(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0016132
(43) 공개일자 2021년02월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B09B 3/00 (2006.01) *A62D 3/30* (2007.01)
A62D 101/41 (2007.01)
(52) CPC특허분류
B09B 3/0066 (2013.01)
A62D 3/30 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0093240
(22) 출원일자 2019년07월31일
심사청구일자 2019년07월31일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)
(72) 발명자
류경원
대전광역시 유성구 학하남로 10 210동 1604호 (계산동,오투그란데미학)
채수천
서울특별시 송파구 올림픽로 99 128동 1701호 (잠실동,잠실엘스아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인오암

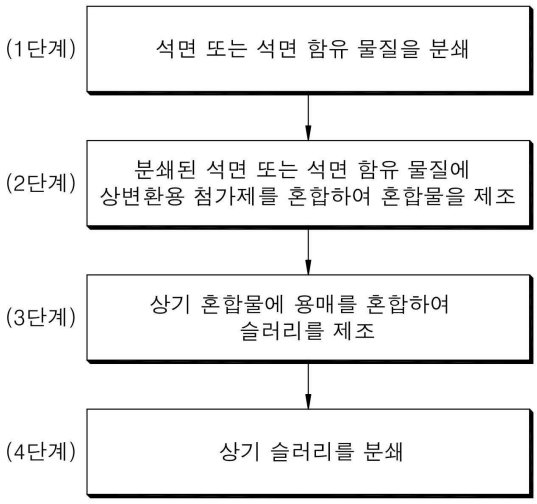
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법**

(57) 요 약

본 발명은 석면에 상변환용 첨가제를 혼합한 후 물리화학적 반응에 의해 인체에 유해한 석면의 섬유상을 제거할 수 있는 석면 무해화 방법에 관한 것으로서, (1단계) 석면 또는 석면 함유 물질을 분쇄하는 단계; (2단계) 분쇄된 석면 또는 석면 함유 물질에 상변환용 첨가제를 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계; (3단계) 상기 혼합물에 용매를 혼합하여 슬러리를 제조하는 단계; 및 (4단계) 상기 슬러리를 분쇄하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A62D 2101/41 (2013.01)
(72) 발명자
방준환
대전광역시 유성구 구즉로 16, 112동 1005호 (송강동, 한마을아파트)
이승우
대전광역시 중구 서문로 95, 103동 1602호
김완태
대전광역시 유성구 상대로 17, 309동 2002호 (상대동, 도안신도시 한라비발디 아파트)
백철민
대전광역시 서구 관저북로 80, 208동 403호 (원앙아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345296542
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지역대학우수과학자 지원사업
연구과제명	메카노케미컬 및 저온 열처리법에 의한 석면의 무해화
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국기술교육대학교
연구기간	2017.06.01 ~ 2020.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

(1단계) 석면 또는 석면 함유 물질을 분쇄하는 단계;

(2단계) 분쇄된 석면 또는 석면 함유 물질에 상변환용 첨가제를 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계;

