(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0034379
(43) 공개일자 2012년04월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*C01B 31/08* (2006.01) *B01J 20/32* (2006.01)
*B01J 20/20* (2006.01) *C23C 18/34* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0095906
(22) 출원일자 2010년10월01일
심사청구일자 2010년10월01일

(71) 출원인
**인하대학교 산학협력단**
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
**박수진**
인천광역시 남구 소성로 71, 용현동 253 (용현동, 인하대학교)
**장동일**
인천광역시 연수구 용담로 14, 하나아파트 106동 801호 (청학동)
(74) 대리인
**이은철**

전체 청구항 수 : 총 12 항

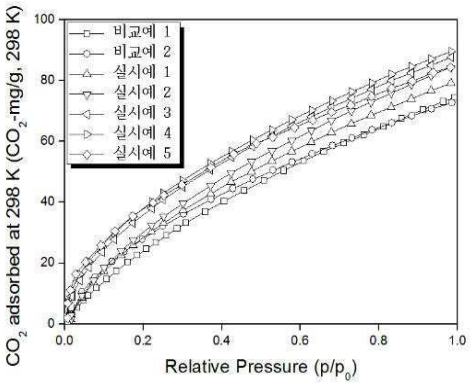
(54) 발명의 명칭 **니켈옥사이드를 처리한 고효율 이산화탄소 흡착제의 제조방법**

## (57) 요 약

본 발명은 활성탄소의 표면처리 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 활성탄소 표면의 니켈 무전해 도금 및 산화 처리를 통하여 이산화탄소의 선택적 흡착능을 향상 시킨 활성탄소의 표면처리 방법 및 상기 방법으로 처리한 활성탄소를 포함하는 이산화탄소 흡착제에 관한 것이다.

본 발명의 제조방법에 따라 활성탄소 표면에 니켈 무전해 도금 및 산화처리를 하면, 이산화탄소와 흡착제 간의 산염기 상호작용을 유도하여 보다 수월하게 이산화탄소의 선택적 흡착 효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 기체의 흡착을 미연에 방지할 수 있다. 또한 본 발명의 표면처리 방법으로 표면개질 된 활성탄소를 사용한 이산화탄소 흡착제는 기공폐쇄를 최소화하고 니켈옥사이드 처리량을 변화시킴으로써 최종적으로 이산화탄소 흡착량의 향상을 유도한다.

*대 표 도* - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | CD3-201-2-0-1 |
| 부처명 | 교육과학기술부 |
| 연구사업명 | 이산화탄소 저감 및 처리기술 개발사업 |
| 연구과제명 | 고효율 이산화탄소 포집을 위한 탄소계 흡착소재 개발 |
| 주관기관 | 인하대학교 산학협력단 |
| 연구기간 | 2010.04.01 ~ 2011.03.31 |

## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

(1) 활성탄소를 니켈 무전해 도금용액에 침지시키는 것을 특징으로 하는 니켈 무전해 도금 단계; 및

(2) 상기 니켈 도금 처리된 활성탄소를 산화 처리하는 단계;

를 포함하는 활성탄소의 표면처리 방법.

**청구항 2**

제 1항에 있어서,

상기 니켈 무전해 도금용액은 pH 3 ~ 10인 것을 특징으로 하는 활성탄소의 표면처리 방법.

**청구항 3**

제 1항에 있어서,

상기 니켈 무전해 도금용액은 니켈염, 환원제 및 착화제를 포함하는 것을 특징으로 하는 활성탄소의 표면처리 방법.

**청구항 4**

제 3항에 있어서,

상기 니켈염은 $NiCl_2 \cdot 6H_2O$, 환원제는 $Na_3C_6H_5O_7$ 또는 $NaCO_2CH_6$, 착화제는 $NaH_2PO_2$인 것을 특징으로 하는 활성탄소의 표면처리 방법.

