



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월18일
(11) 등록번호 10-1570130
(24) 등록일자 2015년11월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/16 (2006.01) B01J 20/30 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 20/165 (2013.01)
B01J 20/3028 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0065702
(22) 출원일자 2015년05월12일
심사청구일자 2015년05월12일
(56) 선행기술조사문헌
KR101279579 B1*
IRVAN, UNIVERSITI SAINS MALAYSIA 박사학위논문,
2009*
KR1020020027044 A
JP3247610 B2
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
동원중공업 주식회사
경기도 화성시 서신면 전곡산단7길 6
전북대학교산학협력단
전라북도 전주시 덕진구 백제대로 567 (덕진동1가)
(72) 발명자
박진희
경기도 시흥시 은행로 93-1, 409동 701호(은행동, 시흥은행4차대우푸르지오아파트)
문장수
서울특별시 송파구 송이로 257, 301동 503호 (문정동, 문정3차 푸르지오)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 박함용

(54) 발명의 명칭 **천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 약취 흡착제 및 이의 제조방법**

(57) 요약

본 발명은 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 약취 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 천연제올라이트, 애쉬, 황토, 벤토나이트 및 탄산수소나트륨을 포함하여 복합 약취 흡착제를 제조하여 음식물 쓰레기 자원화 시설에 사용함으로써 발생하는 염기성 가스인 암모니아, 트리메틸아민 등과 산성가스인 황화수소 및 메틸메르캅탄 (methyl mercaptan) 등의 약취 유발물질들을 흡착하여 제거한다. 또한, 약취 유발 물질을 흡착하여 오염된 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착제는 마이크로파에 의한 탈착 효율이 우수하여 효과적이고도 신속한 흡착제의 탈착을 가능하게 함으로서 탈착과정에 소요되는 에너지를 최소화하여 재생에너지 효율이 우수하고, 상기 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 약취 흡착제에 애쉬를 포함함으로써 매립되는 폐기물을 산업상 유용한 용도를 갖도록 재활용하여 환경을 보호하고 제조비용을 절감하는 효과가 있다.

대표도 - 도1



- (52) CPC특허분류
 B01J 20/3042 (2013.01)
 B01J 20/3078 (2013.01)

양고수
전라북도 전주시 완산구 우목길 70-23

- (72) 발명자
 송현준
 경기도 오산시 대원로 70, 511동 1202호(원동, 운
 암주공5단지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|----------|-------------------------------------|
| 과제고유번호 | 2014001380001 |
| 부처명 | 환경부 |
| 연구관리전문기관 | 한국환경산업기술원 |
| 연구사업명 | 2014년 미래유망 녹색환경기술산업화 촉진사업 |
| 연구과제명 | 혼합제올라이트를 이용한 음식물 자원화시설 악취 흡착 기술 실증화 |
| 기여율 | 1/1 |
| 주관기관 | 동원엔지니어링(주) |
| 연구기간 | 2014.05.01 ~ 2016.04.30 |

명세서

청구범위

청구항 1

천연제올라이트 100 중량부, 애쉬(Fly Ash) 20 ~ 25 중량부, 황토 4 ~ 7 중량부, 벤토나이트 1 ~ 3 중량부 및 탄산수소나트륨(NaHCO_3) 13 ~ 16 중량부를 포함하는 혼합물과 상기 혼합물 100 중량부에 대하여 유기계 바인더 1 ~ 5 중량부가 더 포함된, 천연제올라이트가 포함된 복합 약취 흡착제.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복합 약취 흡착제의 공극의 크기는 10 ~ 300 nm인 것을 특징으로 하는, 천연제올라이트가 포함된 복합 약취 흡착제.

청구항 4

천연제올라이트 100 중량부, 애쉬(Fly Ash) 20 ~ 25 중량부, 황토 4 ~ 7 중량부, 벤토나이트 1 ~ 3 중량부 및 탄산수소나트륨(NaHCO_3) 13 ~ 16 중량부를 혼합하여 제1혼합물을 제조하는 혼합단계;

상기 제1혼합물 100중량부에 대하여 유기계 바인더 1 ~ 5 중량부를 더 추가한 후 그레놀(granule)형태로 성형하는 성형단계; 및

그레놀 형태로 성형된 혼합물에 열을 가하는 건조소성단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 천연제올라이트가 포함된 복합 약취 흡착제의 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 건조소성단계 후에, 소성된 그레놀 형태의 혼합물을 0.5 ~ 20 mm의 크기로 선별하는 단계;를 더 포함하는, 천연제올라이트가 포함된 복합 약취 흡착제의 제조방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 성형단계는, 회전체에 혼합물 100 중량부에 대하여 유기계 바인더 1 ~ 5 중량부 투입한 후, 3 ~ 30 rpm으로 회전시켜 그레놀(granule) 형태로 성형하는 것을 특징으로 하는, 천연제올라이트가 포함된 복합 약취 흡착제의 제조방법.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 건조소성단계는,

상기 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가하여 그레놀 표면의 수분을 제거하는 건조단계;

상기 건조단계를 거친 그레놀 형태의 혼합물을 타공홀이 포함된 회전 스크린에 통과시켜 미분을 제거하는 미분

제거단계; 및

상기 미분제거단계를 거친 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가하는 소성단계;

를 포함하는, 천연제올라이트가 포함된 복합 악취 흡착재의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 건조단계는 80 ~ 150 ℃의 온도에서 수행되는, 천연제올라이트가 포함된 복합 악취 흡착재의 제조방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 소성단계는 250 ~ 800 ℃의 온도에서 수행되는, 천연제올라이트가 포함된 복합 악취 흡착재의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 악취 흡착재 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 천연제올라이트, 애쉬, 황토, 벤토나이트 및 탄산수소나트륨을 포함하여 복합 악취 흡착재를 제조하여 음식물 쓰레기 자원화 시설, 하수처리장, 분뇨처리장, 소각장 및 염색공단 등 악취가 발생하는 시설에 사용함으로써 상기 시설에서 발생하는 악취를 효과적으로 탈취시킬 수 있는 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 악취 흡착재 및 이의 제조방법이다.

배경 기술

[0002] 최근 환경권에 대한 인식변화로 대기오염과 더불어 악취문제가 심각하게 대두되고 있다. 우리나라는 한정된 국토의 효율적 이용을 위해 주거지역과 공업지역이 혼재되어 있으며, 인구밀도가 높아 악취 민원의 발생빈도가 매우 클 뿐만 아니라 악취물질의 종류와 발생원이 매우 다양하여 효율적인 관리에 많은 어려움이 있다.

[0003] 이러한 악취의 원인이 되는 물질은 그 종류가 대단히 많을 뿐만 아니라 악취물질 간의 복합적인 작용이나 후각의 개인적인 차이 등으로 인하여 느끼는 정도나 피해정도를 일률적으로 나타내기가 어려워 대기오염 중에서도 가장 까다롭고 해결하기 어려운 공해문제 중의 하나로 여겨지고 있다. 악취는 인체에 대한 유해성 보다는 정신적, 심리적 피해를 야기하는 감각공해의 하나로 최근 삶의 질과 환경의식의 향상으로 해마다 민원이 급증하고 있다. 악취로 인한 피해는 주로 발생원 인근지역으로 한정되나 풍향, 풍속, 기온역전 등 미기상적 조건뿐만 아니라 해당지역의 지형지물에 따라서 먼 거리까지도 영향을 미칠 수 있다.

[0004] 우리나라는 전통적인 음식 문화로 인하여 음식물 쓰레기의 발생량이 많아 이에 대한 관리 대책의 필요성이 제기되었으며, 그 중에서도 음식물 쓰레기를 최대한 자원으로 이용하기 위해 노력하고 있다.

[0005] 가정 및 식당 등에서 매일 음식물 쓰레기가 배출되며, 이러한 음식물 쓰레기의 발생량은 2010년 13,672톤/일, 2011년 13,537톤/일, 2012년 13,209톤/일로 점차 증가 되고 있는 실정이며, 음식물 쓰레기는 배출원에 따라 그 조성과 함량이 서로 다르고, 영양소의 조성으로 볼 때 단백질 함량이 비교적 높아 사료와 퇴비로서의 이용가치가 있으나 수분함량이 높아 쉽게 부패 되어 악취가 발생하는 단점이 있다. 따라서 음식물 쓰레기를 폐기처리할 때, 발생 되는 악취로 인해 환경기초시설 주변에 끊임없이 각종 민원이 발생하는 등 악취로 인하여 피해가 증가되고 있다.

[0006] 상기 환경기초시설 중 하나인 음식물 쓰레기 자원화 시설은 1995년부터 쓰레기 종량제를 도입하고, 종량제 봉투에 혼합배출되던 음식물 쓰레기를 분리배출하면서 음식물 발생량은 급증하는 추세를 나타냈고, 증가하는 음식물을 해결하기 위한 방안으로 설치되기 시작하였다. 그러나 이러한 음식물 쓰레기 자원화 시설은 음식물 쓰레기의 수송과 처리과정 중에서 발생하는 심한 악취로 대부분 혐오 시설로 인정되어 주변지역 주민의 민원 대상으로 대두 되면서 NIMBY('Not In My BackYard') 현상이 나타나고 있고 특히 처리과정에서는 발생 되는 메르캅탄류, 아민류 등 악취물질 발생으로 인하여 주변지역 주민들에게 불쾌감과 혐오감을 줌으로서 집단민원의 대상이 되고 있어 음식물 쓰레기 자원화 시설 설치 및 운영관리에 많은 어려움을 겪고 있다.