(3단계) 상기 혼합물에 용매를 혼합하여 슬러리를 제조하는 단계; 및

(4단계) 상기 슬러리를 분쇄하는 단계;를 포함하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 2단계에서 상변환용 첨가제는 황산염, 옥살산, 불소염으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 황산염은 황산암모늄, 황산나트륨, 황산수소암모늄 및 황산수소나트륨으로 이루어진 군에서 선택된 1종인 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 불소염은 불화암모늄 또는 불화나트륨인 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 상변환용 첨가제는, 불소염; 및, 옥살산 또는 황산염;을 포함하는 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 상변환용 첨가제는 불소염; 및, 옥살산 또는 황산염;이 1 : 4~8의 중량비로 혼합되어 있는 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 2단계에서 상변화용 첨가제는 석면 100중량부를 기준으로 100~200중량부가 혼합되는 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 3단계에서 용매는 물, 증류수 및 탈이온수로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 3단계에서 용매는 석면 100중량부를 기준으로 5~15중량부가 혼합되는 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 4단계에서 분쇄 속도는 150~350rpm인 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 4단계에서 분쇄 시간은 1~5시간인 것을 특징으로 하는 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 석면에 상변환용 첨가제를 혼합한 후 물리화학적 반응에 의해 인체에 유해한 석면의 섬유상을 제거할 수 있는 석면 무해화 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 석면(asbestos)은 사문석, 각섬석 또는 감람석 등이 섬유 형태로 변화한 섬유상 규산 무기 규산염 광물질로서, 백석면(chrysotile), 갈석면(amosite), 청석면(crocidolite), 직섬석(anthophyllite), 투각섬석(tremolite) 및 양기석(actinolite) 등이 이에 속한다. 상기 석면은 섬유 집합체 즉 다발 형태로 산출되며 주변 암체로부터 쉽게 분리되어 벽개면을 따라 더 작은 조각으로 쪼개진다는 특징이 있다. 또한 석면은 인장내력과 유연성이 뛰어나고, 불연성과 내마소성, 내열성, 내약품성, 절연성 등의 특성이 우수하며, 채취 및 가공에 있어서 매우 저렴하다는 장점까지 있다. 따라서 석면 제품은 건설 및 건축 자재, 전기 제품, 가정용품, 의약품 등에 주로 사용되어왔으며, 특히 자동차 브레이크 라이닝, 클러치 및 개스킷 등의 자동차 부품으로도 사용되었다.

[0003] 그러나 섬유 형태의 석면은 세계 보건 기구(WHO) 산하 국제 암 연구소(IARC)에서 지정한 1급 발암 물질로서, 호흡기를 통해 흡입될 경우 폐 조직에 부착되어 폐증, 악성중피종, 폐암, 식도암 및 위암 등 인체에 치명적인 질병을 유발할 수 있다.

[0004] 이에 따라 한국 정부는 1991년 폐기물관리법 시행령에 처음으로 석면을 특정폐기물로 추가하였고, 2008년부터 석면제품의 전면적인 수입 금지가 시행되었다. 또한 고형 제품이라 할지라도 1% 이상 함유된 석면폐기물은 모두 지정폐기물로 처리하도록 폐기물관리법 시행규칙이 시행된 바 있다. 2009년 "석면관리 종합대책"을 수립하여 석면의 국내 제조·수입·사용을 전면 금지하고, 건축물 철거·멸실 신고 시 석면조사를 의무화하며, 친환경적인 폐석면 처리를 추진하는 등 안전관리를 강화해 오고 있다. 국내의 경우, 2011년 석면이 1% 이상인 모든 물질에 대해 취급 및 이동 등 모든 행위를 불법으로 규정하였다.

[0005] 이에 석면이 폐기물로 발생할 경우 이를 안전하게 처리해야 하며, 현재 법적으로 규정하고 있는 석면의 처리법은 매립법과 용융처리법이 있다. 그러나 석면 함유 물질을 지정 폐기물 처리장에 매립하는 경우 매립장의 적재한계 문제가 있고, 매립 후 환경오염물질이 노출되는 등의 문제가 있다. 석면을 고온에서 가열하여 용융시킴으로서 섬유상 구조를 제거하는 용융처리법은 1500℃ 이상의 고온 가열로 인해 상당히 많은 에너지가 소요되며 처리비용이 많이 들어 경제적인 측면에서 효과적이지 못하다는 문제점을 지니고 있다.

[0006] 따라서 석면 함유 물질에 대한 경제적인 처리법 및 높은 안정성을 제공하는 석면 무해화 방법이 절실한 상황이며, 이에 본 발명자들은 상변환용 첨가제를 혼합한 후 분쇄하는 간단한 공정으로 석면의 섬유상을 형상 변환시킬 수 있는 석면 무해화 방법을 개발하게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1187817호(발명의 명칭 : 광물탄산화를 위한 원료용 사문석의 전처리 방법, 출원인 : 한국지질자원연구원, 등록일 : 2012년09월26일)

