(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0055830
(43) 공개일자 2025년04월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/30 (2006.01) *B01D 53/14* (2006.01)
B01J 20/20 (2018.01) *B01J 20/28* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 20/305 (2013.01)
B01D 53/1475 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0139470
(22) 출원일자 2023년10월18일
심사청구일자 2023년10월18일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
이찬현
대전광역시 서구 청사서로 11, 102동 303호 (월평동, 무지개아파트)
김현욱
경상남도 김해시 우암로 106, 307동 205호 (내동, 건영아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

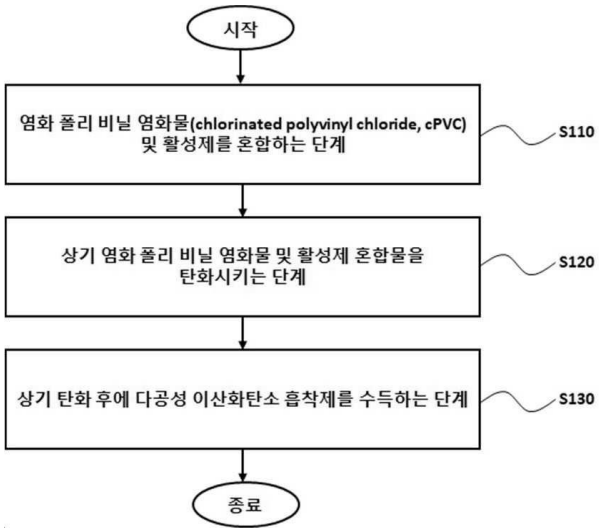
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **다공성 이산화탄소 흡착체 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 다공성 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 구체적으로, 기공 표면에 결합된 케톤(ketone) 작용기를 포함하는 다공성 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 기존의 염화폴리염화비닐을 탄화해서 제조한 이산화탄소 흡착제보다 높은 비표면적과 기공 부피를 가진 다공성 이산화탄소 흡착제를 제조할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01J 20/20 (2018.01)
B01J 20/28066 (2013.01)
B01J 20/28076 (2013.01)
B01J 20/3078 (2013.01)
B01D 2253/102 (2013.01)
Y02C 20/40 (2020.08)

(72) 발명자
박재현
대구광역시 북구 구암로21길 26, 101동 608호 (읍내동, 칠곡보성아파트)

도 풍 우옌
울산광역시 남구 신복로36번길 6, 202호 (무거동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711198674
과제번호	00217778
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	친환경 수소산업 전주기 연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산대학교
연구기간	2023.07.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345370810
과제번호	2021RIS-003
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	울산경남지역혁신플랫폼 저탄소그린에너지 사업단 기술개발과제
연구과제명	온사이트(on-site) 수소 생산 촉매 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산대학교
연구기간	2023.04.01 ~ 2024.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

염화 폴리 비닐 염화물(chlorinated polyvinyl chloride, cPVC) 및 활성제를 혼합하는 단계;

상기 염화 폴리 비닐 염화물 및 활성제 혼합물을 탄화시키는 단계; 및

상기 탄화 후에 다공성 이산화탄소 흡착제를 수득하는 단계;를 포함하는, 다공성 이산화탄소 흡착제 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 활성제는 수산화칼륨(KOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화나트륨(NaOH), 탄산칼슘($CaCO_3$) 및 탄산마그네슘($MgCO_3$)으로 이루어진 그룹에서 선택된 하나 이상을 포함하는, 다공성 탄소 흡착제 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 활성제는 수산화칼륨을 포함하고,

상기 염화 폴리 비닐 염화물 및 활성제는 1 : 1.5 내지 7.0의 중량비율로 혼합되는, 다공성 이산화탄소 흡착제 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 탄화는 불활성 가스 분위기에서 500 내지 1000 ℃, 1 내지 10 시간 수행되는 것인, 다공성 이산화탄소 흡착제 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 다공성 탄소 흡착제를 수득하는 단계는,

상기 다공성 탄소 흡착제를 증류수로 세척하는 단계; 및

상기 세척된 다공성 탄소 흡착제를 건조하는 단계;를 포함하는, 다공성 이산화탄소 흡착제 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 다공성 탄소 흡착제를 건조하는 단계는 90 내지 130 ℃에서 수행되는 것인, 다공성 이산화탄소 흡착제 제조방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 선택된 어느 한 항의 제조방법으로 제조된 다공성 이산화탄소 흡착제에 있어서,

기공 표면에 결합된 케톤(ketone, C=O) 작용기를 포함하는, 다공성 이산화탄소 흡착제.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 다공성 이산화탄소 흡착제의 비표면적은 1500 내지 4000 ㎡/g인, 다공성 이산화탄소 흡착제.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 다공성 이산화탄소 흡착제의 기공 부피는 1.0 내지 2.5 ㎤/g인, 다공성 이산화탄소 흡착제.

청구항 10

제7항 내지 제9항 중 선택된 어느 한 항을 따르는 다공성 이산화탄소 흡착제를 사용하는 이산화탄소 포집 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 다공성 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 구체적으로, 기공 표면에 결합된 케톤(ketone) 작용기를 포함하는 다공성 이산화탄소 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 산업 활동 과정에서 발생하는 이산화탄소(CO_2)는 여러 환경 문제를 초래하는 주요 요인 중 하나이다. 이산화탄소는 화석 연료의 사용, 산업 공정, 자동차 운행과 같은 활동으로 인해 점점 배출량이 증가하고 있다. 이산화탄소는 온실 효과를 유발하여, 급격한 기후 변화와 해수면 상승과 같은 심각한 문제로 이어진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이산화탄소 흡착제에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 이산화탄소 고체 흡착제는 표면에서 이산화탄소와 물리적 또는 화학적 흡착이 일어나, 기체 흡수율, 표면적, 기공의 크기 및 이산화탄소와의 반응성이 주요 요인이다. 이산화탄소 흡착제로는 활성탄, 제올라이트, 금속-유기 구조체(MOF) 및 금속 산화물 포함하는 흡착제가 개발되었다. 이러한 물질들은 사용 환경의 제약, 내구성, 열적 및 화학적 안정성 및 경제적인 측면에서 단점이 있다. 고분자를 탄화시켜 제조된 다공성 이산화탄소 흡착제는 제조 공정이 간단하고, 내화학적, 열적 안정성이 높고, 저비용이라는 장점이 있다.