[0007] 따라서, 음식물 쓰레기에서 발생 되는 악취를 제거하기 위해서 등록특허 제 0837528호(2008.06.12 등록공고)에

서는 악취의 원인이 되는 물질들을 분해 제거하여 탈취에 대한 효율성을 높임과 동시에, 환경친화적인 천연소재를 사용하여 무취이고 무독성으로 신체에 접촉되더라도 무해한 악취 탈취제 조성물이 제시되어 있다.

[0008] 등록특허 제1308156호(2013.09.12 등록공고)에서는 촉매카트리지를 통과 후에도 흡수되지 못한 악취를 활성탄으로 충전된 카트리지를 통과함으로써 악취를 제거하는 방법이 제시되어 있다.

[0009] 그러나 상술한 종래의 기술들은 극성기를 포함한 염기성 가스인 암모니아, 트리메틸아민 등과 산성가스인 메르캡탄(mercaptan) 등의 복합적인 악취를 탈취시키기에는 여전히 어려움이 있는 등의 기술적 문제점이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 등록특허 제0837528호(2008.06.12 등록공고)

(특허문헌 0002) 등록특허 제1308156호(2013.09.12 등록공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명에서는 음식물 쓰레기에서 발생하는 악취를 제거하기 위하여 천연제올라이트, 애쉬, 황토, 벤토나이트 및 탄산수소나트륨을 포함하여 흡착재를 제조함으로써, 염기성 가스인 암모니아, 트리메틸아민 등과 산성가스인 메르캡탄(mercaptan)을 흡착하여 악취를 제거하는 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 악취 흡착제 및 이의 제조방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시 형태는, 천연제올라이트 100 중량부, 애쉬(Fly Ash) 20 ~ 25 중량부, 황토 4 ~ 7 중량부, 벤토나이트 1 ~ 3 중량부 및 탄산수소나트륨(NaHCO₃) 13 ~ 16 중량부를 포함하는 혼합물과 상기 혼합물 100 중량부에 대하여 유기계 바인더 1 ~ 5 중량부가 더 포함된, 천연제올라이트가 포함된 복합 악취 흡착제를 들 수 있으며, 상기 복합 악취 흡착제의 공극의 크기는 10 ~ 300 nm인 것이 바람직하다.

본 발명의 또 다른 실시 형태로, 천연제올라이트 100 중량부, 애쉬(Fly Ash) 20 ~ 25 중량부, 황토 4 ~ 7 중량부, 벤토나이트 1 ~ 3 중량부 및 탄산수소나트륨(NaHCO₃) 13 ~ 16 중량부를 혼합하여 제1혼합물을 제조하는 혼합단계; 상기 제1혼합물 100중량부에 대하여 유기계 바인더 1 ~ 5 중량부를 더 추가한 후 그레놀(granule)형태로 성형하는 성형단계; 및 그레놀 형태로 성형된 혼합물에 열을 가하는 건조소성단계;를 포함하는 천연제올라이트가 포함된 복합 악취 흡착제의 제조방법을 들 수 있다.

상기 건조소성단계 후에, 소성된 그레놀 형태의 혼합물을 0.5 ~ 20 mm의 크기로 선별하는 단계;를 더 포함하는 것이 바람직하고, 상기 성형단계는, 회전체에 혼합물 100 중량부에 대하여 유기계 바인더 1 ~ 5 중량부 투입한 후, 3 ~ 30 rpm으로 회전시켜 그레놀(granule) 형태로 성형하는 것을 특징으로 하며, 상기 건조소성단계는, 상기 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가하여 그레놀 표면의 수분을 제거하는 건조단계; 상기 건조단계를 거친 그레놀 형태의 혼합물을 타공홀이 포함된 회전 스크린에 통과시켜 미분을 제거하는 미분제거단계; 및 상기 미분제거 단계를 거친 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가하는 소성단계; 를 포함하는 것이 더욱 바람직 하다.

또한, 상기 건조단계는 80 ~ 150 °C의 온도에서 수행되는 것이 바람직하고, 상기 소성단계는 250 ~ 800 °C의 온도에서 수행되는 것이 바람직하다.

[0013] 삭제

[0014] 삭제

- [0015] 삭제
- [0016] 삭제
- [0017] 삭제
- [0018] 삭제
- [0019] 삭제

발명의 효과

- [0020] 본 발명은 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 악취 흡착제 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 음식물 쓰레기에서 발생되어 악취를 유발하는 염기성 가스인 암모니아, 트리메틸아민 등과 산성가스인 황화수소 및 메틸메르캡탄 (methyl mercaptan)을 흡착하여 제거하는데 우수한 효과가 있다.
- [0021] 또한, 악취 유발 물질을 흡착하여 오염된 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 악취 흡착제는 마이크로파에 의한 탈착 효율이 우수하여 효과적이고도 신속한 흡착제의 탈착을 가능하게 함으로서 탈착과정에 소요되는 에너지를 최소화하여 재생에너지 효율이 우수하다.
- [0022] 상기 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 악취 흡착제에 애쉬를 포함함으로써 매립되는 폐기물을 산업상 유용한 용도를 갖도록 재활용하여 환경을 보호하고 제조비용을 절감하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 실험예에 따라 제조된 실시예 2를 나타낸 사진이다.
- 도 2는 본 발명의 실험예에 따라 T1 내지 T4에 대해 소수성 실험을 진행하여 물에 대한 풀립현상을 나타낸 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 1 ~ 3, 비교예 1 ~ 4 및 DW1 ~ 4의 메르캡탄 흡착률을 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예 1 ~ 3, 비교예 1 ~ 4 및 DW1 ~ 4의 포름알데하이드 흡착률을 나타낸 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예 1 ~ 3, 비교예 1 ~ 4 및 DW1 ~ 4의 암모니아 흡착률을 나타낸 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예 1 ~ 3, 비교예 1 ~ 4 및 DW1 ~ 4의 트리메틸아민 흡착률을 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예 2의 전자주사현미경사진이다.
- 도 8은 본 발명의 비교예 3의 전자주사현미경사진이다.
- 도 9는 본 발명의 비교예 4의 전자주사현미경사진이다.
- 도 10은 본 발명의 DW2의 전자주사현미경사진이다.
- 도 11은 본 발명의 실시예 2(a), 비교예 3(b), 비교예 4(c) 및 DW2(d)의 XRD 측정결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 12는 본 발명의 실시예 2, 비교예 3, 비교예 4 및 DW2의 흡착열을 측정한 그래프이다.
- 도 13은 본 발명의 실시예 2, 비교예 3, 비교예 4 및 DW2의 탈착율을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 통해 상세히 설명하기에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미

와 개념으로 해석되어야 함을 밝혀둔다.

