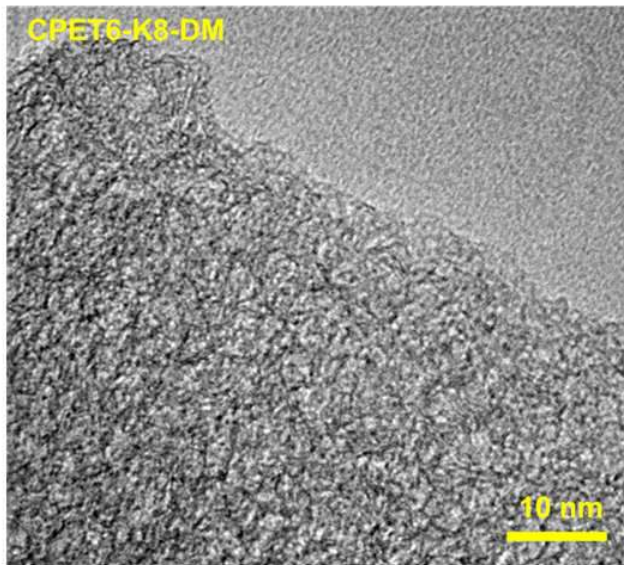
도면6



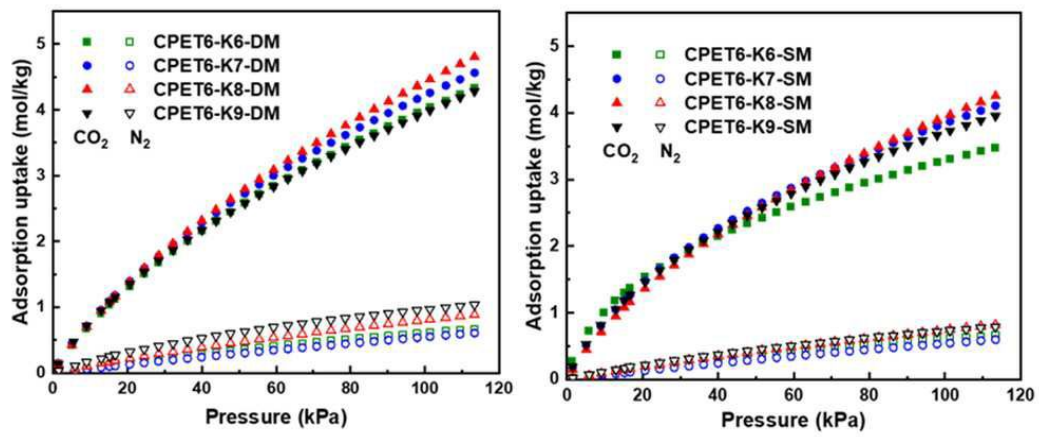
도면7



도면8



도면9



도면10