[0004] 다공성 이산화탄소 흡착제의 전구체로 염화폴리염화비닐(chlorinated poly vinyl chloride, cPVC)을 사용할 수 있다. cPVC는 포장 및 건설 산업에서 널리 사용하나, cPVC를 소각 또는 매립으로 처리할 때 다이옥신 및 염소 발생으로 환경문제가 발생된다. cPVC를 탄화 처리하여 탄소 소재로 활용하면, 이산화탄소 포집 및 탄소 중립 실현에 기여할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-2022152호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 염화 폴리 비닐 염화물(chlorinated polyvinyl chloride, cPVC) 및 활성제를 혼합하는 단계; 상기 염화 폴리 비닐 염화물 및 활성제 혼합물을 탄화시키는 단계; 및 상기 탄화 후에 다공성 이산화탄소 흡착제를 수득하는 단계;를 포함하는, 다공성 이산화탄소 흡착제 제조방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 기공 표면에 결합된 케톤(ketone, C=O) 작용기를 포함하는 다공성 이산화탄소 흡착제를 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 다공성 이산화탄소 흡착제를 사용하는 이산화탄소 포집 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 염화 폴리 비닐 염화물(chlorinated polyvinyl chloride, cPVC) 및 활성제를 혼합하는 단계; 상기 염화 폴리 비닐 염화물 및 활성제 혼합물을 탄화시키는 단계; 및 상기 탄화 후에 다공성 이산화탄소 흡착제를 증류수로 세척하는 단계; 및 상기 세척된 다공성 이산화탄소 흡착제를 건조하는 단계;를 포함하는 다공성 이산화탄소 흡착제 제조방법을 제공한다.

[0010] 또한, 본 발명은 염화 폴리 비밀 염화물 및 활성제를 탄화시켜서 제조된 다공성 이산화탄소 흡착제에 있어서, 기공 표면에 결합된 케톤(ketone, C=O) 작용기를 포함하는 다공성 이산화탄소 흡착제를 제공한다.

[0011] 또한, 본 발명은 상기 다공성 이산화탄소 흡착제를 사용하는 이산화탄소 포집 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따르면, 기존의 염화폴리염화비닐을 탄화해서 제조한 이산화탄소 흡착제보다 높은 비표면적과 기공 부피를 가진 다공성 이산화탄소 흡착제를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명에 따른 실시예의 다공성 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 나타낸 순서도이다.

도 2는 본 발명에 따른 실시예 1 내지 4의 아르곤 흡착탈착등온선(Ar adsorption-desorption isotherms) 그래프이다.

도 3은 본 발명에 따른 실시예 5 내지 8의 아르곤 흡착탈착등온선(Ar adsorption-desorption isotherms) 그래프이다.

도 4는 본 발명에 따른 비교예 1 내지 4의 아르곤 흡착탈착등온선(Ar adsorption-desorption isotherms) 그래프이다.

도 5는 본 발명에 따른 실시예 1 내지 4의 X선 광전자 분광분석(XPS)의 C 1s 스펙트럼이다.

도 6은 본 발명에 따른 실시예 1 내지 4의 X선 광전자 분광분석(XPS)의 C 1s 스펙트럼이다.

도 7은 본 발명에 따른 실시예 1 내지 4의 X선 광전자 분광분석(XPS)의 C 1s 스펙트럼이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0015] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0016] 본 출원에서 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 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0017] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형

식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 다공성 이산화탄소 흡착제의 제조방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 다공성 이산화탄소 흡착제의 제조방법은, 염화 폴리 비닐 염화물(chlorinated polyvinyl chloride, cPVC) 및 활성제를 혼합하는 단계(S110); 상기 염화 폴리 비닐 염화물 및 활성제 혼합물을 탄화시키는 단계(S120); 및 상기 탄화 후에 다공성 이산화탄소 흡착제를 수득하는 단계(S130);를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 염화 폴리 비닐 염화물(chlorinated polyvinyl chloride, cPVC) 및 활성제를 혼합하는 단계(S110)에서, 상기 활성제는 수산화칼륨(KOH), 수산화나트륨(NaOH), 탄산칼슘($CaCO_3$) 및 탄산마그네슘($MgCO_3$)으로 이루어진 그룹에서 선택된 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 한정하는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 활성제로 수산화칼륨이 사용될 수 있다.

[0022] 상기 활성제로 수산화칼륨을 사용하는 경우, 상기 염화 폴리 비닐 염화물 및 활성제는 약 1 : 1.5 내지 7.0의 중량비율로 혼합될 수 있다. 상기 활성제의 비율이 1.5 미만이면, 케톤(ketone, C=O) 작용기가 생성되지 않을 수 있다.

[0023] 상기 염화 폴리 비닐 염화물 및 활성제 혼합물을 탄화시키는 단계(S120)에서, 상기 탄화는 불활성 가스 분위기 및 약 500 내지 1000 ℃의 온도 조건 하에서, 약 1 내지 10 시간 수행될 수 있다. 일 실시예로, 질소 가스 분위기 및 약 600 내지 900 ℃의 온도 조건 하에서, 약 1.5 내지 2.5 시간 동안 수행될 수 있다.