- [0025] 본 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0026] 각 단계들에 있어 식별부호는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않는 이상 명기된 순서와 다르게 실시될 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 실시될 수도 있고 실질적으로 동시에 실시될 수도 있으며 반대의 순서대로 실시될 수도 있다.
- [0027] 이하에서는 본 발명의 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 약취 흡착재 및 이의 제조방법에 관하여 보다 상세히 설명하고자 한다.
- [0028] 본 발명의 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 약취 흡착재는 천연제올라이트, 애쉬(Fly Ash), 황토, 벤토나이트 및 탄산수소나트륨(NaHCO_3)을 포함하는 혼합물 및 유기계 바인더를 포함될 수 있고, 바람직하게는 상기 혼합물은 천연제올라이트 100 중량부에 대하여 애쉬 20 ~ 25 중량부, 황토 4 ~ 7 중량부, 벤토나이트 1 ~ 3 중량부 및 탄산수소나트륨 13 ~ 16 중량부를 포함하고, 상기 복합 약취 흡착재에 유기계 바인더는 상기 혼합물 100 중량부에 대하여 1 ~ 5 중량부로 포함될 수 있다.
- [0029] 본 발명의 약취 흡착재에 포함되는 천연제올라이트는 일반적으로 그 결정 내부에 존재하는 공극(Surface pore)으로 연결되어 있는 특이한 세공구조 때문에 산업적으로 유용한 각종 물리화학적 특성을 갖는 천연 광물질로서, 결정구조상 규산염 광물의 기본 단위의 하나인 $(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4$ 사면체의 모든 산소들이 또 다른 사면체에 의해서 공유되면서 3차원적으로 연결되는 망상규산염(Tectosilicates) 광물의 구조형을 이룬다. 또한, 천연제올라이트는 결정 내 결정 내에 2.3-7.5 Å 크기의 큰 공극이 형성될 정도로 영성한 격자 구조 (비중: 2.0-2.3)를 이루고 있고, 상기 공극의 크기는 Si 또는 Al에 결합된 4 ~ 12 개의 산소들이 구조적 공극 입구에서 이루는 산소 고리의 형상과 개입 산소의 숫자에 의해서 결정된다.
- [0030] 특히, 천연제올라이트는 대부분 세립질의 응회암이 변질된 "불석질 응회암 (zeolitic tuff)"의 형태로 채취되며, 화학 조성면에 있어 Na, K, Ca, Mg, Sr 또는 Ba를 양이온으로 소량 함유하는 함수규산염 광물로서, 그 종류는 클리노틸로라이트 (clinoptilolite), 모오데나이트 (mordenite), 홀란드ایت (heulandite), 필립사이트 (phillipsite), 에리오나이트 (erionite), 체바자이트 (chabazite) 그리고 페리어라이트 (ferrierite) 등이 있으며, 본 발명에서는 상기 천연제올라이트의 종류에 특별히 한정하지 않고 자연에서 채취한 천연제올라이트의 경우, 선택적으로 사용이 가능하다. 또한, 상기 천연제올라이트는 양이온 교환 능력이 매우 우수하여 암모니아, 중금속 흡착능력이 우수한 장점을 갖는다.
- [0031] 본 발명의 흡착재에 포함되는 애쉬(Fly Ash)는 비표면적이 넓고 공극이 많아서 흡착력이 좋고 수화열을 감소시키며, 폐자재의 재활용이라는 측면에서 상기 애쉬를 포함하여 흡착재 제조시 단가를 낮출 수 있어 경제적이다. 또한, 상기 복합 약취 흡착재의 다공성을 증가시키고 용융점을 향상시키고, 무게를 경량화하는데 탁월한 효과가 있다. 상기 애쉬는 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재에 천연제올라이트 100 중량부에 대하여 애쉬 20 ~ 25 중량부로 포함되는 것이 바람직하며, 20 중량부 미만이거나 25 중량부 초과하면 흡착재의 성형성에 문제가 발생할 수 있다. 또한, 상기 애쉬의 입자 크기는 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재를 제조시 성형성에 문제가 되지 않을 정도의 입자 크기면 특별히 제한되지 않고 사용가능하다.
- [0032] 황토는 일반적인 표층 상의 적토와는 구별되는, 적토 하부층에서 채취되는 약알카리성 흙으로서, 탄산칼슘이 많이 함유되어 있으며, 석영, 장석, 운모, 방해석 등 다양한 광물입자로 구성된다. 또한, 황토는 화학적으로 실리카, 철분, 알루미늄, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 석회, 스�멕타이트 등으로 조성되며, 원적외선을 방출하고, 산소를 생성하며, 탈취 기능을 하는 것으로 알려져 있으며, 황토는 알칼리 성분이 다량 포함되어 있어 상기 황토를 포함하여 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재를 제조시 용융점을 낮추고 상기 흡착재의 강도를 증가시키는 장점이 있다.
- [0033] 본 발명의 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재에 포함되는 황토의 입자크기는 흡착재의 성형성에 문제가 되지 않을 정도이면 특별히 제한되지 않으나, 바람직하게는 0.02 내지 0.05 mm의 입자크기를 갖는 것을 이용할 수 있다. 또한, 본 발명의 황토는 상기 천연제올라이트 100 중량부에 대하여 4 ~ 7 중량부로 포함될 수 있으며, 상기 황토 성분이 4 중량부 이하이면, 원적외선 방사 및 탈취 효과를 기대하기 어려우며, 7 중량부 이상이면 흡

착재의 성형성이 감소하는 등의 문제가 생길 수 있다.

- [0034] 벤토나이트는 펠식 화산회가 속성작용(암석화)에 의해 생성되고 층상을 이루며 대부분이 신제3기(Neogene period)의 화산회나 유문암이 변질된 것으로서, 몬모릴로나이트(Montmorillite) 계통의 팽창성 3층판(Si-Al-Si)으로 이루어진 점토이고, 납석(Pyrophyllite)의 화학구조식인 $Al_2Si_4(OH)$ 로 나타낼 수 있다. 또한 벤토나이트는 분말 상태로 물에 의해 팽윤되는 성질로 인하여 겔화가 진행되며, 본 발명의 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재에 포함시 상기 천연제올라이트, 애쉬(Fly Ash), 황토, 벤토나이트, 탄산수소나트륨($NaHCO_3$) 및 유기계 바인더 간의 접착력을 향상시켜 성형된 상기 흡착재의 형상을 유지하여 변형을 방지하는 역할을 한다.
- [0035] 상기 벤토나이트는 바람직하게는 천연제올라이트 100 중량부에 대하여 1 ~ 3 중량부 포함되고, 1 중량부 미만일 경우, 흡착재의 강도가 저하되어 그레놀 형태가 깨지기 쉽고, 3 중량부를 초과하면 성형성이 떨어질 수 있다.
- [0036] 탄산수소나트륨은 건조시 열에 의해 분해과정에서 HCO_3 가스 발생으로 인하여 공극 또는 기공을 발생시키고, 무기계열의 Na^+ 가 소성 후에도 흡착재 내에 잔류하며 구조력 형성에 도움이 될 수 있다. 또한, 상기 공극 또는 기공이 형성되는 과정에서 피막 없이 천연제올라이트, 애쉬, 황토 및 벤토나이트가 본 발명의 흡착재에 점착 또는 고착되게 하는 역할을 한다. 상기 탄산수소나트륨은 천연제올라이트 100 중량부에 대하여 13 ~ 16 중량부 포함되는 것이 바람직하며, 13 중량부 미만일 경우, 흡착재에 원하는 구조력을 부여할 수 없고, 16 중량부 초과일 경우 흡착재에 공극이 과잉되어 오히려 강도가 저하되는 문제가 발생 될 수 있다.
- [0037] 본 발명의 복합 약취 흡착재의 재료들 사이의 접착강도를 높여주며 부착력을 향상시키는 유기계 바인더는 탄소, 수소, 산소가 화학적 주성분으로 구성되며 이외에도 나트륨, 마그네슘, 칼슘, 염소 등의 무기물이 소수 존재한다. 상기 유기계 바인더로 바람직하게는 당밀(Molasses)나 카르복시메틸셀룰로오스(Carboxy Methyl Cellulose) 중 적어도 어느 하나를 선택하여 사용할 수 있으며, 상기 당밀이나 카르복시메틸셀룰로오스가 혼합된 것을 사용할 수도 있고, 물을 더 포함하여 사용할 수도 있다. 바람직하게는 유기계 바인더는 물과 당밀은 1:1 ~ 3:1의 비율로 혼합하여 사용될 수 있다.
- [0038] 상기 유기계 바인더는 혼합물 100 중량부에 대하여 1 ~ 5 중량부 포함되는 것이 바람직한데, 1 중량부 미만이면, 소성 시 유기물 산화에 따라 공극형성이 미미할 수 있고, 5 중량부를 초과하여 포함되면 상기 재료 간의 접착강도가 떨어져 흡착재의 형태를 유지할 수 없는 문제가 발생 될 수 있다.
- [0039] 본 발명의 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재는 공극의 크기는 흡착하고자 하는 약취를 유발하는 물질의 흡착을 최적화하도록 선택가능한데 바람직하게는 10 ~ 300 nm일 수 있다. 상기 공극의 크기가 10 nm 미만이면 공극의 크기가 너무 작아 상기 약취를 유발하는 물질인 염기성 가스 및 산성가스의 흡착물이 떨어져 약취를 저감시키는 효과가 떨어지고, 300 nm 초과하게 되면, 공극의 크기가 너무 커져 공극률이 떨어져 흡착물이 떨어져 약취를 효과적으로 저감시킬 수 없다.
- [0040] 한편, 천연제올라이트, 애쉬 및 첨가제를 포함한 혼합물을 제조하는 혼합단계, 상기 혼합물에 유기계 바인더를 더 포함하여 그레놀(granule) 형태로 성형하는 성형단계 상기 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가하는 건조소성 단계 및 소성된 그레놀 형태의 혼합물을 0.5 ~ 20 mm의 크기로 선별하는 단계를 통하여 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재가 제조될 수 있다.
- [0041] 상기 혼합단계에서는 천연제올라이트, 애쉬, 황토, 벤토나이트 및 탄산수소나트륨을 포함하여 균일하게 혼합하는 단계로서, 바람직하게는 천연제올라이트 100 중량부에 대하여 애쉬 20 ~ 25 중량, 황토 4 ~ 7 중량부, 벤토나이트 1 ~ 3 중량부 및 탄산수소나트륨 13 ~ 16 중량부로 균일하게 혼합하여 혼합물을 제조할 수 있다.
- [0042] 상기 성형단계에서는, 회전체에 천연제올라이트, 애쉬, 황토, 벤토나이트 및 탄산수소나트륨을 포함한 혼합물과 유기계 바인더를 투입하여 회전시켜 그레놀 형태로 성형하는 단계로서, 바람직하게는 상기 혼합물 100 중량부에 대하여 유기계 바인더가 1 ~ 5 중량부 포함되어 그레놀 성형장치를 통해서 그레놀 형태로 성형할 수 있다.
- [0043] 상기 그레놀 성형장치는 혼합물을 그레놀 형태로 성형하기 위한 회전체가 구동축과 수직되게 연결되고, 상기 구동축은 구동장치에 의하여 회전하여 회전체를 회전시킨다. 상기 회전체는 경사지게 구비되어 원판의 테두리에 에워싸도록 댐부가 수직되게 형성되어 진다. 상기 댐부는 회전체의 원판의 테두리에 수직으로 형성되어 일정 크기 이상의 그레놀으로 성숙하도록 분말이 회전체의 외부로 이탈되지 않도록 하는 역할을 한다.
- [0044] 상기 회전체에서 혼합물과 유기계 바인더가 서로 혼합되면서 회전체의 내부에서 분말이 일정 크기 이상의 그레놀 형태로 성장하게 되면, 그레놀 형태의 혼합물은 회전에 의한 원심력이 마찰저항 및 중력의 저항을 이겨내고,

