



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0005323  
(43) 공개일자 2020년01월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B01J 20/20 (2018.01) B01D 53/02 (2006.01)  
B01J 20/28 (2006.01) B01J 20/30 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
B01J 20/20 (2018.01)  
B01D 53/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0078906  
(22) 출원일자 2018년07월06일  
심사청구일자 2018년07월06일

(71) 출원인  
주식회사 케이셀  
전라북도 전주시 완산구 천잠로 303 ,효자동2  
가(전주대학교벤처창업관308호)  
(72) 발명자  
김영관  
전라북도 전주시 완산구 봉곡1길, 401호(효자동  
2가, 한영빌라)  
(74) 대리인  
특허법인다나

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 라돈 방사성 물질 제거용 흡착제의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 균일한 5 Å 내지 50 Å 범위의 미세 공극을 가지며, 높은 비표면적을 가지는 라돈 흡착제의 제조방법과 라돈 제거기술에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

*B01J 20/2808* (2013.01)

*B01J 20/28083* (2013.01)

*B01J 20/3071* (2013.01)

*B01J 20/3078* (2013.01)

*B01D 2253/102* (2013.01)

*B01D 2257/11* (2013.01)

*B01D 2259/4508* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

세척수를 이용하여 활성탄을 세척하는 1차 세척단계;

세척수 및 고속 초음파 세척기를 이용하여 1차 세척된 활성탄을 초음파 세척하는 2차 세척단계; 및

진공 열처리로를 이용하여 2차 세척된 활성탄을 진공 열처리하는 열처리단계를 포함하는 라돈 흡착제의 제조방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

열처리된 라돈 흡착제에서 5 Å 내지 50 Å 크기의 세공이 30% 이상 분포되는 것을 특징으로 하는 라돈 흡착제의 제조방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

세척수는 증류수이고, 세척수의 온도는  $80 \pm 10^\circ\text{C}$ 인 것을 특징으로 하는 라돈 흡착제의 제조방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

2차 세척단계에서  $1,200 \pm 100$  W 출력의 고속 초음파 세척을 2회 이상 수행하는 것을 특징으로 하는 라돈 흡착제의 제조방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

열처리단계에서 진공 열처리로를 사용하여  $250^\circ\text{C}$  내지  $300^\circ\text{C}$ 의 온도 범위에서  $5 \pm 2$ 시간 동안 열처리하는 것을 특징으로 하는 라돈 흡착제의 제조방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 라돈 방사성 물질을 흡착 제거하기 위한 흡착제 제조기술에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근 환경오염에 대한 관심의 증대와 생활수준의 질적인 향상을 위한 노력이 다양한 곳에서 이루어지고 있으며, 이러한 경향은 실내공기를 보다 쾌적하게 하기 위한 노력으로까지 파생되었다.

[0003] 특히 최근에 들어서, 방사성 물질을 함유한 시멘트, 골재, 모자나이트와 같은 광물성 물질을 사용한 아파트, 건물, 주택, 침대 매트리스 등과 같은 실생활 전반에 걸쳐, 라돈, 토륨 등의 방사성 물질의 검출로 사회적 파장을 야기하고 있다.

[0004] 그 발생량들은 차이가 있으나, 상당히 많은 지하자원에서 이러한 방사성 물질이 함유되어 있어, 사회적 불안감과 건강에 대한 위기 의식으로 방사성 물질을 효과적으로 제거할 수 있는 소재와 방법에 대한 연구가 폭발적으로 증가하고 있다.

[0005] 라돈은 주기율표 상에 6주기 18족에 속하는 비활성기체 중 마지막 원소로서 방사성원소이고, 원소기호는 Rn, 녹는점은  $-71.15^\circ\text{C}$ , 끓는점은  $-61.85^\circ\text{C}$ , 밀도는  $9.73 \text{ kg/m}^3$ 이며, 색깔과 냄새가 없고, 라듐의 붕괴로 생성되는 무거운 방사성 가스이다. 공기나 천연수 속에도 적은 양이 함유되어 있고, 우라늄광물 속에 흡착되어 존재하고,

광천, 온천, 지하수 등에도 용해되어 있다. 라돈은 비활성기체로 화학적 반응성이 없으나, 전기음성도가 큰 불소나 염소와 반응하여 라돈 플루오라이드( $RnF_2$ )와 같은 화합물을 생성한다. 물에  $230 \text{ cm}^3/L(20^\circ\text{C})$  녹고, 유기용매에 더 잘 녹는다. 자연상태의 라돈에서 방출되는 방사선은 인체에 영향을 주지 않으나, 라돈이 광산이나 지하 같이 밀폐된 공간에 축적되어 있을 경우 폐암을 일으킨다는 보고가 있다.