[0024] 상기 탄화 후에 다공성 이산화탄소 흡착제를 수득하는 단계(S130)는, 상기 다공성 탄소 흡착제를 증류수로 세척하는 단계; 및 상기 세척된 다공성 탄소 흡착제를 건조하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0025] 상기 다공성 탄소 흡착제를 건조하는 단계는 약 90 내지 130 ℃에서 수행될 수 있다. 일 실시예로, 상기 건조하는 단계는 약 100 내지 120 ℃에서 수행될 수 있다.

[0026] 본 발명의 실시예에 따른 다공성 이산화탄소 흡착제는, 앞에서 설명된 방법으로 제조될 수 있고, 기공 표면에 결합된 케톤(ketone, C=O) 작용기를 포함할 수 있다.

[0027] 일 실시예에 있어서, 상기 다공성 이산화탄소 흡착제의 비표면적은 약 1500 내지 4000 ㎡/g일 수 있으나, 이에 한정하는 것은 아니다.

[0028] 일 실시예에 있어서, 상기 다공성 이산화탄소 흡착제의 기공 부피는 약 1.0 내지 2.5 ㎤/g일 수 있으나, 이에 한정하는 것은 아니다. 일 실시예로, 상기 염화 폴리 비닐 염화물 및 수산화칼륨을 약 1 : 1 내지 7 의 중량비율로 혼합하여 상기 다공성 이산화탄소 흡착제를 제조하는 경우, 0.9 nm 이하의 초미세 기공의 부피가 감소하고, 약 15 내지 30 nm 크기의 미세(micro) 또는 메소(meso) 기공 구조가 발달하게 되나, 기공 내부에 이산화탄소와 화학적으로 상호작용할 수 있는 작용기, 예를 들면, 케톤기가 형성되어 향상된 이산화탄소에 대한 흡착 능력을 가질 수 있다.

[0029] 상기 다공성 이산화탄소 흡착제는 이산화탄소 포집 장치에 적용될 수 있다.

[0031] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 실시예를 들어 상세하게 설명하기로 한다. 다만 하기의 실시예는 본 발명의 내용을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[0033] **<실시예 1> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조**

[0034] 약 1 g의 염화 폴리 비닐 염화물(chlorinated polyvinyl chloride, cPVC) 및 약 2 g의 수산화칼륨(KOH)를 혼합하였다. 상기 혼합물을 질소가 약 300 ㎤/분의 유속으로 흐르는 튜브로(tube furnace)에 위치시켰다. 상기 혼합물을 튜브로에서 승온 속도, 탄화 온도 및 탄화 시간을 각각 약 3 ℃/분, 600 ℃ 및 2 시간으로 설정하여 탄화시켰다. 상기 탄화 후에 발생한 수득물은 증류수에 5번 세척하였다. 상기 세척된 수득물을 약 110 ℃에서 건조시켜 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK2-600’)를 제조하였다.

[0036] **<실시예 2> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조**

[0037] 상기 실시예 1에서 상기 탄화 온도를 약 700 ℃로 설정한 것 이외에는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK2-700’)를 제조하였다.

[0039] **<실시예 3> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조**

[0040] 상기 실시예 1에서 상기 탄화 온도를 약 800 ℃로 설정한 것 이외에는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK2-800’)를 제조하였다.

[0042] **<실시예 4> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조**

[0043] 상기 실시예 1에서 상기 탄화 온도를 약 900 ℃로 설정한 것 이외에는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK2-900’)를 제조하였다.

[0045] **<실시예 5> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조**

[0046] 상기 실시예 1에서 상기 수산화칼륨을 약 3 g 사용한 것 이외에는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK3-600’)를 제조하였다.

[0048] **<실시예 6> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조**

[0049] 상기 실시예 1에서 상기 수산화칼륨을 약 3 g 사용하고, 상기 탄화 온도를 약 700 ℃로 설정한 것 이외에는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK3-700’)를 제조하였다.

[0051] **<실시예 7> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조**

[0052] 상기 실시예 1에서 상기 수산화칼륨을 약 3 g 사용하고, 상기 탄화 온도를 약 800 ℃로 설정한 것 이외에는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK3-800’)를 제조하였다.

[0054] **<실시예 8> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조**

[0055] 상기 실시예 1에서 상기 수산화칼륨을 약 3 g 사용하고, 상기 탄화 온도를 약 900 ℃로 설정한 것 이외에는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK3-900’)를 제조하였다.

[0057] <비교예 1> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조

[0058] 상기 실시예 1에서 상기 수산화칼륨을 약 1 g 사용한 것 이외에는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK1-600’)를 제조하였다.

[0060] <비교예 2> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조

[0061] 상기 실시예 1에서 상기 수산화칼륨을 약 1 g 사용하고, 상기 탄화 온도를 약 700 ℃로 설정한 것 이외에는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK1-700’)를 제조하였다.

[0063] <비교예 3> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조

[0064] 상기 실시예 1에서 상기 수산화칼륨을 약 1 g 사용하고, 상기 탄화 온도를 약 800 ℃로 설정한 것 이외에는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK1-800’)를 제조하였다.

[0066] <비교예 4> 다공성 이산화탄소 흡착제 제조

[0067] 상기 실시예 1에서 상기 수산화칼륨을 약 1 g 사용하고, 상기 탄화 온도를 약 900 ℃로 설정한 것 이외에는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 다공성 이산화탄소 흡착제(이하 ‘cPVCK1-900’)를 제조하였다.