**청구항 5**

제 4항에 있어서,

상기 니켈염으로 사용되는 $NiCl_2 \cdot 6H_2O$는 니켈 도금 용액 중에서 20 ~ 300 g/ℓ의 농도로 사용되는 것을 특징으로 하는 활성탄소의 표면처리 방법.

**청구항 6**

제 1항에 있어서,

상기 (1) 단계의 니켈 무전해 도금 온도는 40 ~ 200℃인 것을 특징으로 하는 활성탄소의 표면처리 방법.

**청구항 7**

제 1항에 있어서,

상기 (1) 단계의 니켈 무전해 도금 시간은 3 ~ 50분인 것을 특징으로 하는 활성탄소의 표면처리 방법.

**청구항 8**

제 1항에 있어서,

상기 (2) 단계의 산화 처리 온도는 200 ~ 500℃인 것을 특징으로 하는 활성탄소의 표면처리 방법.

**청구항 9**

제 1항에 있어서,

상기 (2) 단계의 산화 처리 시간은 1 ~ 20분인 것을 특징으로 하는 활성탄소의 표면처리 방법.

**청구항 10**

제 1항 내지 제 9항 중 어느 한 항의 방법에 의해 표면처리 된 활성탄소.

**청구항 11**

니켈 무전해 도금 및 산화 처리를 한 활성탄소를 포함하며 이산화탄소의 선택적 흡착능이 향상된 이산화탄소 흡착제.

**청구항 12**

제 10항에 있어서,

상기 활성탄소는 제 1항 내지 제 8항 중 어느 한 항의 방법으로 표면처리 된 활성탄소인 것을 특징으로 하는 이산화탄소 흡착제.

# 명 세 서

## 기 술 분 야

[0001] 본 발명은 활성탄소의 표면처리 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 활성탄소 표면의 니켈 무전해 도금 및 산화 처리를 통하여 이산화탄소의 선택적 흡착능을 향상 시킨 활성탄소의 표면처리 방법 및 상기 방법으로 처리한 활성탄소를 포함하는 이산화탄소 흡착제에 관한 것이다.

## 배 경 기 술

[0002] 최근 산업화로 인해 대기 중 이산화탄소의 농도가 점점 증가하고 있으며 이로 인한 환경문제 및 기후변화가 심각한 문제로 대두되고 있다. 이에 따라 이산화탄소 포집 및 저장을 위해 많은 연구가 진행 중이며, 그 방법에는 흡수법, 흡착법, 막분리법 등이 주를 이루고 있다.

[0003] 흡수법은 아민계 흡수제를 이용하여 이산화탄소를 흡수하고, 아민과 결합된 이산화탄소에 열을 가하여 이산화탄소를 고농도로 분리하는 것으로서, 현재 이산화탄소의 포집 및 저장을 위해 가장 많이 사용되는 방법이다. 그러나 흡수법은 분리 과정에서 많은 양의 에너지가 필요하며, 사용된 아민의 정제 과정이 필수적이기 때문에 그 공정이 매우 복잡해지므로 다른 분리방법에 비하여 설비비 및 운영비용이 가장 많이 든다.

[0004] 종래 특허출원 제10-2006-0052015호에는 이산화탄소 저장 및 분리를 목적으로 막분리법을 사용하고 있으나, 현재 제조되는 분리막은 가격이 매우 높고, 연소가스의 정제를 위한 전처리 장치의 설비비가 매우 높으며, 분리막의 오염에 의한 교체비용이 매우 크다는 문제점을 갖고 있다.

[0005] 위와 같은 흡수법 및 막분리법의 문제를 해결하기 위해 흡착법을 이용한 이산화탄소의 저장 및 분리에 대한 연구가 진행 중이며, 활성탄소, 메조포러스 실리카, MOF(Metal-Organic Framework) 등의 다공성 소재가 각광을 받고 있다.