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-1448329호(발명의 명칭 : 석면의 무해 처리 방법, 출원인 : 스트리트 디자인 가부시끼가이샤, 등록일 : 2014년09월30일)

(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제10-1624411호(발명의 명칭 : 백석면으로부터 유가자원의 회수방법, 출원인 : 전남대학교산학협력단, 등록일 : 2016년05월19일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 물리화학적 처리를 통해 빠른 시간 내에 석면을 상변화시키거나 비정질 상태로 변형시켜 유해성을 99% 이상 제거할 수 있는 석면 무해화 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법은 (1단계) 석면 또는 석면 함유 물질을 분쇄하는 단계;

[0010] (2단계) 분쇄된 석면 또는 석면 함유 물질에 상변환용 첨가제를 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계;

[0011] (3단계) 상기 혼합물에 용매를 혼합하여 슬러리를 제조하는 단계; 및

[0012] (4단계) 상기 슬러리를 분쇄하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법의 상기 2단계에 있어서, 상기 상변환용 첨가제는 황산염, 옥살산, 불소염으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다. 이때, 상기 황산염은 황산암모늄, 황산나트륨, 황산수소암모늄 및 황산수소나트륨으로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있으며, 상기 불소염은 불화암모늄 또는 불화나트륨일 수 있다.

[0014] 구체적으로는 상기 상변환용 첨가제는, 불소염; 및, 옥살산 또는 황산염;을 포함하는 것일 수 있다. 바람직하게는 옥살산 및 불화암모늄이 혼합되어 있는 것 또는 황산나트륨 및 불화나트륨이 혼합되어 있는 것일 수 있다. 보다 바람직하게는 옥살산 및 불화암모늄이 혼합되어 있는 것일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법의 상기 3단계에 있어서, 상기 용매는 물, 증류수 및 탈이온수로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법의 상기 4단계에 있어서, 분쇄 속도는 150~350rpm이며, 분쇄 시간은 1~5시간일 수 있다.

[0017] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0018] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법은 (1단계) 석면 또는 석면 함유 물질을 분쇄하는 단계;

[0019] (2단계) 분쇄된 석면 또는 석면 함유 물질에, 상변환용 첨가제를 혼합하여 혼합물을 제조하는 단계;

[0020] (3단계) 상기 혼합물에 용매를 혼합하여 슬러리를 제조하는 단계; 및

[0021] (4단계) 상기 슬러리를 분쇄하는 단계;를 포함한다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법의 상기 1단계에 있어서, 석면은 주로 백석면(chrysotile)을 의미하나 이에 제한되는 것은 아니며, 갈석면(amosite), 청석면(crocidolite), 직섬석(anthophyllite), 투각섬석(tremolite) 및 양기석(actinolite)은 물론 존재하는 모든 석면상 물질을 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법의 상기 1단계에 있어서, 상기 석면 또

는 석면 함유 물질은 100mesh 이하의 크기로 분쇄될 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법의 상기 2단계에 있어서, 상기 상변환용 첨가제는 고열온도를 낮추고 반응을 촉진하는 촉매적 성질은 물론, 석면과의 반응에 따라 섬유상의 석면을 비정질 또는 비섬유상 결정질 상으로 변환시킬 수 있는 물질로서, 황산염, 옥살산, 불소염으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다. 이때, 상기 황산염은 황산암모늄, 황산나트륨, 황산수소암모늄 및 황산수소나트륨으로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있으며, 상기 불소염은 불화암모늄 또는 불화나트륨일 수 있다. 바람직하게는 상기 상변환용 첨가제는, 불소염; 및, 옥살산 또는 황산염;을 포함하는 것일 수 있다. 구체적으로 상기 상변환용 첨가제는 옥살산 및 불화암모늄이 혼합되어 있는 것 또는 황산나트륨 및 불화나트륨이 혼합되어 있는 것이 바람직하며, 보다 구체적으로는 옥살산 및 불화암모늄이 혼합되어 있는 것이 더욱 바람직하다.