상대적으로 작은 입자와 분말의 상부로 이동되어지고 회전체의 외부로 하강하게 되어 일정 크기 이상의 그레놀 형태의 혼합물만을 수득할 수 있다. 상기 혼합물이 분말에서 그레놀 형태로 성장하게 되는 소요시간이 매우 짧기 때문에 그레놀 형태의 혼합물의 밀도가 낮아 강도가 단단하지 못하고 비중이 가벼운 문제점이 발생한다. 이를 해결하기 위하여 일정 크기 이상으로 그레놀이 성장한 이후에도 회전체 내에서 그레놀이 회전할 수 있도록 하여 상기 그레놀 성형장치의 회전체 둘레에 루프를 추가로 설치하여 고밀도의 단단한 그레놀 형태의 혼합물을 수득할 수 있다.

[0045] 상기 회전체의 회전수는 3 ~ 30 rpm으로 회전시키는 것이 바람직한데 30 rpm을 초과하여 회전하게 되면 상기 혼합물의 그레놀 크기가 작게 되고, 3 rpm 미만으로 회전하게 되면 상기 고밀도의 단단한 그레놀 형태의 혼합물을 얻기 힘들다.

[0046] 또한, 상기 회전체는 지면으로부터 30 ~ 55 °의 각도로 조절되는 것이 바람직한데 각도가 수직에 가까워지면 분말상태의 혼합물 및 그레놀 형태의 혼합물이 혼재되어 외부로 이탈될 수 있다.

[0047] 상기 건조소성단계는 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가하는 단계로서, 상기 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가하여 표면의 수분을 제거하는 건조단계, 상기 건조단계를 거친 그레놀 형태의 혼합물을 타공홀이 포함된 회전 스크린에 통과시켜 미분을 제거하는 미분제거단계 및 상기 미분제거단계를 거친 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가하는 소성단계를 거쳐 소성된 그레놀 형태의 혼합물을 수득할 수 있다.

[0048] 상기 건조단계는 그레놀 형태의 혼합물에 80 ~ 150 °C의 열을 가하여 표면만 건조시키는 단계로, 원통형 회전 스크린에 그레놀 형태의 혼합물을 투입한 후 상기 그레놀 형태의 혼합물이 파손되는 것을 방지하기 위하여 회전시키면서 표면만 건조시킨다. 상기 건조단계의 온도가 80 ~ 150 °C을 벗어나게 되면 그레놀 형태의 혼합물이 부서지거나 갈라지는 현상이 발생할 수 있다.

[0049] 상기 건조단계를 거쳐 표면이 건조된 그레놀 형태의 혼합물은 타공홀이 포함된 회전 스크린에 통과시켜 미분을 제거하는 미분제거단계를 거치는데, 이는 상기 성형단계를 거친 그레놀 형태의 혼합물에는 미분이 혼재되어 있어 그레놀 입자를 건조 및 소성시키는데 불필요한 에너지낭비가 발생되기 때문이다. 따라서, 타공홀이 포함된 회전 스크린에 통과시켜 일정크기 이상의 그레놀 형태의 혼합물을 제외한 미분은 외부로 배출시키고 상기 그레놀 형태의 혼합물만을 소성단계로 이송시켜 소성시키는 것이 바람직하다.

[0050] 상기 소성단계는, 미분제거단계를 거친 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가하는 단계로서, 상기 소성단계가 진행되면서 상기 그레놀 형태의 혼합물 내의 수분이 증발되면서 공기 중에 습도 함습율(Humidity or Moisture)이 높아짐으로써 더이상 수증기 증발이 곤란해져 그레놀 형태의 혼합물의 입자 간에 접촉현상이나 장치 내부에 그레놀 형태의 혼합물이 부착되는 현상이 발생할 수 있으므로, 상기 그레놀 형태의 혼합물에 고온의 열풍을 직접적으로 가하는 병류 건조를 시키는 것이 바람직하다.

[0051] 상기 소성단계는 그레놀 형태의 혼합물은 250 ~ 800 °C의 열풍을 가하여 그레놀 형태의 혼합물을 소성하는 단계로, 더욱 바람직하게는 상기 그레놀 형태의 혼합물에 450 ~ 600 °C의 열풍을 가하여 소성시키는 것이다. 450 °C 미만의 온도로 소성하게 되면 그레놀 형태의 혼합물이 제대로 소성되지 않아 형태가 유지되지 못하고 바스러지거나 균열이 발생할 수 있고, 600 °C를 초과하여 소성하게 되면, 그레놀 형태의 혼합물에 포함되어 있는 제올라이트가 상전 또는 상붕괴가 발생되어 촉매성능이 떨어질 수 있다.

[0052] 또한, 상기 그레놀 형태의 혼합물이 천천히 가온되어 건조 및 소성될 수 있도록 상기 건조단계 및 소성단계에서 그레놀 형태의 혼합물에 열을 가할 때 가열 한 후 일정시간의 지속시간을 두면서 천천히 온도를 올려가면서 열풍을 가하는 것이 바람직하다.

[0053] 상기 미분제거단계 후 소성단계에서 미분이 제거된 그레놀 형태의 혼합물만 소성할 수 있어, 미분에 의한 회전저항을 제거할 수 있으며, 이는 그레놀 형태의 혼합물의 회전수가 증가되기 때문에 효율적인 소성이 가능해진다. 따라서, 완성되어지는 그레놀 형태의 혼합물은 더욱 둥글고, 단단하게 제조되어 품질이 향상되며, 저부피, 고밀도로 인하여 경제성이 높아진다.

[0054] 뿐만 아니라, 소성단계 전에 미리 미분이 제거되어 작업장 내의 미분이 비산되는 것을 방지하여 작업장의 청결 및 안전을 꾀할 수 있다.

[0055] 이하에서는, 본 발명의 실시 예를 살펴본다. 그러나 본 발명의 범주가 이하의 바람직한 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 당업자라면 본 발명의 권리범위 내에서 본 명세서에 기재된 내용의 여러 가지 변형된 형태를 실시할

수 있다.

[0056] [실험예 1]

[0057] **혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착제의 제조**

[0058] 혼합물은 상기 표 1의 성분비를 갖는 천연제올라이트, 애쉬(Fly Ash), 황토 및 벤토나이트에 NaHCO₃을 넣고 패들믹서(Paddle Mixer)를 통해 균일하게 혼합하여 제조하였다.

[0059] 유기계 바인더는 물과 당밀(33 wt%)을 2:1 비율로, 30 °C에서 혼합하여 제조하였다.

[0060] 하기 표 2와 같은 비율로 제조된 혼합물 100 g 과 상기 유기계 바인더 3.3 g를 성형장치인 Rotary Gtor(동원엔지니어링(주))를 이용하여 압축 및 성형하여 0.5 ~ 20 mm 크기의 그레놀 형태의 혼합물을 제조하였다.

표 1

[0061]

| 구성성분 | 천연제올라이트 | Fly Ash | 황토 | 벤토나이트 |
|--------------------------------|---------|---------|------|-------|
| SiO ₂ | 71.0 | 54.1 | 52.9 | 68.57 |
| Al ₂ O ₃ | 11.4 | 14.4 | 23.4 | 14.79 |
| K ₂ O | 2.92 | 1.18 | 2.53 | 0.51 |
| CaO | 2.27 | 1.0 | 0.20 | 3.29 |
| MgO | 0.67 | 0.28 | 0.88 | 3.16 |
| Na ₂ O | 0.40 | 0.03 | 0.35 | 0.15 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.74 | 4.84 | 8.70 | 3.95 |
| TiO ₂ | 0.08 | 0.86 | 1.11 | 0.03 |
| MnO | 0.06 | - | 0.07 | 0.07 |
| P ₂ O ₃ | - | 0.29 | 0.12 | 0.08 |
| 기타 | 10.46 | 23.02 | 9.74 | 5.40 |

[0062]

(단위 :%)

표 2

[0063]

| | 제올라이트 | Fly Ash | 황토 | 점토 | 진분 | 벤토나이트 | NaHCO ₃ |
|----------------|---------------|----------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------------|
| 실시예 1 | 72.4 (100) | 14.5 (20) | 2.9 (4) | - | - | 0.75 (1) | 9.45 (13) |
| 실시예 2 (S19) | 70 (100) | 15 (21.4) | 4 (5.7) | - | - | 1 (1.4) | 10 (14.3) |
| 실시예 3 | 67 (100) | 16.5 (24.6) | 4.5 (6.7) | - | - | 1.5 (2.2) | 10.5 (15.7) |
| 비교예 1 | 74 (100) | 14 (18.9) | 2.5 (3.4) | - | - | 0.5 (0.7) | 9 (12.2) |
| 비교예 2 | 65 (100) | 17 (26.2) | 5 (7.7) | - | - | 2 (3.1) | 11 (16.9) |
| 비교예 3 (S2) | 70 (100) | 15 (21.4) | 4 (5.7) | 10 (14.3) | - | 1 (1.4) | - |
| 비교예 4 (S9) | 60 (100) | 20 (33.3) | - | - | 15 (25) | - | 5 (8.3) |

[0064]

(단위 : g, ()안은 중량부)

[0065] **건조온도 및 소성온도에 따른 성능평가**

[0066] 상기 혼합제올라이트를 이용한 복합 악취 흡착제를 제조시 제올라이트의 상붕괴가 발생하지 않는 소성 가능한 최대 온도를 측정하기 위해서 상기 천연제올라이트를 500 ~ 800 ℃까지 100 ℃씩 온도변화를 변화시키면서 유기산화정도 및 요오드 흡착성능평가를 진행하였다. 상기 요오드 흡착성능평가는 요오드 용액에 소성된 그래놀 형태의 천연제올라이트를 24 시간동안 함침 후 무게를 측정하여 진행하였다.