[0006] 상기와 같이 이산화탄소 흡착용 소재로서 여러 재료가 개발되고 있지만, 현재 기술로는 산업상 방출되는 이산화탄소를 충분히 제거하기에 부족한 실정이다. 특별히 이산화탄소 흡착제용 다공성 소재 중 하나인 활성탄소는 기공 구조가 주로 미세기공으로 이루어져 있으며, 그 흡착 표면적이 넓어 흡착 용량이 크고, 가격이 저렴할 뿐만 아니라 사용이 간편하여 흡착제로서 유용한 소재로 사용되고 있다. 그러나 이산화탄소에 대한 선택적 흡착 성능이 낮은 단점을 갖는다.

[0007] 따라서 활성탄소뿐만 아니라, 현재 개발되고 있는 메조포러스 실리카 및 제올라이트에 있어서 이산화탄소 흡착량과 배가스로부터 이산화탄소의 선택적 흡착능의 개선 및 향상이 필요하다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하고 상기의 필요성에 의하여 안출된 것으로서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이산화탄소 흡착제로 사용되는 다공성 소재의 표면 개질을 통하여 이산화탄소와의 상호작용을 높임으로써 이산화탄소 흡착능을 향상시킬 수 있는 활성탄소의 표면처리 방법을 제공하는 데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 활성탄소의 표면처리 방법을 제공한다.

[0010] 구체적으로 본 발명의 활성탄소 표면처리 방법은 (1) 활성탄소를 니켈 무전해 도금용액에 침지시키는 것을 특징으로 하는 니켈 무전해 도금 단계; 및 (2) 상기 니켈 도금 처리된 활성탄소를 산화 처리하는 단계를 포함한다.

[0011] 또한, 본 발명은 니켈 무전해 도금 및 산화 처리를 한 활성탄소를 포함하며 이산화탄소의 선택적 흡착능이 향상된 이산화탄소 흡착제를 제공한다.

## 발명의 효과

[0012] 본 발명의 제조방법에 따르면, 이산화탄소에 대한 선택적 흡착능이 향상된 활성탄소 및 이를 포함하는 이산화탄소 흡착제를 얻을 수 있다.

[0013] 활성탄소 표면에 니켈 무전해 도금 및 산화처리를 하면, 이산화탄소와 흡착제 간의 산염기 상호작용을 유도하여 보다 수월하게 이산화탄소의 선택적 흡착 효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 기체의 흡착을 미연에 방지할 수 있다.

[0014] 또한 본 발명의 표면처리 방법으로 표면개질 된 활성탄소를 사용한 이산화탄소 흡착제는 기공폐쇄를 최소화하고 니켈옥사이드 처리량을 변화시킴으로써 최종적으로 이산화탄소 흡착량의 향상을 유도한다.

## 도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따라 니켈 옥사이드 처리 후 표면 개질된 활성탄소의 결정 구조 변화를 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따라 니켈 옥사이드 처리 후 표면 개질된 활성탄소의 이산화탄소에 대한 흡착능 실험 결과를 나타내는 그래프이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 니켈 옥사이드 처리 후 표면 개질된 활성탄소의 표면을 나타낸 SEM 사진이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0017] 본 발명은 활성탄소의 표면처리 방법을 제공한다.

[0018] 구체적으로 본 발명의 활성탄소 표면처리 방법은 (1) 활성탄소를 니켈 무전해 도금용액에 침지시키는 것을 특징으로 하는 니켈 무전해 도금 단계; 및 (2) 상기 니켈 도금 처리된 활성탄소를 산화 처리하는 단계를 포함한다.

[0019] 본 발명에 사용되는 활성탄소는 이산화탄소 흡착을 위해 미세기공이 잘 발달되고 비표면적이 큰 활성탄소인 것이 바람직하며, 입상 또는 분말상으로 존재하는 기존의 활성탄소뿐만 아니라 섬유상 또는 부직포로 존재하는 활성탄소섬유 등을 모두 포함한다. 또한 무전해 도금 단계의 경우 니켈 무전해 도금뿐만 아니라 니켈 전해도금 및 구리 도금 등을 모두 포함한다.