[0025] 또한, 상기 상변환용 첨가제는 불소염; 및, 옥살산 또는 황산염;이 1 : 4~8의 중량비로 혼합되어 있는 것일 수 있다.

[0026] 불소염; 및, 옥살산 또는 황산염;의 혼합비가 1 : 4 중량비 미만일 경우 석면을 충분히 무해화할 수 없으며, 1 : 8을 초과하는 경우 옥살산 또는 황산염이 반응에 참여하지 않고 잔존하므로 별도의 중화 또는 세척 등의 공정을 필요로 할 수 있어 바람직하지 않다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법의 상기 2단계에 있어서, 상기 상변환용 첨가제는 석면 100중량부를 기준으로 100~200중량부가 혼합될 수 있다. 상변환용 첨가제의 함량이 석면 100중량부에 대하여 100중량부 미만일 경우 석면을 충분히 무해화할 수 없으며, 200중량부를 초과하는 경우 과도한 양의 상변환용 첨가제의 사용으로 경제적인 측면에서 불리하므로 바람직하지 않다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법의 상기 3단계에 있어서, 상기 용매는 상변환용 첨가제의 역할을 촉진하기 위한 것으로서 물, 증류수 및 탈이온수로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다. 또한 본 발명의 석면 무해화 방법은 용매를 포함함으로서 슬러리로 형성되어 분쇄 시 습식 상태에서 미분쇄가 일어나기에 비산을 방지할 수 있다는 부가적인 효과 도한 얻을 수 있다. 바람직하게는 상기 용매는 석면 100중량부를 기준으로 5~15중량부가 혼합될 수 있다. 용매의 함량이 석면 100중량부에 대하여 5중량부 미만일 경우 석면과 상변환용 첨가제와의 균일한 혼합을 유도할 수 없으며 또한 분쇄 시 비산을 방지할 수 없고, 15중량부를 초과하는 경우 용매의 함량이 많아 석면과 상변화용 첨가제와의 반응성이 떨어져 석면의 무해화 효과가 미미하므로 바람직하지 않다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해봐 방법의 상기 4단계에 있어서, 분쇄 단계에서 사용되는 분쇄기는 통상적으로 이용되는 미분쇄기면 제한 없이 사용이 가능하며, 예를 들어 유성밀, 전동원심밀, 볼텍스밀을 이용할 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 의한 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법의 상기 4단계에 있어서, 분쇄 단계는 150~350rpm의 회전속도로 1~5시간 수행될 수 있다. 분쇄 시 회전속도가 150rpm 미만이거나, 수행시간이 1시간 미만일 경우 석면의 분쇄가 충분히 이루어지지 않아 석면의 무해화가 이루어지지 않으며, 회전속도가 350rpm을 초과하거나 수행시간이 5시간을 초과하는 경우 경제적인 측면에서 불리하므로 바람직하지 않다.

[0031] 구체적으로 상기 분쇄 단계는 상변환용 첨가제가 옥살산 및 불화암모늄의 혼합으로 이루어진 경우 150~250rpm의 속도로 1~3시간 수행될 수 있다. 또한, 상변환용 첨가제가 옥살산보다 저렴한 황산나트륨 및 불화나트륨의 혼합으로 이루어진 경우 분쇄단계는 250~350rpm의 속도로 3~5시간 수행될 수 있다.

[0032] 본 발명의 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법은 석면에 상변환용 첨가제를 혼합한 후 분쇄하는 단계를 포함하여 비표면적 증가는 물론, 이때 발생하는 에너지 즉 고열 및 고압에 따른 물질 간 화학적 반응으로 석면의 비정질화 또는 섬유상으로부터 능면체상으로의 변형으로 인해 석면을 99% 이상 무해화하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0033] 본 발명의 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법을 통해 간단한 방법으로 짧은 시간에 석면을 상변화시키거나 비정질 상태로 변형시켜 유해성을 99% 이상 제거할 수 있다.