[0069] <실험예 1> 다공성 이산화탄소 흡착제의 구조적 특성 평가

[0070] 도 2 내지 4는 본 발명에 따른 실시예 및 비교예의 아르곤 흡착탈착등온선(Ar adsorption-desorption isotherms) 그래프이다. 도 2 내지 4에 따른 실시예 및 비교예의 흡착탈착등온선의 형태는 IUPAC에 따라 분류된 타입 Ⅰ과 타입 Ⅳ가 결합된 형태를 가졌다. 따라서, 다공성 이산화탄소 흡착제는 마이크로포어(micropore) 형태를 가진 것을 확인하였다. 미세 다공성 물질의 특성으로, P/P_0이 0.05 미만 일 때 아르곤 흡착 값이 급증하였다.

[0071] 표 1은 본 발명에 따른 실시예 및 비교예의 비표면적, 기공 부피, 0.9 nm 이하의 미세 기공 부피를 나타내었다. 표 1에서 본 발명에 따른 실시예 및 비교예의 비표면적은 활성제인 수산화칼륨 함량 및 탄화 온도 증가에 따라 증가하였다. 가장 높은 비표면적 및 기공 부피는 cPVCK3-800에서 3204 ㎡/g, 2.103 ㎤/g을 확인하였다. 비교예 1 내지 4에서 탄화 온도가 약 600 내지 900 ℃로 상승할 때, 비표면적 및 기공 부피가 증가하는 것을 확인하였다. 반면에, 실시예 1 내지 8은 탄화 온도가 약 600 내지 800 ℃에서 비표면적 및 기공 부피가 증가하였다. 미세 기공 부피는 수산화칼륨 함량이 증가할수록 감소하였다. 수산화칼륨에 의해 기공 생성 및 기공 크기를 넓혔기 때문이다.

[0072] [식 1]

[0073] $6KOH + 2C \rightarrow 2K_2CO_3 + 2K + 3H_2$

[0074] $2K_2CO_3 + 2C \rightarrow 2K + 3CO$

[0075] $C + K_2O \rightarrow 2K + CO$

[0076] 식 1에 따라 수산화칼륨은 탄소와 반응하여 K_2CO_3, K 및 수소를 생성한다. 따라서 초기 반응은 기공을 생성하여 높은 비표면적을 달성하기 위해 주요한 반응이다.

표 1

[0077]

	비표면적, S_{BET}(㎡/g)	기공 부피, V(㎤/g)	미세 기공 부피, $V_{0.9}$(㎤/g)
cPVCK1-600	1004	0.773	0.27473
cPVCK1-700	1450	1.051	0.29971
cPVCK1-800	1531	1.091	0.35614
cPVCK1-900	1728	1.184	0.39464
cPVCK2-600	2012	1.328	0.36707
cPVCK2-700	2075	1.519	0.2722
cPVCK2-800	2262	1.891	0.2726
cPVCK2-900	2139	1.798	0.2258
cPVCK3-600	2621	1.379	0.1710
cPVCK3-700	3067	1.784	0.1365
cPVCK3-800	3204	2.103	0.1207
cPVCK3-900	2500	1.692	0.1091

[0079] 도 5 내지 7은 본 발명에 따른 실시예 및 비교예의 X선 광전자 분광분석(XPS) C 1s 스펙트럼이다. 기공 내 형성

되어 있는 작용기를 확인하기 위해 XPS 분석을 수행하였다. 실시예 1 내지 8에서 케톤(ketone, C=O) 작용기가 추가 포함된 것을 확인하였다. 표 2에서는 도 5 내지 7의 XPS C 1s 스펙트럼을 통해 분석한 여러 작용기의 분율을 나타내었다.

[0081]