[0020] 본 발명에 있어서, 니켈 무전해 도금을 하기 전에 활성탄소의 정제 및 활성화를 위한 전처리 과정을 거치는 것이 바람직하다.

[0021] 활성탄소를 10wt% 질산으로 30분 동안 전처리하고 속슬레(Soxhlet) 장치를 이용하여 아세톤으로 2시간 동안 세척함으로써 활성탄소에 존재하는 유기휘발성 물질 및 비정질 탄소 등을 완전히 제거 하는 정제과정을 거친다. 상기 정제된 활성탄소는 염화주석 용액에서 1분 동안 활성화시킨 후 세척하고, 다시 염화팔라듐을 이용하여 1분 동안 활성화시키는 것이 바람직하다. 이 과정에서 활성탄소표면에 주석/팔라듐 핵이 형성되며, 상기 주석/팔라듐 핵은 금속 침착이 효과적으로 일어나도록 돕는 촉매 역할을 한다.

[0022] 본 발명의 상기 (1) 단계에서 니켈 무전해 도금용액은 니켈염, 환원제 및 착화제를 주성분으로 포함하는 것으로서, 상기 니켈염으로는 $NiCl_2 \cdot 6H_2O$가, 환원제로는 $Na_3C_6H_5O_7$ 또는 $NaCO_2CH_6$가, 착화제로는 $NaH_2PO_2$가 사용되는 것이 바람직하며, 특히 상기 $NiCl_2 \cdot 6H_2O$은 니켈 도금용액 중에서 니켈 이온을 공급하는 역할을 하는 것으로서 20 ~ 300 g/ℓ의 농도로 사용되는 것이 적절하다.

[0023] 상기 도금용액 중 환원제는 니켈염의 니켈이온이 탄소섬유 표면에 니켈막을 형성할 수 있도록 하는 역할을

한다. 니켈 무전해 도금액의 pH는 산성욕의 경우 pH 3 ~ 6 범위인 것, 알칼리욕의 경우 pH 8 ~ 10 범위인 것이 바람직하다.

[0024] 본 발명의 니켈 무전해 도금 단계에서 도금 온도는 40 ~ 200℃인 것을 특징으로 하며, 활성탄소의 도금욕 노출 시간은 3 ~ 50분인 것이 바람직하다. 침지시간이 3분 미만일 때는 자가 촉매반응시간이 너무 짧은 관계로 활성탄소 표면에 도금되는 니켈 층의 양이 적어지기 때문에 바람직하지 못하며, 50분을 초과하면 다량으로 형성된 니켈층으로 인하여 활성탄소 표면에 피트가 발생되고 금속층이 활성탄소 본연의 특성을 소실할 정도로 두꺼워지기 때문에 흡착용 소재로서 부적합하다.

[0025] 본 발명의 무전해 도금 단계를 위한 금속은 니켈뿐만 아니라 도금 처리 및 산화가 가능한 금속을 모두 포함한다.

[0026] 본 발명에 있어서, 상기 (2) 단계는 니켈이 도금된 활성탄소를 소각로에서 산화 처리하는 단계로서, 산화처리 온도는 200 ~ 500℃이고, 산화 처리 시간은 1 ~ 20분인 것을 특징으로 한다. 이는 산화시간이 1분 미만일 때 활성탄소 표면의 니켈 입자들이 충분히 니켈옥사이드로 산화되지 않거나 수가 적고, 20분 이상일 때는 활성탄소 기공의 붕괴가 나타나면서 기공의 크기가 거대해지기 때문이다.

[0027] 또한, 본 발명은 상기 표면처리 방법에 의해 처리된 활성탄소를 제공하며, 니켈 도금 및 산화 처리된 활성탄소를 포함하는 이산화탄소 흡착제를 제공한다.