[0034] 또한 본 발명의 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법은 습식상태에서 미분쇄하는 과정을 거치므로 미분이 비산되지 않으며, 강산을 사용하여 용해하는 공정을 포함하지 않기에 부가적인 중화, 세척, 분리 등의 공정

을 별도로 필요로 하지 않는다. 이에 강산 처리에 따른 2차 환경오염을 방지할 수 있다.

[0035] 또한 본 발명의 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법은 석면을 고온에서 가열하는 등의 전처리 공정을 필요로 하지 않으므로 열처리를 위한 에너지 비용이 발생하지 않아 경제적이다.

[0036] 게다가 본 발명의 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법은 천연 석면 및 석면을 함유한 슬레이트 등 함석면 폐기물 처리에 응용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 물리화학적 처리법에 의한 석면 무해화 방법을 나타낸 순서도이다.

도 2a는 무해화 처리하지 않은 석면의 X-선 회절분석결과를 나타낸 그래프이다.

도 2b는 무해화 처리하지 않은 석면의 주사전자현미경 촬영 이미지이다.

도 3a는 실시예 1 또는 실시예 2의 석면에 대한 X-선 회절분석결과를 나타낸 그래프이다.

도 3b는 실시예 1 또는 실시예 2의 석면에 대한 주사전자현미경 촬영 이미지이다.

도 4a는 실시예 4의 석면에 대한 X-선 회절분석결과를 나타낸 그래프이다.

도 4b는 실시예 4의 석면에 대한 주사전자현미경 촬영 이미지이다.

도 5a는 비교예 1의 석면에 대한 X-선 회절분석결과를 나타낸 그래프이다.

도 5b는 비교예 1의 석면에 대한 주사전자현미경 촬영 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 내용이 철저하고 완전해지도록, 당업자에게 본 발명의 사상을 충분히 전달하기 위해 제공하는 것이다.

[0039] <실시예 1>

[0040] 백석면을 100mesh 이하의 크기로 분쇄한 후 분쇄된 백석면 8g에 옥살산 8g, 불화암모늄 2g을 혼합하고 증류수 0.8ml를 첨가하여 유성밀에서 150rpm으로 1시간 동안 미분쇄하였다. 이때, 미분쇄 반응을 위한 회전반응 후 반응물질은 유동성이 거의 없는 슬러리 형태로 확인되었다.

[0041] <실시예 1 내지 4 및 비교예 1 내지 8>

[0042] 실시예 1과 동일한 방법으로, 실시예 1 내지 4 및 비교예 1 내지 8을 표 1과 같은 조성 및 조건으로 혼합, 분쇄하여 석면을 무해화하였다.

표 1

[0043]

	석면 (g)	상변환용 첨가제 (g)				증류수 (ml)	분쇄 속도 (rpm)	분쇄 시간 (hr)
		불소염		옥살산	황산 나트륨			
		불화 암모늄	불화 나트륨					
실시예 1	8	2	-	8	-	0.8	150	1
실시예 2	8	2	-	10	-	0.8	150	1
실시예 3	8	1	-	8	-	0.8	150	1
실시예 4	8	-	2	-	10	0.8	320	5
비교예 1	10	-	-	-	-	0.8	320	4
비교예 2	8	-	-	15	-	0.8	320	5
비교예 3	8	-	-	-	15	0.8	320	5
비교예 4	8	1	-	10	-	0.8	150	1
비교예 5	8	2	-	5.5	-	0.8	150	1
비교예 6	8	-	2	-	10	0.8	320	2
비교예 7	8	2	-	8	-	0.8	100	1
비교예 8	8	2	-	5	-	0.8	150	0.5

[0044] <평가예>

[0045] 실시예 1 내지 4 및 비교예 1 내지 8에서 분쇄된 슬러리 형태의 혼합물을 회수하여 반응온도 60℃ 건조기에서 약 24시간 건조시킨 후 X-선 회절 분석(X-ray diffraction; XRD) 및 주사전자현미경(scanning electron microscope; SEM) 촬영을 통해 결정상 및 형태를 분석하였으며, 실시예 1, 2, 4 및 비교예 1의 XRD 그래프 및 SEM 분석 이미지를 도 3 내지 4 그리고 도 5에 나타내었다. 또한, 본 발명의 무해화 처리에 따른 결과를 비교하기 위하여 무해화 처리하지 않은 석면의 XRD 분석 결과 그래프 및 SEM 이미지를 도 2에 나타내었다.