[0006] 라돈은 무거운 기체로 밀폐된 공간에서 하층부에 고정적으로 분포하며, 치명적인 피해를 야기할 수 있어 안정적인 제거방법이 필요한 실정이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 균일한 미세 공극 구조를 가지며, 높은 비표면적을 가지는 라돈 흡착제의 제조방법과 라돈 제거기술을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 상술한 목적을 달성하기 위해, 세척수를 이용하여 활성탄을 세척하는 1차 세척단계; 세척수 및 고속 초음파 세척기를 이용하여 1차 세척된 활성탄을 초음파 세척하는 2차 세척단계; 및 진공 열처리로를 이용하여 2차 세척된 활성탄을 진공 열처리하는 열처리단계를 포함하는 라돈 흡착제의 제조방법을 제공한다.

[0009] 본 발명에 따라 열처리된 라돈 흡착제에서  $5 \text{ \AA}$  내지  $50 \text{ \AA}$  크기의 세공이 30% 이상 분포될 수 있다.

[0010] 본 발명에서 세척수는 증류수이고, 세척수의 온도는  $80 \pm 10^\circ\text{C}$ 일 수 있다.

[0011] 본 발명에 따른 2차 세척단계에서  $1,200 \pm 100 \text{ W}$  출력의 고속 초음파 세척을 2회 이상 수행할 수 있다.

[0012] 본 발명에 따른 열처리단계에서 진공 열처리로를 사용하여  $250^\circ\text{C}$  내지  $300^\circ\text{C}$ 의 온도 범위에서  $5 \pm 2$ 시간 동안 열처리할 수 있다.

### 발명의 효과

[0013] 본 발명에 따라 라돈 입자 사이즈에 맞는 세공 구조가 발달된 흡착제를 사용하여 선택적 라돈 흡착이 가능하다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0015] 라돈은 비활성 물질에 안정적인 물질로서, 반감기는 3.8일이므로, 본 발명에서는 흡착을 통한 반감 제거의 방법을 제안하고자 한다.

[0016] 최근 라돈을 제거하기 위해, 활성탄, 제올라이트 등의 흡착제를 이용한 흡착 제거가 이루어지고 있으나, 그 제거 효율은 40 내지 50% 수준인 것이 대부분이다.

[0017] 라돈 입자의 크기는  $4.17 \text{ \AA}$ 이므로, 세공의 분포가 통상  $20 \text{ \AA}$  미만인 미세공(Micro pore),  $20 \text{ \AA}$  내지  $100 \text{ \AA}$ 의 중세공(Transition pore),  $100 \text{ \AA}$  초과와 대세공(Macro pore)으로 분포된 활성탄으로 라돈을 흡착하기에는 그 효과가 미비한 것이 현실이다.

[0018] 라돈 입자를 보다 효과적으로 흡착하기 위해서는, 활성탄의 기공 사이즈가  $5 \text{ \AA}$  내지  $50 \text{ \AA}$  범위이고, 기공이 균일하게 분포된 활성탄의 제조를 통해 그 효과를 극대화할 수 있다.

[0019] 따라서, 균일한 기공 분포를 가지는 활성탄의 제조기술이 중요하다. 그러나 기존의 약품 활성화, 가스 활성화, 증기 활성화 등을 통한 제조로는 극미세 구조의 기공을 형성하기 어렵다.

[0020] 본 발명에서 제안하는 초음파 세척 후 진공 열처리를 통해 균일한 미세구조가 발달된 라돈 흡착제를 제조할 수 있다.

[0021] 구체적으로, 본 발명에 따른 라돈 흡착제의 제조방법은 세척수를 이용하여 활성탄을 세척하는 1차 세척단계; 세척수 및 고속 초음파 세척기를 이용하여 1차 세척된 활성탄을 초음파 세척하는 2차 세척단계; 및 진공 열처리로를 이용하여 2차 세척된 활성탄을 진공 열처리하는 열처리단계를 포함할 수 있다.