[0028] 이하, 실시예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.

[0029] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0030] 본 발명에서는 이산화탄소 흡착제로 활성탄소(chalcoal activated, TCI Co.)를 사용하였으며, 하기 실시예 및 비교예에 설명한 바와 같이 니켈산화물이 처리된 활성탄소를 제조한 후 이를 이산화탄소 흡착제로 사용하여 이산화탄소의 흡착능을 평가하였다.

[0031] **실시예 1.**

[0032] 활성탄소 1 g을 상온에서 10wt% 질산($HNO_3$)으로 30분 전처리하고 속슬레(Soxhlet) 장치를 이용하여 아세톤으로 2시간 세척하여 건조하였다. 그 후 상기 활성탄소를 이염화주석($SnCl_2$) 용액에서 1분 동안 활성화시킨 후 세척하고 다시 염화팔라듐($PdCl_2$)을 이용하여 1분 동안 활성화시켰다. 이 과정에서 탄소섬유 표면에 주석/팔라듐 핵이 형성되며, 활성탄소 표면에 형성된 주석/팔라듐 핵은 금속 니켈의 침착을 촉진시킬 수 있게 된다.

[0033] $NiCl_2·6H_2O$ 280 g/ℓ, $NaH_2PO_2·2H_2O$ 100 g/ℓ, 및 $NaCO_2CH_6$ 15 g/ℓ의 조성을 가지는 pH 8의 니켈 무전해 도금용액에 상기 처리된 활성탄소를 넣고 90℃의 온도에서 5분 동안 교반장치를 이용하여 용액을 잘 저어 주면서 활성탄소를 표면처리한 후, 완전하게 건조시켜 무전해 니켈 도금된 활성탄소를 수득하였다.

[0034] 생성된 무전해 니켈 도금된 활성탄소는 300℃의 온도에서 1분간 산화시켜 니켈산화물이 처리된 활성탄소를 얻었다.

[0035] **실시예 2.**

[0036] 상기 실시예 1에서와 동일한 공정으로 활성탄소 표면 처리를 수행하되, 니켈 무전해 도금된 활성탄소에 산화 처리를 하는 단계에서 2분 동안 처리하여 니켈 산화물이 처리된 활성탄소를 수득하였다.

[0037] **실시예 3.**

[0038] 상기 실시예 1에서와 동일한 공정으로 활성탄소 표면 처리를 수행하되, 니켈 무전해 도금된 활성탄소에 산화 처리를 하는 단계에서 5분 동안 처리하여 니켈 산화물이 처리된 활성탄소를 수득하였다.

[0039] **실시예 4.**

[0040] 상기 실시예 1에서와 동일한 공정으로 활성탄소 표면 처리를 수행하되, 니켈 무전해 도금된 활성탄소에 산화 처리를 하는 단계에서 10분 동안 처리하여 니켈 산화물이 처리된 활성탄소를 수득하였다.

[0041] **실시예 5.**

[0042] 상기 실시예 1에서와 동일한 공정으로 활성탄소 표면 처리를 수행하되, 니켈 무전해 도금된 활성탄소에 산화 처리를 하는 단계에서 20분 동안 처리하여 니켈 산화물이 처리된 활성탄소를 수득하였다.

[0043] 또한, 니켈 무전해 도금 및 산화 처리하지 않은 활성탄소의 특성 변화를 알아보기 위하여 다음과 같은 비교예를 준비하였다.

[0044]

[0045] **비교예 1.**

[0046] 표면에 아무런 처리도 하지 않은 활성탄소를 이용하여 본 발명의 실시예와 비교하기 위하여, 활성탄소 1 g을 상온에서 10wt% 질산으로 30분 간 전처리하고 속슬레(Soxhlet) 장치를 이용하여 아세톤으로 2 시간 세척하여 건조하는 정제과정만 실시하였다.