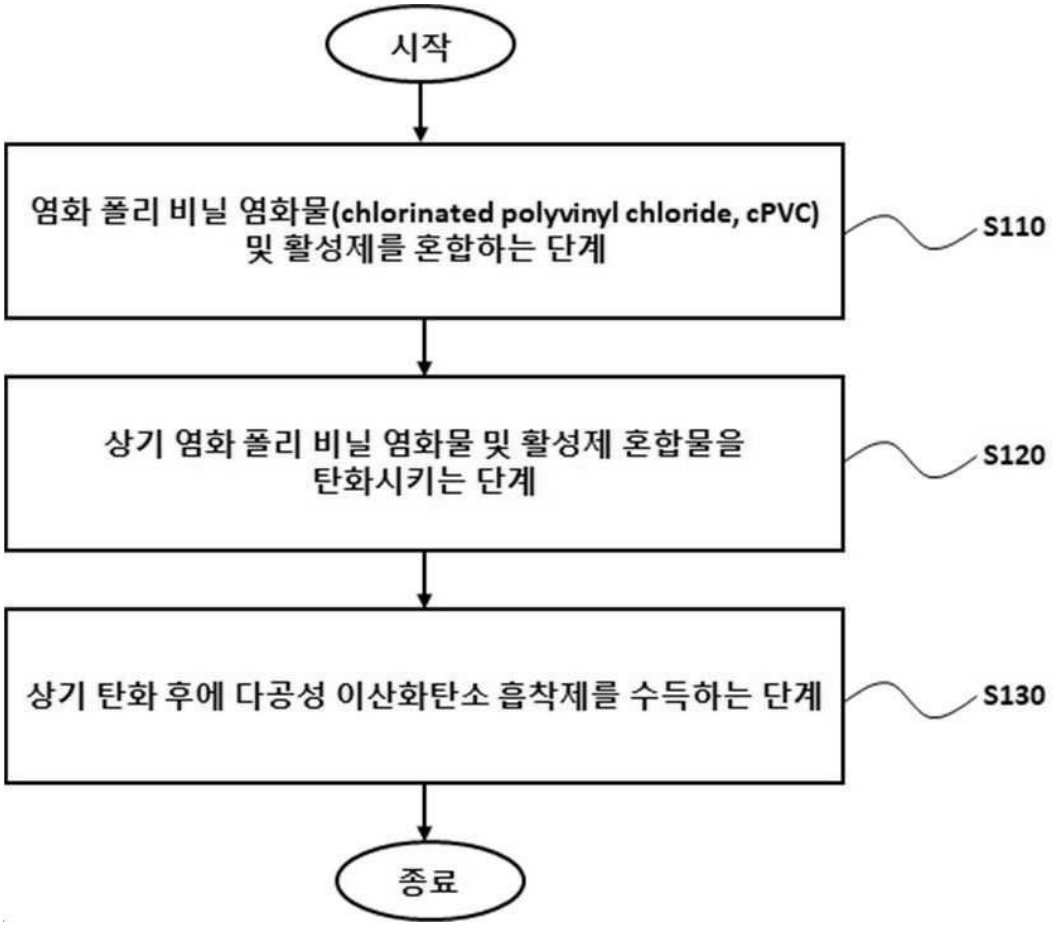
표 2

	C-C	C-OH	C=O	O=C-O$^-$
cPVCK1-600	60.43	33.40		6.15
cPVCK1-700	49.15	37.44		13.40
cPVCK1-800	41.68	44.73		15.73
cPVCK1-900	51.08	38.64		10.27
cPVCK2-600	46.34	35.56	14.91	5.652
cPVCK2-700	50.99	27.16	14.17	8.03
cPVCK2-800	52.65	21.23	14.21	12.29
cPVCK2-900	58.11	20.35	11.63	10.15
cPVCK3-600	53.86	25.22	16.84	8.89
cPVCK3-700	53.30	28.46	10.99	10.08
cPVCK3-800	42.89	26.22	13.79	11.17
cPVCK3-900	44.06	33.41	14.61	7.90

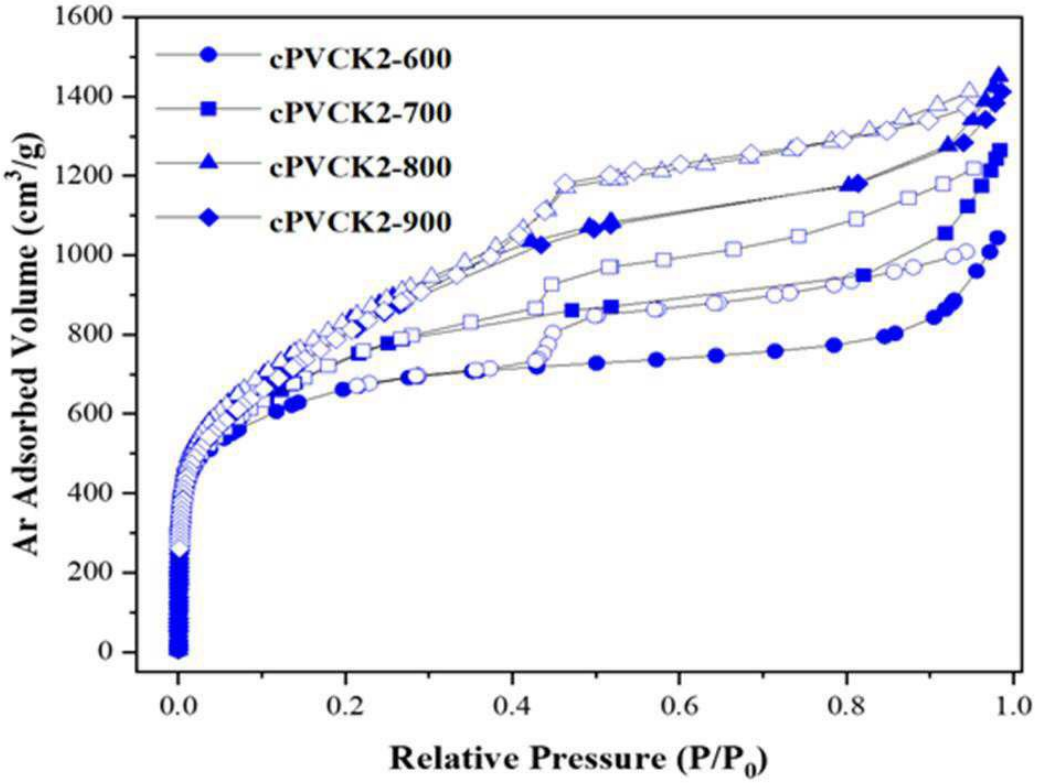
[0083] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