표 3

[0067]

| | | 소성 온도(℃) | | | |
|-----------|-------------|----------|--------|--------|--------|
| | | 500 ℃ | 600 ℃ | 700 ℃ | 800 ℃ |
| 유기산화 정도 | 소성 전(g) | 194.38 | 192.69 | 192.34 | 192.04 |
| | 소성 후(g) | 170.30 | 165.95 | 165.47 | 163.69 |
| | 중량 변화(%) | 12.4 | 13.9 | 14.0 | 14.5 |
| 요오드 흡착 성능 | 요오드 함침 전(g) | 50.06 | 50.11 | 50.32 | 50.19 |
| | 요오드 함침 후(g) | 62.5 | 63.57 | 61.81 | 61.18 |
| | 무게 변화(g) | 12.44 | 13.46 | 11.49 | 10.99 |
| | 부피 변화(%) | 46.15 | 49.94 | 42.63 | 40.77 |
| | 흡착 성능(%) | 19.9 | 21.1 | 18.6 | 18.0 |

[0068] 상기 표 3은 상기 소성실험을 통해 측정된 소성온도별 유기물산화도와 요오드 흡착성능 평가를 나타낸 결과로서, 500 ~ 700 ℃ 소성조건에서 흡착효율이 가장 높은 것으로 나타났으며, 700 ℃을 초과하여 소성 시 천연제올라이트 내부의 구조적 결함의 붕괴로 인하여 미세기공의 폐색으로 흡착기능이 저하되는 것으로 나타났다. 따라서, 최대소성온도가 500 ~ 700 ℃일 경우 흡착효율이 우수함을 알 수 있었다.

[0069] 상기 표 3의 결과에 따라 최대소성온도를 500 ~ 700 ℃로 설정한 후 상기 그래놀 형태의 혼합물 실시예 1을 하기 표 4의 4가지 조건으로 세부온도를 설정 후 가열시간과 지속시간을 변화시키면서 건조 및 소성시켜 흡착제를 제조하였다. 상기 건조온도는 80 ~ 150 ℃ 상기 소성온도는 250 ~ 800 ℃까지 온도변화를 주면서 총 누적가열시간은 90 분으로 설정하였다. 또한, T1 또는 T2의 경우 건조시간 > 소성시간, T3 또는 T4의 경우 건조시간 < 소성시간 하여 실험을 진행하였다.

표 4

[0070]

| 구분 | 설정온도(℃) | 건조 | | 소성 | | 누적시간(min) |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 가열시간(min) | 지속시간(min) | 가열시간(min) | 지속시간(min) | |
| T1 | 80 | 10 | 20 | - | - | 30 |
| | 150 | 10 | 20 | - | - | 60 |
| | 450 | - | - | 5 | 10 | 75 |
| | 600 | - | - | 5 | 10 | 90 |
| T2 | 80 | 10 | 20 | - | - | 30 |
| | 150 | - | 30 | - | - | 60 |
| | 300 | - | - | 5 | 5 | 70 |
| | 450 | - | - | 5 | 5 | 80 |
| | 600 | - | - | 5 | 5 | 90 |
| T3 | 80 | 10 | 30 | - | - | 40 |
| | 600 | - | - | 10 | 40 | 90 |
| T4 | 80 | 10 | 10 | - | - | 20 |
| | 150 | 10 | 10 | - | - | 40 |
| | 450 | - | - | 5 | 5 | 50 |
| | 600 | - | - | 10 | 30 | 90 |

[0071] 도 2를 보면, 표 4에 따라 제조된 T1 ~ T4에 대해 소수성실험을 진행하여 물에 대한 폴립현상을 측정한 것이다. 실험결과 T1 ~ T3는 소성 후 여재의 부서짐 또는 갈라짐 현상이 나타났으며, 소수성실험에서는 물에 녹는 현상을 확인할 수 있었다. 그러나, T4의 경우 강도가 유지되어 부서짐 또는 갈라짐 현상을 볼 수 없었고, 소수성 실험

험에서는 다소 물에 녹았지만 형태가 변형되지는 않았다. 따라서, 본 발명의 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재의 제조시 건조온도는 80 ~ 150 ℃, 소성온도는 250 ~ 800 ℃이 바람직함을 알 수 있었다.

[0072] 따라서, 상기 표 2와 같은 비율의 그래놀 형태의 혼합물을 이송장치를 통해 Rotary Kiln(동원엔지니어링(주)) 내로 투입하여 회전시키면서 100 ~ 120 ℃ 사이의 온도범위를 유지시키면서 30 분간 건조시켰다. 건조된 그래놀 형태의 혼합물 다시 60분간 500 ~ 700 ℃의 열풍으로 소성시킨 후 냉각하여 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재를 제조하였다. 상기 제조된 복합 약취 흡착재는 진동스크린에 넣고 상기 그래놀의 입자 크기가 0.5 ~ 20 mm만을 선별하여 실시예 1 ~ 3 및 비교예 1 ~ 4를 제조하였다.

[0073] [실험예 2]

[0074] **요오드 흡착성능평가**

[0075] 상기 실험예 1에서 제조된 실시예 1 ~ 3 및 비교예 1 ~ 4를 요오드 용액에 24 시간 동안 함침한 뒤 무게, 부피 변화를 측정하였다.

표 5

[0076]

| 시료명 | 함침전(g) | 함침후(g) | 무게변화(g) | 부피변화(%) | 흡착성능(%) |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 실시예 1 | 15.52 | 22.50 | 6.98 | 28.94 | 32 |
| 실시예 2 | 15.43 | 23.58 | 8.15 | 30.24 | 34 |
| 실시예 3 | 15.39 | 22.46 | 7.07 | 29.99 | 33 |
| 비교예 1 | 15.88 | 22.25 | 6.37 | 23.63 | 28 |
| 비교예 2 | 15.71 | 22.09 | 6.38 | 23.67 | 29 |
| 비교예 3 | 15.26 | 22.11 | 6.85 | 25.41 | 31 |
| 비교예 4 | 15.81 | 23.11 | 7.30 | 27.08 | 31 |

[0077] 상기 표 5의 결과를 살펴보면, 실시예 1 ~ 3이 비교예 1 ~ 4에 비하여 요오드 흡착성능이 우수함을 알 수 있었다. 또한, 상기 실험예 1의 천연제올라이트를 이용한 요오드 흡착성능평가에 비해서 실시예 1 ~ 3의 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착재의 흡착성능이 더 우수함을 확인할 수 있었다.

[0078] [실험예 3]

[0079] **압축강도평가**

[0080] 상기 실험예 1에서 제조된 실시예 1 ~ 3 및 비교예 1 ~ 4와 시판 중인 흡착재 DW1 ~ 4(코리아세라(주))를 방냉 후 압축강도계를 이용하여 각각 10회씩 압축강도를 측정한 후 평균값을 나타내었다.

표 6

[0081]

| 시료명 | 압축강도(Kgf) |
|---------------|-----------|
| 실시예 1 | 5.13 |
| 실시예 2 | 5.90 |
| 실시예 3 | 5.23 |
| 비교예 1 | 4.21 |
| 비교예 2 | 4.37 |
| 비교예 3 | 0.83 |
| 비교예 4 | 3.40 |
| DW1(제올라이트) | 22.8 |
| DW2(다기공제올라이트) | 26.0 |
| DW3(황토볼) | 4.90 |
| DW4(저온소성황토볼) | 5.70 |

[0082] 상기 표 5의 결과를 살펴보면, 실시예 1 ~ 3 보다 고온소성으로 제조된 (600 ~ 1000 ℃)시판제품인 DW1 및 DW2

이 우수한 것으로 나타났으나 저온소성으로 제조된(200 ~ 600 ℃) DW3 ~ DW4의 보다는 압축강도가 비슷함을 확인할 수 있었다.

[0083] 또한, 탄산수소나트륨이 포함되지 않은 비교예 3과 전분을 포함하여 제조된 비교예 4의 압축강도가 실시예 1 ~ 3 및 비교예 1, 2 에 비해서 압축강도가 현저히 떨어짐을 확인할 수 있었다.