- [0022] 먼저, 1차 세척단계에서 세척수를 이용하여 활성탄을 세척한다. 세척수는 균일한 미세구조 형성 및 세척효율 등을 고려하여 증류수인 것이 바람직하고, 세척수의 온도는 균일한 미세구조 형성 및 세척효율 등을 고려하여  $80 \pm 10^\circ\text{C}$ 인 것이 바람직하다. 이와 같이, 1차적으로 활성탄의 증류수 세척을 통해 큰 입자의 불순물들을 제거할 수 있다.
- [0023] 활성탄으로는 요오드가 1,000 내지 1,400 및 비표면적(BET) 500 내지 2,000  $\text{m}^2/\text{g}$ 의 야자계 활성탄을 사용할 수 있다. 라돈 흡착제를 값싼 활성탄 분말을 이용하여 제작함으로써 제조비용을 절감할 수 있다. 또한, 적절한 범위의 비표면적을 갖는 활성탄을 사용함으로써 라돈 제거율을 개선할 수 있다.
- [0024] 다음, 2차 세척단계에서 세척수 및 고속 초음파 세척기를 이용하여 1차 세척된 활성탄을 초음파 세척한다. 2차 세척단계에서 고속 초음파 세척기의 출력은 균일한 미세구조 형성 및 세척효율 등을 고려하여  $1,200 \pm 100 \text{ W}$ 인 것이 바람직하다. 초음파 세척 횟수는 균일한 미세구조 형성 및 세척효율 등을 고려하여 적어도 2회 이상인 것이 바람직하다. 초음파 세척 횟수의 상한은 예를 들어 10회, 8회, 6회 또는 4회일 수 있다. 2차 세척단계의 세척수는 균일한 미세구조 형성 및 세척효율 등을 고려하여 증류수인 것이 바람직하고, 세척수의 온도는 균일한 미세구조 형성 및 세척효율 등을 고려하여  $80 \pm 10^\circ\text{C}$ 인 것이 바람직하다. 이와 같이,  $1,200 \pm 100 \text{ W}$ 의 고속 초음파 세척을 통해, 활성탄 내부에 흡착되어 있는 미량의 산성 물질, 염기성 물질 및 기타 유기물 불순물들을 제거할 수 있다. 즉, 활성탄의 초음파 세정을 통해 미세 세공 내의 염기성, 산성이온 및 불순물을 제거할 수 있다.
- [0025] 다음, 열처리단계에서 진공 열처리로를 이용하여 2차 세척된 활성탄을 진공 열처리한다. 열처리 온도는 균일한 미세구조 형성 등을 고려하여  $250^\circ\text{C}$  내지  $300^\circ\text{C}$ 인 것이 바람직하고, 열처리 시간은 균일한 미세구조 형성 등을 고려하여  $5 \pm 2$ 시간인 것이 바람직하다. 진공도는  $5 \times 10^{-3} \text{ Torr}$  이하의 저진공 또는  $2 \times 10^{-5} \text{ Torr}$  이하의 고진공일 수 있다. 이와 같이, 2회 이상의 초음파 세척을 진행한 후, 진공 열처리로를 사용하여  $250^\circ\text{C}$  내지  $300^\circ\text{C}$  범위에서  $5 \pm 2$ 시간 동안의 열처리를 통해, 내부 흡착 물질들을 탈기하여 미세 공극이 형성될 수 있도록 한다.
- [0026] 본 발명에 따라 열처리된 라돈 흡착제는  $5 \text{ \AA}$  내지  $50 \text{ \AA}$  크기의 세공을 30% 이상 포함하여 우수한 라돈 제거율을 나타낼 수 있다.  $5 \text{ \AA}$  내지  $50 \text{ \AA}$  크기의 세공 분포의 상한은 100%, 80%, 60% 또는 40%일 수 있다. 나머지는  $5 \text{ \AA}$  미만 및/또는  $50 \text{ \AA}$  초과인 세공일 수 있다.
- [0027] 본 발명에 따른 라돈 흡착제의 라돈 제거율은 60% 이상, 바람직하게는 70% 이상, 더욱 바람직하게는 80% 이상, 가장 바람직하게는 90% 이상일 수 있다.
- [0028] [실시예]
- [0029] 활성탄을 증류수( $80^\circ\text{C}$ )로 1차 세척하였다.
- [0030] 다음, 1차 세척된 활성탄에 대해, 증류수( $80^\circ\text{C}$ ) 및 고속 초음파 세척기를 이용하여,  $1,200 \text{ W}$  출력의 고속 초음파 세척을 2회 수행하였다.
- [0031] 다음, 초음파 세척된 활성탄에 대해, 진공 열처리로를 이용하여  $275^\circ\text{C}$ 에서 5시간 동안 열처리하였다.
- [0032] 현미경(주사전자현미경, 투과전자현미경 등) 등을 이용하여 열처리된 라돈 흡착제의 세공을 분석한 결과,  $5 \text{ \AA}$  내지  $50 \text{ \AA}$  크기의 세공이 30% 내지 90% 분포되었다.
- [0033] 또한, 라돈 측정기를 이용하여 측정한 라돈 제거율은 60% 내지 90%이었다.