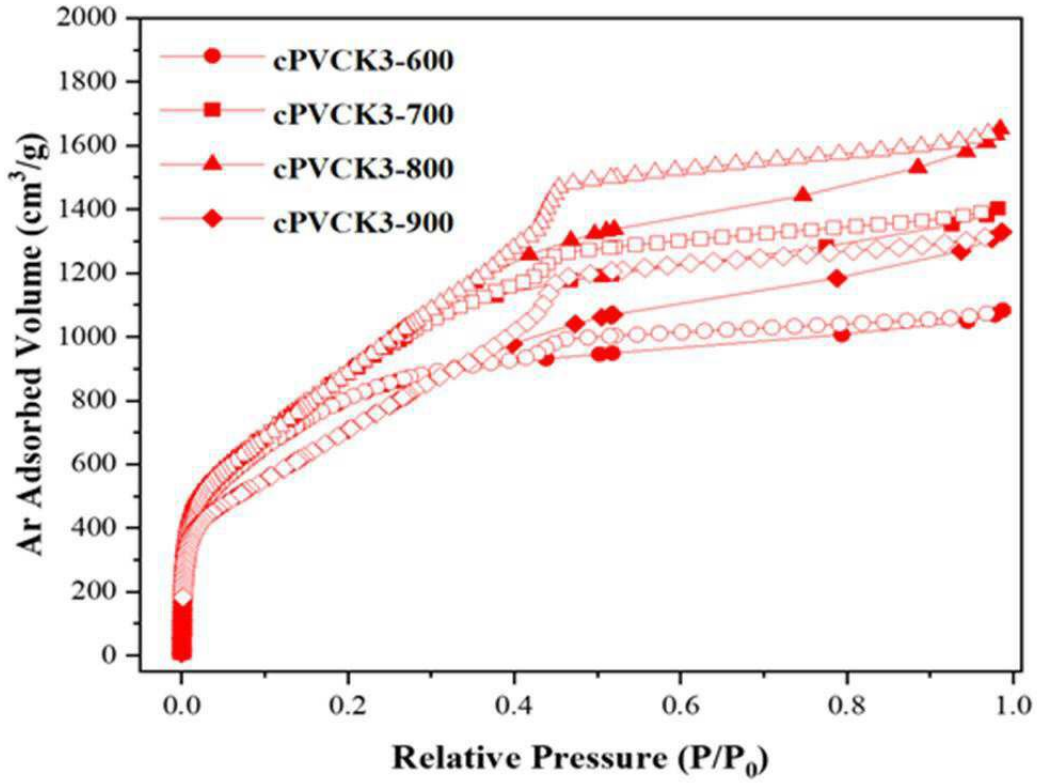
도면1


시작
염화 폴리 비닐 염화물(chlorinated polyvinyl chloride, cPVC) 및 활성제를 혼합하는 단계
S110
상기 염화 폴리 비닐 염화물 및 활성제 혼합물을 탄화시키는 단계
S120
상기 탄화 후에 다공성 이산화탄소 흡착제를 수득하는 단계
S130
종료

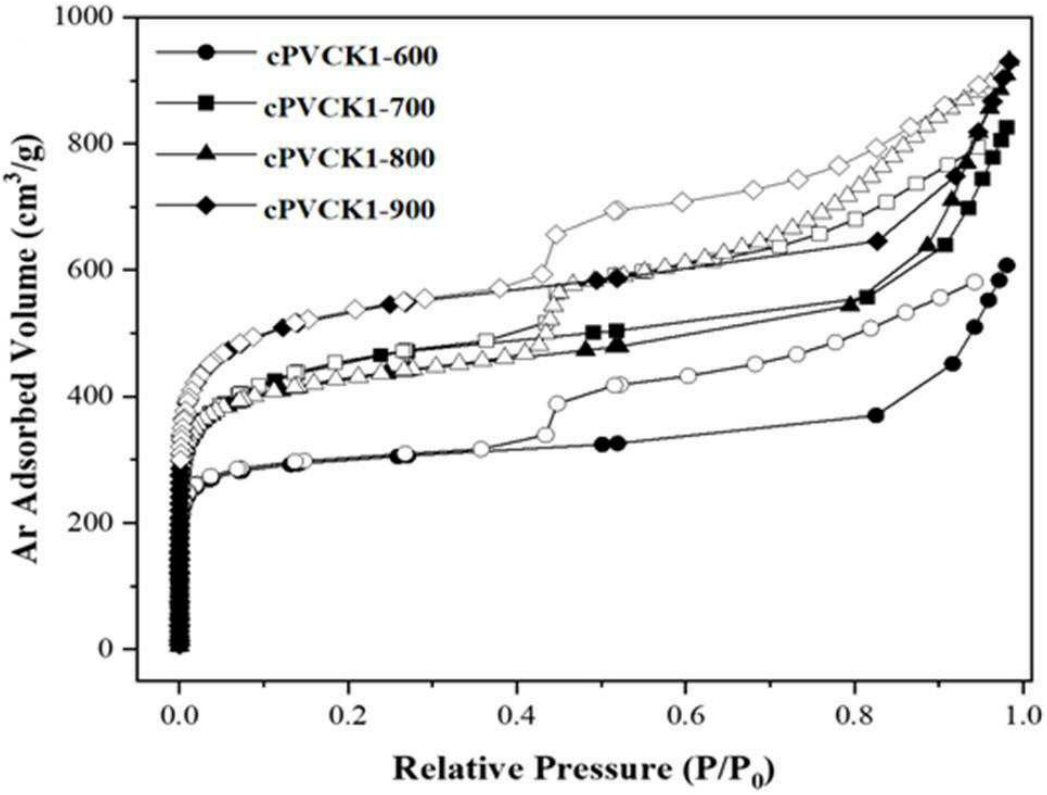
도면2


cPVCK2-600
cPVCK2-700
cPVCK2-800
cPVCK2-900
Ar Adsorbed Volume (cm³/g)
Relative Pressure (P/P₀)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