[0084] [실험예 4]

[0085] **악취유발물질의 흡착성능평가**

[0086] 상기 실험예 1에서 제조된 실시예 1 ~ 3, 비교예 1 ~ 4 및 시판 중인 흡착재 DW1 ~ 4를 10 g 씩 채취하여 악취 유발물질인 메르캅탄, 암모니아, 아세트알데히드, 트리메틸아민 용액에 주입한 후 시간별 무게를 측정하여 악취 유발물질의 흡착율을 측정하였다.

표 7

[0087]

| | 2 hr | 4 hr | 6 hr | 8 hr | 12 hr | 16 hr | 20 hr | 24 hr |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 실시예1 | 0.372 | 0.321 | 0.302 | 0.289 | 0.261 | 0.227 | 0.206 | 0.187 |
| 실시예2 | 0.420 | 0.370 | 0.340 | 0.310 | 0.270 | 0.230 | 0.210 | 0.190 |
| 실시예3 | 0.396 | 0.372 | 0.354 | 0.304 | 0.291 | 0.209 | 0.199 | 0.192 |
| 비교예1 | 0.309 | 0.284 | 0.251 | 0.221 | 0.201 | 0.184 | 0.157 | 0.134 |
| 비교예2 | 0.333 | 0.301 | 0.276 | 0.244 | 0.205 | 0.192 | 0.179 | 0.167 |
| 비교예3 | 0.318 | 0.273 | 0.24 | 0.201 | 0.188 | 0.169 | 0.162 | 0.123 |
| 비교예4 | 0.299 | 0.287 | 0.261 | 0.236 | 0.204 | 0.191 | 0.191 | 0.146 |
| DW1 | 0.287 | 0.210 | 0.198 | 0.186 | 0.180 | 0.174 | 0.174 | 0.156 |
| DW2 | 0.382 | 0.382 | 0.342 | 0.296 | 0.25 | 0.217 | 0.211 | 0.197 |
| DW3 | 0.345 | 0.331 | 0.317 | 0.296 | 0.268 | 0.254 | 0.246 | 0.232 |
| DW4 | 0.228 | 0.222 | 0.204 | 0.173 | 0.154 | 0.136 | 0.111 | 0.093 |

[0088] (단위 : g/g)

[0089] 먼저 표 7과 도 3의 결과는, 악취유발물질 중 하나인 메르캅탄에 대한 흡착 성능을 평가한 것으로서 실시예 2가 0.420 g/g로 가장 높은 흡착효율을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 그 다음으로, 0.396 g/g로 실시예 3, 0.382 g/g로 시판 중인 DW2 순으로 흡착효율이 우수함을 알 수 있었다.

표 8

[0090]

| | 2 hr | 4 hr | 6 hr | 8 hr | 12 hr | 16 hr | 20 hr | 24 hr |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 실시예1 | 0.310 | 0.300 | 0.287 | 0.274 | 0.261 | 0.248 | 0.240 | 0.228 |
| 실시예2 | 0.314 | 0.304 | 0.284 | 0.275 | 0.265 | 0.255 | 0.245 | 0.245 |
| 실시예3 | 0.320 | 0.301 | 0.280 | 0.267 | 0.257 | 0.251 | 0.241 | 0.231 |
| 비교예1 | 0.259 | 0.259 | 0.259 | 0.259 | 0.247 | 0.240 | 0.231 | 0.218 |
| 비교예2 | 0.262 | 0.281 | 0.271 | 0.254 | 0.241 | 0.229 | 0.216 | 0.207 |
| 비교예3 | 0.258 | 0.251 | 0.246 | 0.241 | 0.234 | 0.234 | 0.234 | 0.234 |
| 비교예4 | 0.243 | 0.231 | 0.225 | 0.216 | 0.213 | 0.210 | 0.200 | 0.200 |
| DW1 | 0.110 | 0.110 | 0.108 | 0.052 | 0.052 | 0.052 | 0.052 | 0.052 |
| DW2 | 0.258 | 0.258 | 0.253 | 0.224 | 0.174 | 0.174 | 0.174 | 0.174 |
| DW3 | 0.267 | 0.257 | 0.257 | 0.237 | 0.232 | 0.227 | 0.227 | 0.227 |
| DW4 | 0.097 | 0.097 | 0.097 | 0.087 | 0.070 | 0.070 | 0.070 | 0.070 |

[0091] (단위 g/g)

[0092] 상기 표 8과 도 4는 악취유발물질 중 하나인 포름알데하이드를 이용한 흡착률 실험결과 실시예 3이 0.320 g/g로 가장 우수한 흡착률을 보였고, 실시예 2가 0.314 g/g, 실시예 1이 0.310 g/g, DW3 가 0.267 g/g 순으로 나타났

다.

표 9

| | 2 hr | 4 hr | 6 hr | 8 hr | 12 hr | 16 hr | 20 hr | 24 hr |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 실시예1 | 0.310 | 0.281 | 0.251 | 0.222 | 0.204 | 0.184 | 0.174 | 0.173 |
| 실시예2 | 0.320 | 0.290 | 0.260 | 0.240 | 0.210 | 0.190 | 0.180 | 0.180 |
| 실시예3 | 0.318 | 0.289 | 0.257 | 0.231 | 0.208 | 0.181 | 0.177 | 0.177 |
| 비교예1 | 0.275 | 0.259 | 0.241 | 0.212 | 0.198 | 0.172 | 0.154 | 0.152 |
| 비교예2 | 0.277 | 0.261 | 0.242 | 0.201 | 0.178 | 0.161 | 0.143 | 0.134 |
| 비교예3 | 0.271 | 0.244 | 0.221 | 0.190 | 0.165 | 0.165 | 0.165 | 0.165 |
| 비교예4 | 0.280 | 0.270 | 0.254 | 0.200 | 0.170 | 0.140 | 0.120 | 0.120 |
| DW1 | 0.128 | 0.128 | 0.122 | 0.118 | 0.115 | 0.109 | 0.109 | 0.109 |
| DW2 | 0.263 | 0.258 | 0.253 | 0.234 | 0.194 | 0.154 | 0.119 | 0.119 |
| DW3 | 0.252 | 0.247 | 0.247 | 0.227 | 0.217 | 0.168 | 0.128 | 0.128 |
| DW4 | 0.099 | 0.096 | 0.094 | 0.091 | 0.089 | 0.089 | 0.070 | 0.070 |

(단위 g/g)

상기 표 9와 도 5는 약취유발물질 중 암모니아를 이용한 흡착실험 결과를 나타낸 것으로, 실시예 2가 0.320 g/g로 흡착률이 가장 우수하였고, 실시예 3가 0.318 g/g, 실시예 1이 0.310 g/g, 비교예 4가 0.280 g/g로 나타났다.

표 10

| | 2 hr | 4 hr | 6 hr | 8 hr | 12 hr | 16 hr | 20 hr | 24 hr |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 실시예1 | 0.302 | 0.265 | 0.241 | 0.215 | 0.176 | 0.157 | 0.129 | 0.118 |
| 실시예2 | 0.307 | 0.267 | 0.238 | 0.208 | 0.188 | 0.168 | 0.139 | 0.129 |
| 실시예3 | 0.305 | 0.261 | 0.241 | 0.207 | 0.185 | 0.170 | 0.135 | 0.123 |
| 비교예1 | 0.287 | 0.249 | 0.221 | 0.197 | 0.176 | 0.148 | 0.121 | 0.105 |
| 비교예2 | 0.291 | 0.254 | 0.232 | 0.211 | 0.171 | 0.137 | 0.112 | 0.091 |
| 비교예3 | 0.301 | 0.248 | 0.229 | 0.183 | 0.157 | 0.111 | 0.059 | 0.059 |
| 비교예4 | 0.340 | 0.307 | 0.267 | 0.227 | 0.187 | 0.147 | 0.127 | 0.093 |
| DW1 | 0.139 | 0.099 | 0.079 | 0.053 | 0.033 | 0.020 | 0.007 | 0.007 |
| DW2 | 0.191 | 0.151 | 0.125 | 0.099 | 0.072 | 0.046 | 0.033 | 0.026 |
| DW3 | 0.250 | 0.204 | 0.164 | 0.125 | 0.092 | 0.059 | 0.039 | 0.026 |
| DW4 | 0.145 | 0.099 | 0.079 | 0.059 | 0.039 | 0.026 | 0.020 | 0.013 |

(단위 g/g)

상기 표 10과 도 6은 약취유발물질 중 트리메틸아민을 이용한 흡착 실험결과를 나타낸 것으로, 흡착 실험결과 비교예 4가 0.340 g/g로 가장 우수한 흡착성능을 보였고, 실시예 2 0.307 g/g, 실시예 3 0.305 g/g, 실시예 1 0.302 g/g 순으로 나타났다.

상기 실험예 4의 표 7 ~ 10과 도 3 ~ 6의 결과를 살펴보면, 약취유발물질인 메르캅탄, 암모니아 및 트리메틸아민 용액을 이용한 흡착률 비교 실험 결과 본 발명의 혼합제올라이트를 이용한 복합 약취 흡착제인 실시예 1 ~ 3 및 비교예 3, 비교예 4, DW2의 흡착재가 높은 흡착율을 보였다.