[0046] 도 3은 실시예 1과 2를 통해 무해화된 석면의 XRD 분석 및 SEM 촬영 이미지 결과로서, 먼저 도 3(a)를 참조하여, XRD 분석 결과 마그네슘 옥살레이트(Glushinskite)와 훼웰라이트가 생성되었음을 확인하였다. 마그네슘 옥살레이트는 미분쇄하는 동안 백석면이 볼과 충돌되는 과정에서 격자구조가 교란되어 생성된 산물이다. 즉 백석면의 팔면체 구조 내에 있는 마그네슘 이온이 용출되어 옥살산과 반응한 산물로 추정된다. 또한 도 3(b)를 참조하여, SEM 분석결과 시료는 0.1㎛ 이하의 둥근형태의 작은 입자들이 모여 있는 덩어리 형태 또는 약 1㎛ 크기의 면이 발달한 결정형으로 관찰되었다. 따라서 기계적 반응은 석면구조 내의 마그네슘 용출반응과 석면 구조의 붕괴를 진행해 섬유상 석면을 비정질화 혹은 상전이 시킴으로써 석면의 완전한 무해화가 달성된 것이다. 또한, 실시예 3의 경우 실시예 1 또는 실시예 2와 유사한 결과를 보여주었다.

[0047] 도 4는 실시예 4를 통해 무해화된 석면의 XRD 분석 및 SEM 촬영 이미지 결과로서, 먼저 반응 생성물에 대한 XRD 분석 결과를 나타내는 도 4(a)를 참조하여, 백석면을 지시하는 석면상은 완전히 비정질 상태로 변화되었다. 또한 전자 현미경 분석 결과를 나타내는 도 4(b)를 참조하여, 반응 물질의 형태가 0.05㎛ ~ 0.1㎛ 이하의 둥근형태의 작은 입자들만이 분포되어 있음을 확인하였다. 이상의 결과는 미분쇄기에 의해 분쇄 반응 동안 볼밀에 의한 충격에 의해 준단열적인 에너지 축적과 기계적 에너지의 작용이 황산나트륨의 용융반응을 용이하게 하여 석면의 무해화반응을 촉진시킴으로서 섬유상의 석면을 비정질 상태로 변형시킨 결과이다.

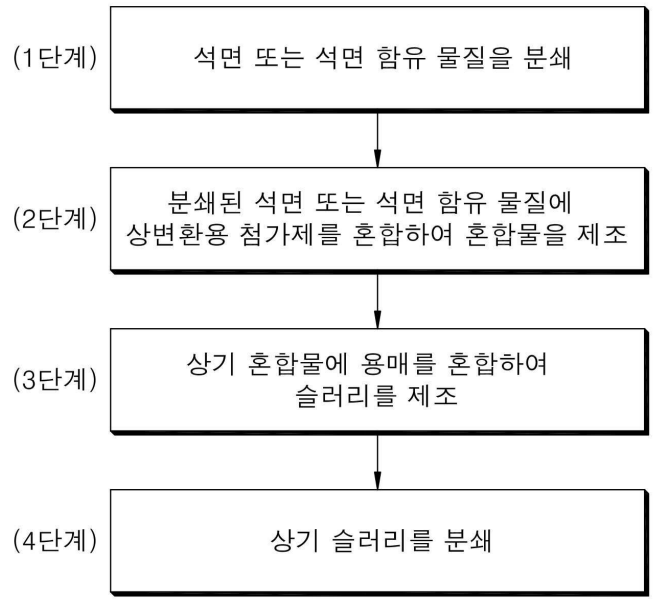
[0048] 반면, 도 5는 비교예 1을 통해 무해화된 석면의 XRD 분석 및 SEM 촬영 이미지 결과로서, 도 5(a) 및 도 5(b)를 참조하여, 비교예 1의 경우 백석면이 부분적으로 반응하지 않은 상태로 존재하였음을 확인하였다.