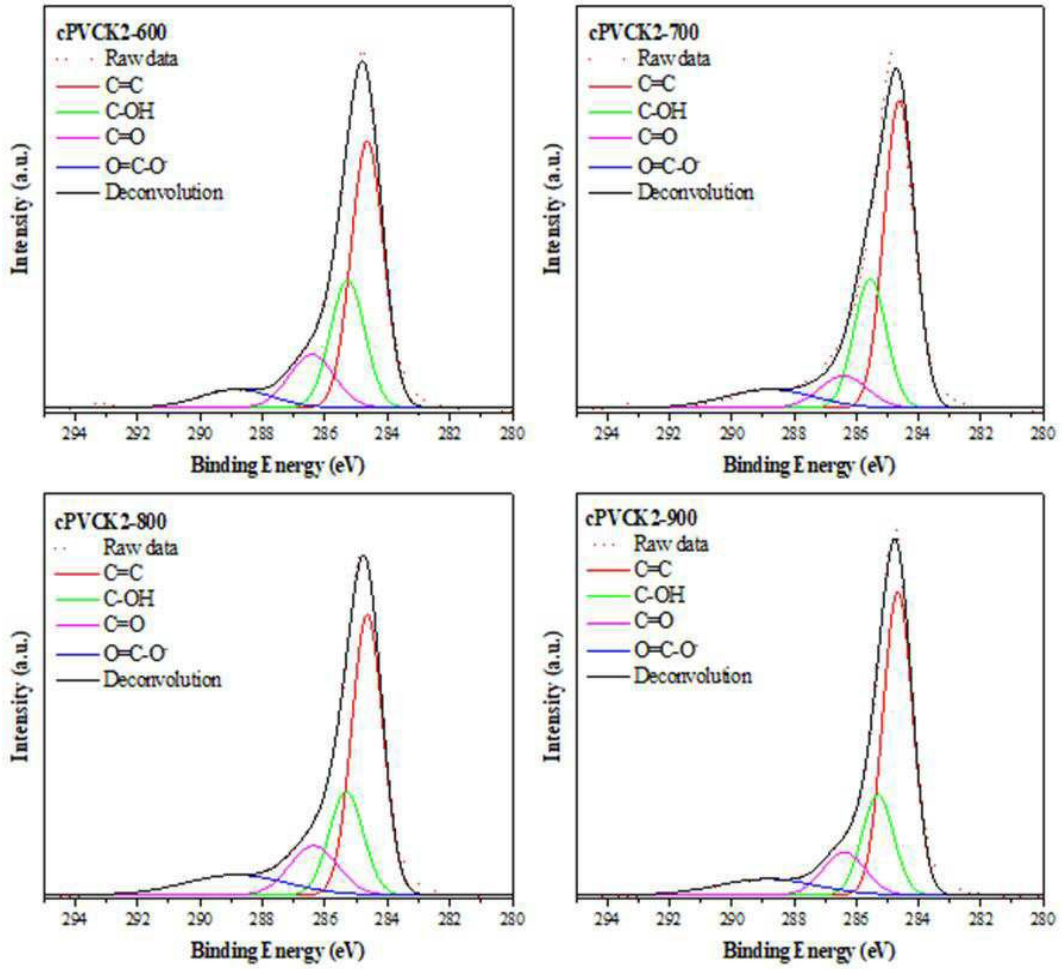
도면3


cPVCK3-600
cPVCK3-700
cPVCK3-800
cPVCK3-900
Ar Adsorbed Volume (cm³/g)
Relative Pressure (P/P₀)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

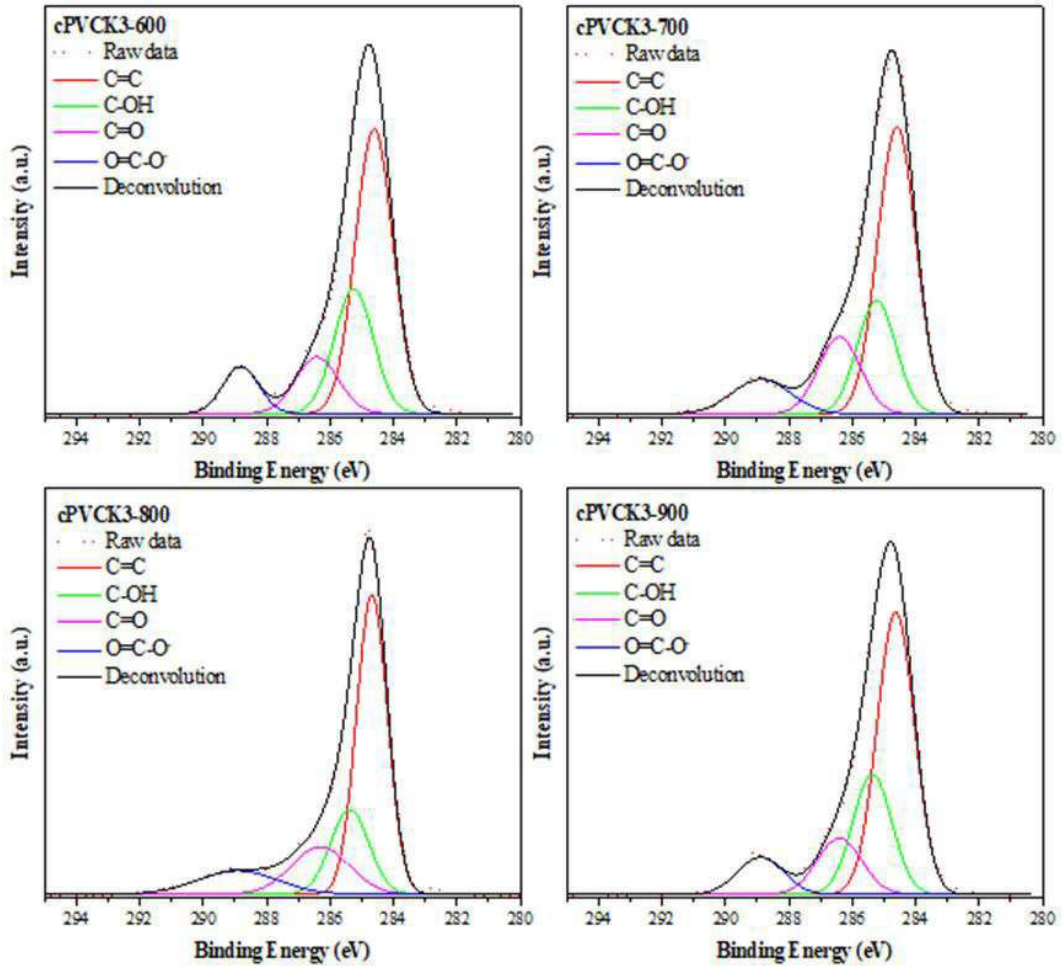
도면4


cPVCK1-600
cPVCK1-700
cPVCK1-800
cPVCK1-900
Ar Adsorbed Volume (cm³/g)
Relative Pressure (P/P0)
0
200
400
600
800
1000
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