[실험예 5]

흡착제의 물리·화학적 성능평가

- [0102] SEM(전자주사현미경법)분석
- [0103] 상기 실험에 4에서 우수한 흡착력을 나타낸 실시예 2, 비교예 3, 비교예 4 및 DW2의 SEM(전자주사현미경법)분석을 통하여 결정구조를 확인하였다.
- [0104] 도 7 내지 도 10를 살펴보면, 실시예 2는 제올라이트 표면에 혼합된 결정체 구조와 공극의 크기가 200 nm 이하임을 알 수 있었고, 비교예 3은 제올라이트 표면에 공극이 분산되어 있는 형태로 공극의 크기는 1 ~ 3 μm 사이이고, 비교예 4는 제올라이트 표면이 혼합된 기공상태로서 공극의 크기는 1 ~ 3 μm 사이이고, DW2는 큐빅 형태의 구조와 결정체의 레이어 층 구조로 인하여 구구부 형상 구조로서 1 ~ 1.5 nm 크기의 표면 입자를 갖는 것을 확인할 수 있었다.
- [0105] XRD(X-ray 회절)분석
- [0106] 상기 실험에 4에서 우수한 흡착력을 나타낸 실시예 2, 비교예 3, 비교예 4 및 DW2를 CuK α 방사선을 사용하여 Philips 사의 XPERT-PRO 회절분석기를 통하여 XPD 분석을 실시하였다.
- [0107] 도 11의 결과를 확인해보면, 도 11a는 실시예 2, 도 11b는 비교예3, 도 11c는 비교예 4, 도 11d는 DW2의 XRD diffract grams을 나타낸 것으로서 모두 높은 강도와 peak로 인해 고밀도임을 확인할 수 있었다. 또한, 20 ~ 35 범위에서 확인된 작은 peak로 인하여 제올라이트 결정 구조 안의 나트륨 알루미늄실리케이트의 확실한 형태가 없다는 것을 알 수 있었다.
- [0108]
- [0109] 흡착열 특성평가
- [0110] 500 W의 마이크로웨이브를 지속적으로 가하면서 시간에 따른 온도상승을 측정하여 흡착열을 측정하였다.
- [0111] 도 12의 결과를 확인해보면, 실시예 2 및 DW2의 경우 시간에 따른 온도 변화가 빠르게 진행되는 것을 볼 수 있었고, 비교예 3 및 비교예 4는 온도 변화가 느리게 변화되는 것을 볼 수 있다. 상기 실시예 2, 비교예 3, 비교예 4 및 DW2에 포함된 물분자가 극성을 띠고 있어 상기 마이크로웨이브를 흡수하여 발열반응을 일으켜 온도 상승을 가져올 수 있었다. 또한, 철분과 알루미늄 등의 성분이 전기 전도도에 의한 높은 흡착열을 나타나기 때문에 실시예 2 및 DW2는 철과 알루미늄의 함량이 높고, 비교예 3 및 비교예 4는 상대적으로 철과 알루미늄의 함량이 적은 것을 알 수 있었다.
- [0112] 탈착성능평가
- [0113] 마이크로웨이브 가열 시스템을 사용하여 포름알데하이드로 오염된 실시예 2, 비교예 3, 비교예 4 및 DW2를 재생시키기 위한 탈착성능평가를 실시하였다.
- [0114] 포름알데하이드를 각각 실시예 2, 비교예 3, 비교예 4 및 DW2에 포화시킨 후 석영튜브에 넣고 마이크로웨이브 500 W로 건조하였다. 건조하는 동안 반대쪽으로부터 50 ml/min 유량의 질소가스를 이용하여 증기화시켜 배출 가스 중의 포름알데하이드 농도를 기체 크로마토그래피로 측정하였다.
- [0115] 도 13을 살펴보면, 탈착속도는 실시예 2, DW2, 비교예3, 비교예 4의 순으로 나타났다. 좀 더 상세하게 살펴보면, 탈착 곡선을 탈착 시간이 달랐지만 10 ~ 25 분 사이에 대부분이 100 %에 달하는 탈착 효율을 보여주었고, 마이크로 웨이브 500 W 정도에서도 만족할 만한 탈착 효율을 얻을 수 있었다. 실시예 2는 10 분 안에 100 % 탈착에 이르게 되었음을 확인할 수 있었다.
- [0116] 상기 실험에 5의 결과를 살펴보면, 본 발명의 혼합제올라이트를 이용한 복합 악취 흡착제인 실시예 2가 기존에 상용화된 DW2에 비하여 흡착율과 탈착성능평가에서 우수한 흡착율과 탈착율을 확인할 수 있었고, 점토가 포함된 비교예 3 및 전분이 포함된 비교예 4의 흡착제에 비해서도 뛰어난 흡착율과 탈착율을 확인할 수 있었다.
- [0117] [실험예 6]
- [0118] Pilot-test 흡착탑 성능평가

[0119] 상기 실험예 4 및 5에서 우수한 평가를 받은 실시예 2의 약취제거 성능을 평가하기 위해서 흡착실험을 진행하였다.

[0120] 음식물 처리시설에서 발생하는 주요 약취 유발물질인 황화수소, 아세트알데히드, 트리메틸아민 및 암모니아가 포함된 용액을 미온수에 중탕 한 후 휘발되는 기체상의 가스를 실시예 2의 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 약취 흡착제가 충전된 흡착탑을 통과시켜 2 시간 및 4 시간 후의 유출농도를 측정하였다.

표 11

[0121]

| 구분 | 유입농도 (ppm) | 유출농도(ppm) | | 저감율(%) | |
|----------|------------|-----------|-------|--------|------|
| | | 2 시간 | 4 시간 | 2 시간 | 4 시간 |
| 암모니아 | 2.865 | 0.454 | 1.937 | 84.2 | 32.4 |
| 아세트알데하이드 | 8.096 | 0.133 | 0.994 | 98.4 | 87.7 |
| 트리메틸아민 | 1.434 | - | 0.159 | - | 88.9 |
| 복합약취 | 30,000 배 | 100 | 144 | - | - |

[0122] 상기 표 11의 결과를 살펴보면, 암모니아는 유입농도가 2.868 ppm에서 2 시간 후 및 4 시간 후 측정결과 0.454 ppm, 1.937 ppm으로 저감율은 84.2 %, 32.4 %로 측정되었고, 아세트알데하이드는 유입농도가 8.096 ppm에서 2 시간 후 및 4시간 후 측정결과 0.133 ppm, 0.994 ppm으로 저감율은 98.4 %, 87.7 %로 측정되었고, 트리메틸아민은 유입농도가 1.434 ppm에서 2 시간 후 및 4 시간 후 측정결과 불검출, 0.159 ppm으로 저감율은 88.9 %로 측정되었다.

[0123] 상기 실험예 4 내지 6의 결과를 살펴보면, 본 발명의 천연제올라이트가 포함된 혼합물을 이용한 복합 약취 흡착제는 약취유발물질인 암모니아, 아세트알데하이드, 트리메틸아민, 메르캅탄 등을 복합적으로 흡착하여 음식물 쓰레기에서 발생하는 복합약취를 제거하는데 우수한 효과가 있고, 마이크로파에 의한 탈착 효율이 우수하여 재생에너지 효율이 우수함을 확인할 수 있었다.

[0124] 이상, 본 발명을 실시예를 중심으로 하여 설명하였으나 이는 예시에 지나지 아니하며, 본 발명은 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 다양한 변형 및 균등한 기타의 실시예를 수행할 수 있다는 사실을 이해하여야 한다.