[0049] 비교예 2의 경우 반응결과 백석면이 잔존하였으나, 출발물질에 함유되어 있던 Ca와 옥살산이 반응하여 웨델라이트만 형성되었다. 웨델라이트의 생성은 옥살산이 Ca와 우선적으로 반응하여 형성된 것으로 이에 석면의 실리카층 제거를 위한 불소 화합물의 존재가 궁극적으로 석면의 무해화에 결정적인 요소임을 알 수 있었다. 또한 비교예 3의 경우 섬유상의 백석면이 다량 확인되었으므로 석면은 완전히 무해화되지 않았다. 이에 황산나트륨의 양과 반응시간이 증가하여도 불소화합물이 첨가되지 않은 경우, 반응성이 상당이 낮아지는 것으로 확인되었으며, 비교예 4의 경우 비교예 2와 유사한 결과를 나타내었다.

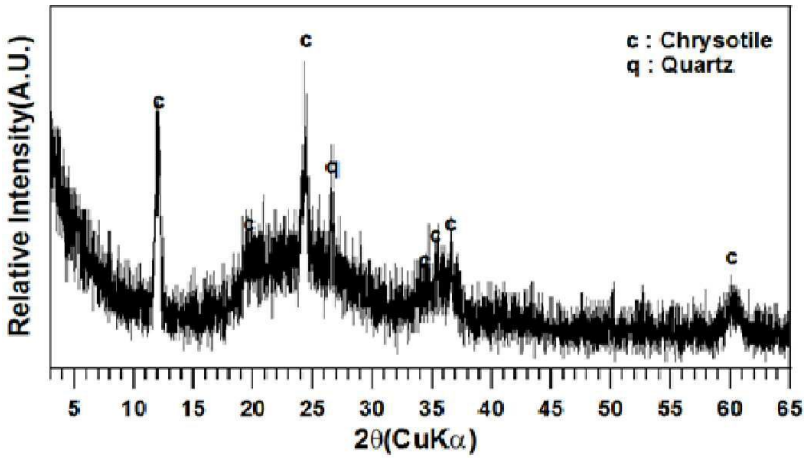
[0050] 상변환용 첨가제의 양이 적게 투입된 비교예 5의 경우, 불충분한 반응에 따라 석면의 완전 무해화되지 않고 부분적으로 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 비교예 6, 7및 8의 경우, 분석 결과 0.05㎛ 이하의 둥근 형태의 입자들로 상당량의 형태가 변한 것을 확인하였으나, 백석면이 부분적으로 잔존하여 석면은 부분적으로 무해화되었다.

도면

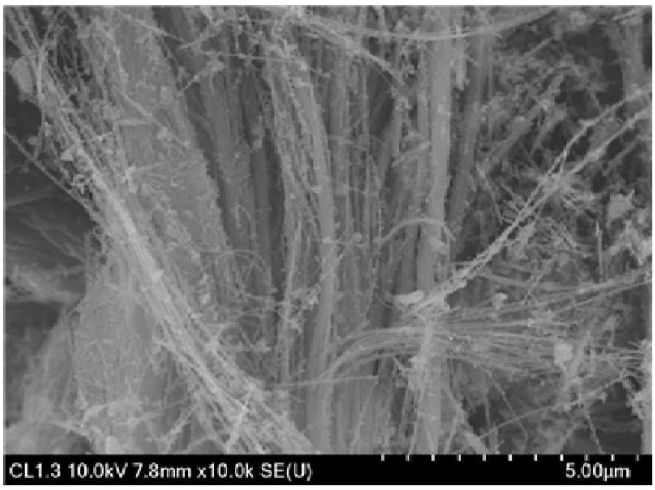
도면1


(1단계)
석면 또는 석면 함유 물질을 분쇄
(2단계)
분쇄된 석면 또는 석면 함유 물질에
상변환용 첨가제를 혼합하여 혼합물을 제조
(3단계)
상기 혼합물에 용매를 혼합하여
슬러리를 제조
(4단계)
상기 슬러리를 분쇄