[0047] **비교예 2.**

[0048] 상기 실시예 1에서와 동일한 공정을 수행하되, 니켈 무전해 도금 처리된 활성탄소에 산화처리 단계를 거치지 않은 활성탄소를 수득하였다.

[0049] 본 발명에 있어서 각각의 특성 값들은 다음과 같은 방법에 의하여 측정하였다.

[0050] **실험예 1. 표면 개질된 활성탄소의 비표면적 측정**

[0051] 본 발명에 따라 제조된 활성탄소의 표면 구조 특성은 77 K의 액체 질소 분위기 하에서 질소기체를 흡착질로 하여 흡착량을 측정하였다. 질소 등온 흡착 시험 후, 질소 흡착 등온선을 통해 BET 비표면적을 계산하였다. 아래 표 1에서는 본 발명의 실시예에 따른 활성탄소의 비표면적 측정 결과를 나타내었다.

[0052] 표 1에서 나타난 바와 같이, 본 발명의 방법으로 처리한 활성탄소는 니켈 무전해 도금 처리를 거치지 않은 활성탄소에 비해 BET 비표면적이 감소한 것을 알 수 있으며, 이는 니켈 코팅이 기공을 막아 생기게 된 현상이다. 또한 시간을 달리하여 산화 처리하였을 때, 산화시간이 증가함에 따라 비표면적은 조금씩 감소하였다.

[0053] [표 1]

| | 비표면적 ($m^2/g$) |
|---|---|
| 비교예1 | 1608 |
| 비교예2 | 1203 |
| 실시예1 | 1167 |
| 실시예2 | 1129 |
| 실시예3 | 1096 |
| 실시예4 | 1053 |
| 실시예5 | 1012 |

[0054]

[0055] **실험예 2. 표면 개질된 활성탄소의 결정 구조 변화 관찰**

[0056] 본 발명에 따라 제조된 니켈 산화물이 처리된 활성탄소의 표면 결정 특성을 X-ray 회절분석법 (X-ray diffractometer, XRD; D/MAX 2200V/PC, Rigaku)을 통해 관찰하였으며, 산화시간의 증가가 니켈 옥사이드 형성에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

[0057] 도 1에서 본 발명의 방법으로 처리한 활성탄소의 XRD 결과를 나타내었다. 그 결과 26° 에서 전형적인 활성탄소의 피크를 보여주고 있다. 세러 방정식(Scherrer equation)에 따라 계산했을 때, 니켈옥사이드 결정(NiO crystallites)의 평균 크기는 산화시간이 증가함에 따라 증가한다는 것을 알 수 있다. 니켈옥사이드 결정(NiO crystallites)의 크기는 비표면적과 기공의 구조에 영향을 줄 것으로 예상된다.

[0058] 니켈 무전해 도금처리 후 Ni의 피크는 40° 및 46° 에서 확인되었다. 또한 니켈옥사이드(NiO)의 피크는 43° , 54° 와 63° 에서 산화처리 시간이 증가함에 따라 점차적으로 증가하였다. 이는 니켈 무전해 도금을 통해 활성탄소 표면에 니켈이 표면처리 되었으며, 산화시간이 증가함에 따라 활성탄소 표면의 니켈이 산화되었음을 의미한다.

[0059] 또한 본 발명에 따라 제조된 활성탄소에 있어서, 표면 처리 전과 후의 활성탄소 표면을 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, SEM; S-4200, Hitachi, Japan)을 통해 관찰하였다.

[0060] 도 3에서 본 발명의 방법으로 처리한 활성탄소의 모폴로지와 구조변화를 실시예 4 및 비교예 1의 SEM 사진으로 나타내었다. 실시예4의 SEM 사진에서 니켈 무전해도금 처리 및 산화처리를 통해 활성탄소 표면에 니켈 옥사이드 코팅이 형성되었으며, 이로 인해 일부 기공이 폐쇄되는 현상을 보이고 있음을 알 수 있다.