도면

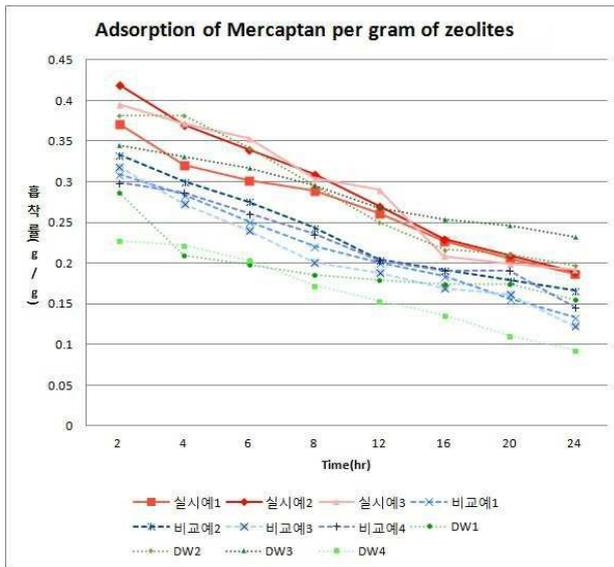
도면1



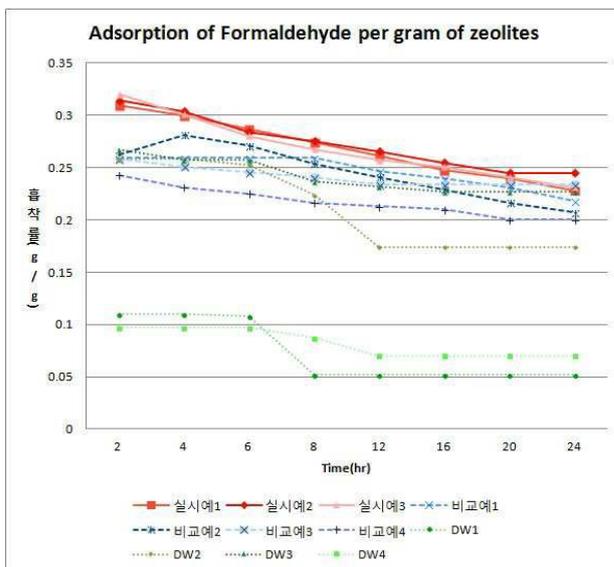
도면2



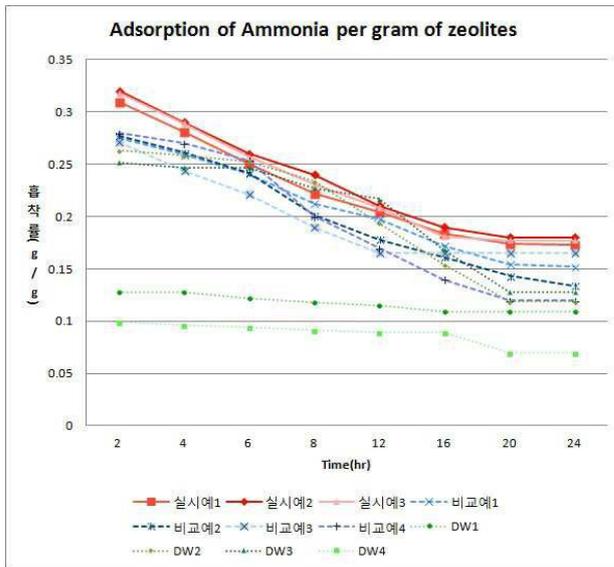
도면3



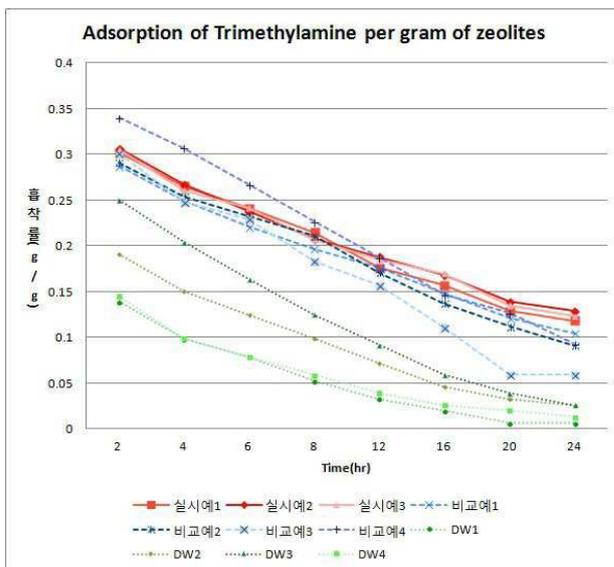
도면4



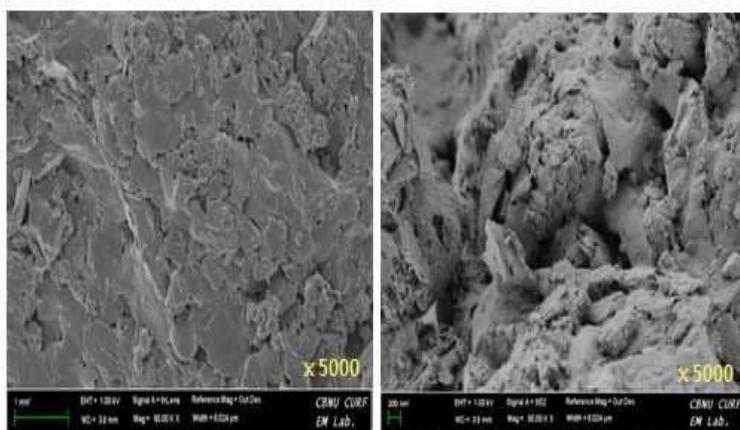
도면5



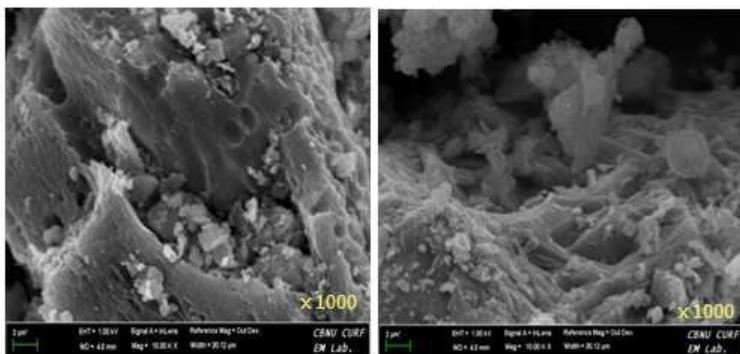
도면6



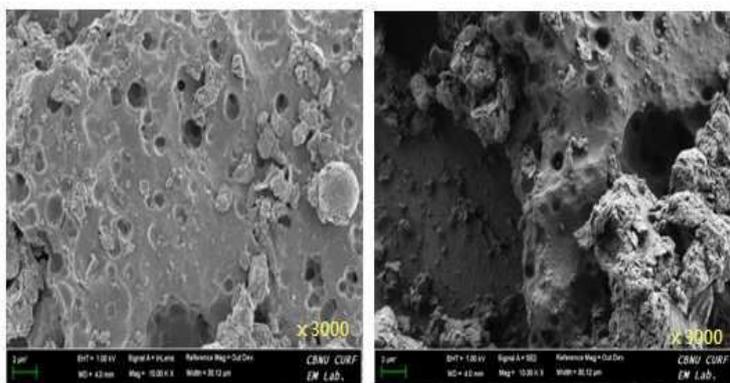
도면7



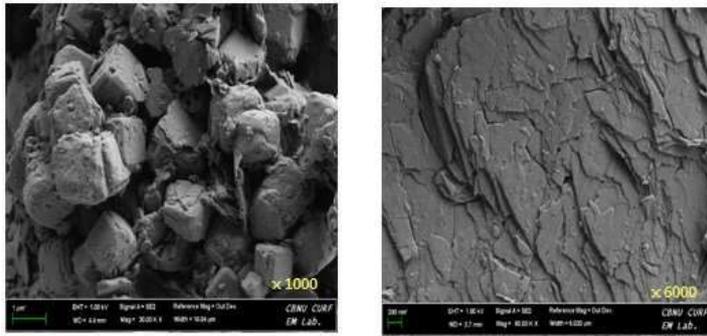
도면8



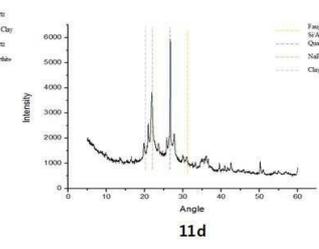
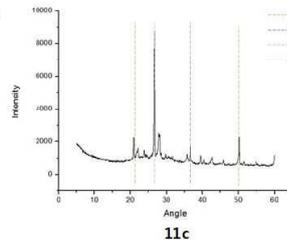
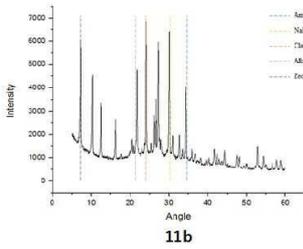
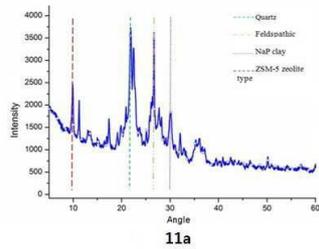
도면9



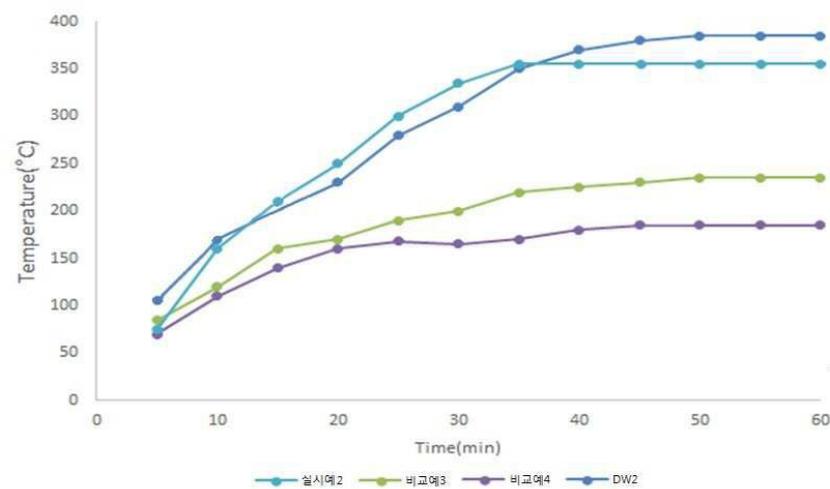
도면10



도면11



도면12



도면13