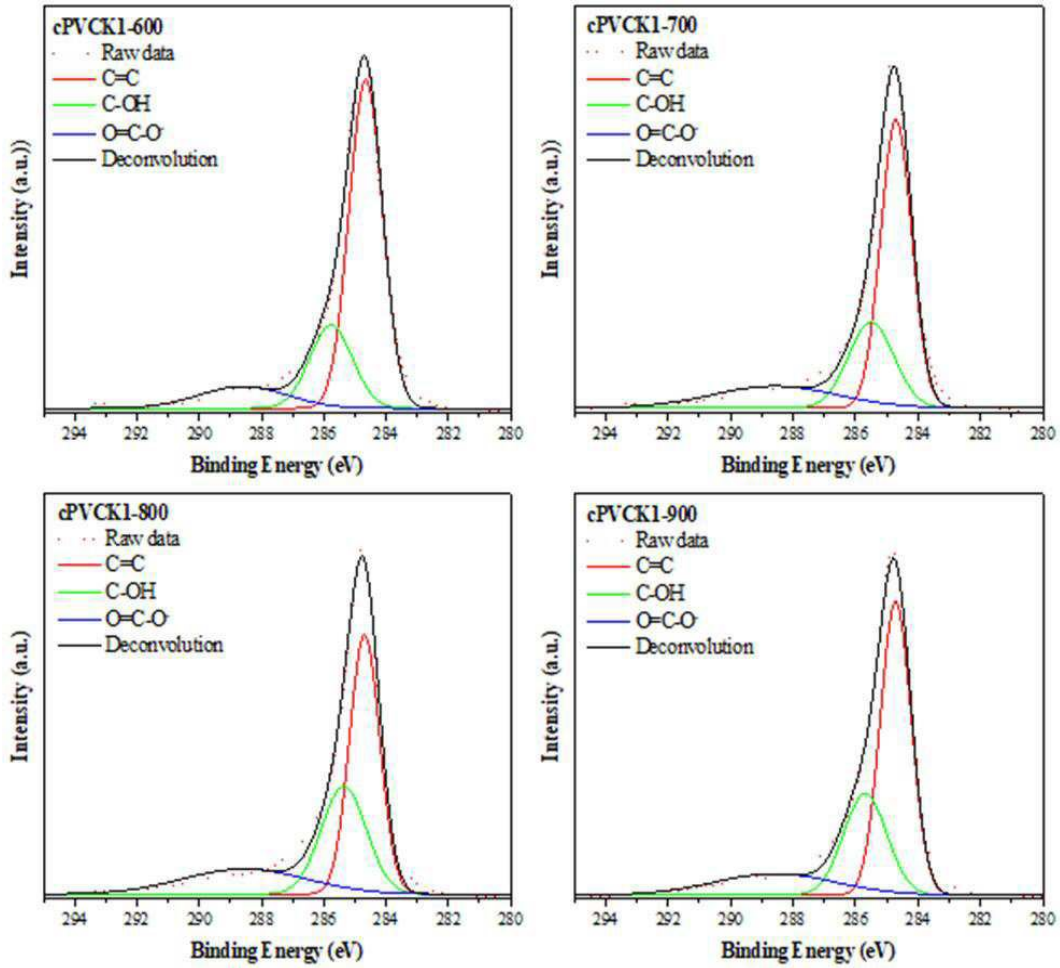
도면5


cPVCK2-600
Raw data
C=C
C-OH
C=O
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294
292
290
288
286
284
282
280
Binding Energy (eV)
cPVCK2-700
Raw data
C=C
C-OH
C=O
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294
292
290
288
286
284
282
280
Binding Energy (eV)
cPVCK2-800
Raw data
C=C
C-OH
C=O
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294
292
290
288
286
284
282
280
Binding Energy (eV)
cPVCK2-900
Raw data
C=C
C-OH
C=O
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294
292
290
288
286
284
282
280
Binding Energy (eV)

도면6


cPVCK3-600
Raw data
C=C
C-OH
C=O
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294
292
290
288
286
284
282
280
Binding Energy (eV)
cPVCK3-700
Raw data
C=C
C-OH
C=O
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294
292
290
288
286
284
282
280
Binding Energy (eV)
cPVCK3-800
Raw data
C=C
C-OH
C=O
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294
292
290
288
286
284
282
280
Binding Energy (eV)
cPVCK3-900
Raw data
C=C
C-OH
C=O
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294
292
290
288
286
284
282
280
Binding Energy (eV)

도면7


cPVCK1-600
Raw data
C=C
C-OH
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.))
294 292 290 288 286 284 282 280
Binding Energy (eV)
cPVCK1-700
Raw data
C=C
C-OH
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.))
294 292 290 288 286 284 282 280
Binding Energy (eV)
cPVCK1-800
Raw data
C=C
C-OH
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294 292 290 288 286 284 282 280
Binding Energy (eV)
cPVCK1-900
Raw data
C=C
C-OH
O=C-O
Deconvolution
Intensity (a.u.)
294 292 290 288 286 284 282 280
Binding Energy (eV)