[0061] **실험예 3. 이산화탄소 흡착량의 측정 (mg/g)**

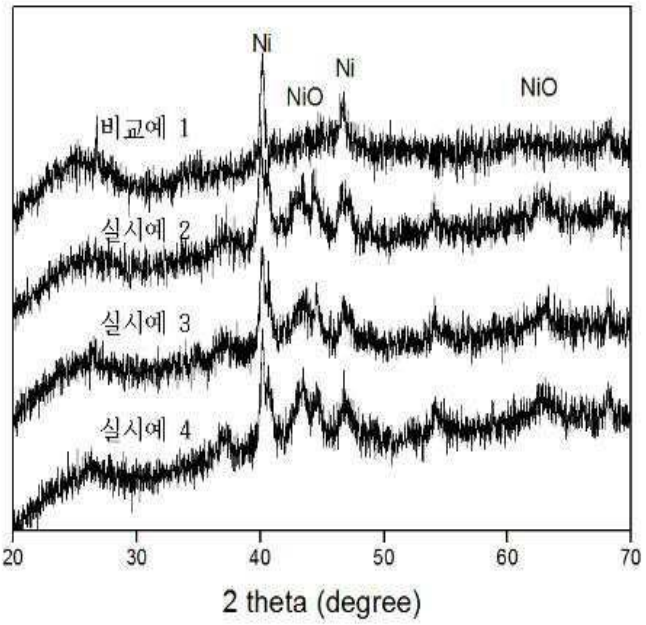
[0062] 본 발명에 따라 각각 제조된 활성탄소의 이산화탄소 흡착량을 확인하고자 298 K에서 이산화탄소 기체를 흡착질로 하여 상대압력에 따른 흡착량을 측정하였다. 이산화탄소 등온 흡착 시험 후, 그 결과는 도 2에 나타내었으며, mg/g ($CO_2$/흡착제) 단위로 기재하였다.

[0063] 도 2는 본 발명의 방법으로 처리한 활성탄소의 상온, 1기압에서의 이산화탄소 흡착량을 측정한 결과이다. 니켈 무전해 도금을 실시한 활성탄소는 처리하지 않은 활성탄소보다 이산화탄소 흡착량이 감소하였다. 이를 통하여 활성탄소 표면의 니켈은 이산화탄소의 흡착에 효과적이지 못하며 기공폐쇄를 통해 비표면적이 감소하고 이산화탄소 흡착량 역시 감소하였음을 알 수 있다. 또한 전이금속은 전자 받개(electron acceptors)로 작용하여 산성을 띄기 때문에 산성가스인 이산화탄소의 흡착에 부적합하다.

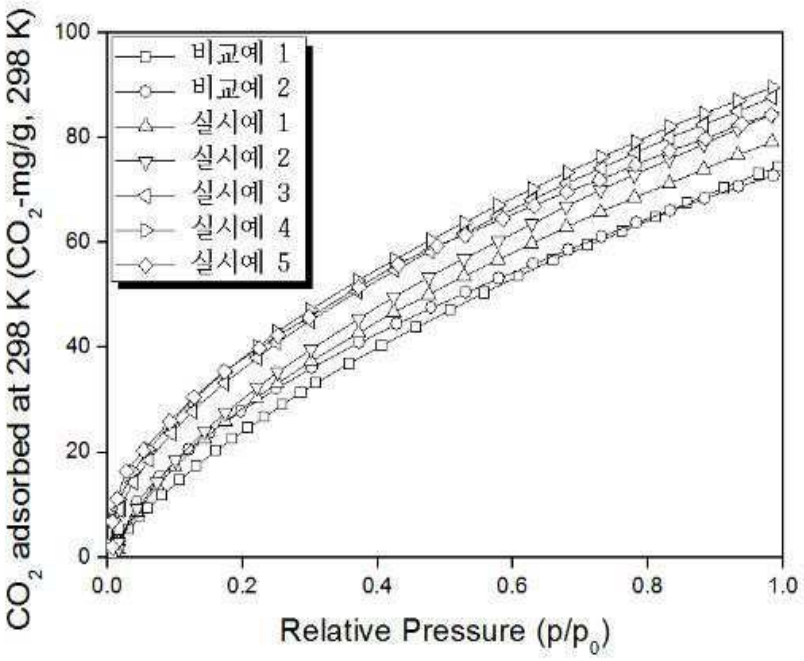
[0064] 반면, 산화 처리를 거쳐 산화된 활성탄소 표면의 니켈옥사이드는 염기특성을 나타내고 있으며, 산성가스인 이산화탄소의 흡착을 유도하는 산-염기 상호작용을 할 수 있기 때문에 산화시간이 증가함에 따라 이산화탄소의 흡착량이 증가함을 보여주고 있다. 산화시간은 10분이 적당하며 그 이상 산화시키더라도 산화시간의 증가에 따라 이산화탄소 흡착량은 더 이상 증가하지 않았다. 이는 높은 온도에서의 활성탄소의 오랜 시간 노출은 활성탄소의 기공구조가 뭉개지는 현상을 보여주고 있기 때문이다.

## 도면

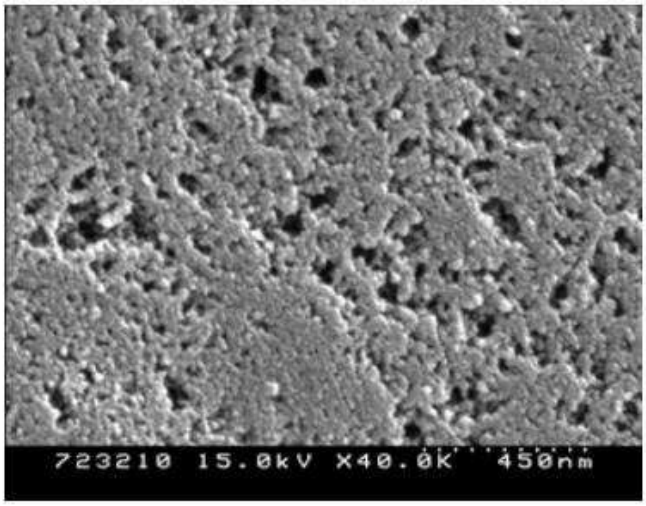
### 도면1


Ni
Ni
NiO
NiO
비교예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4
20
30
40
50
60
70
2 theta (degree)

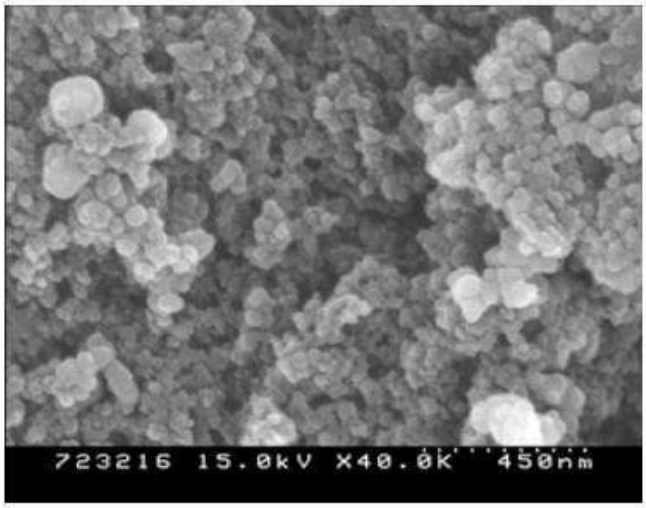
### 도면2


비교예 1
비교예 2
실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4
실시예 5
CO2 adsorbed at 298 K (CO2-mg/g, 298 K)
0
20
40
60
80
100
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Relative Pressure (p/p0)

도면3




(비교예1)




(실시예4)