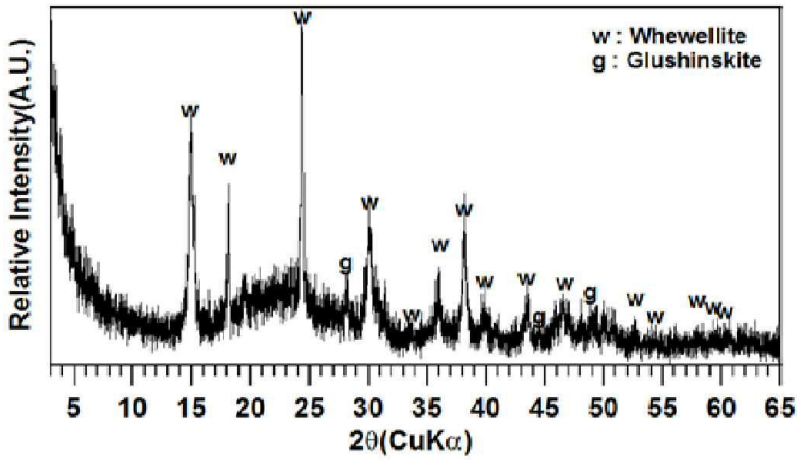
도면2a


c : Chrysotile
q : Quartz
Relative Intensity(A.U.)
2θ(CuKα)
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65

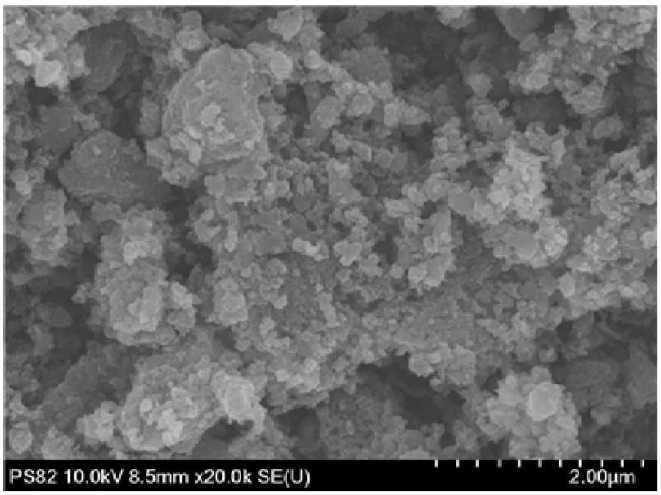
도면2b



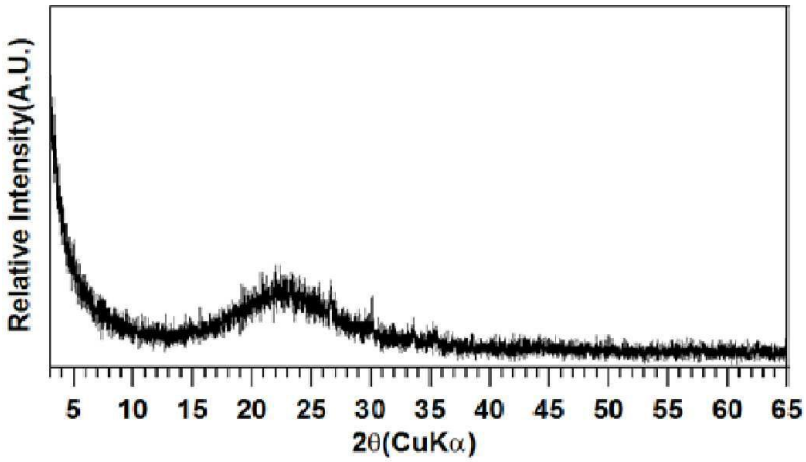
도면3a



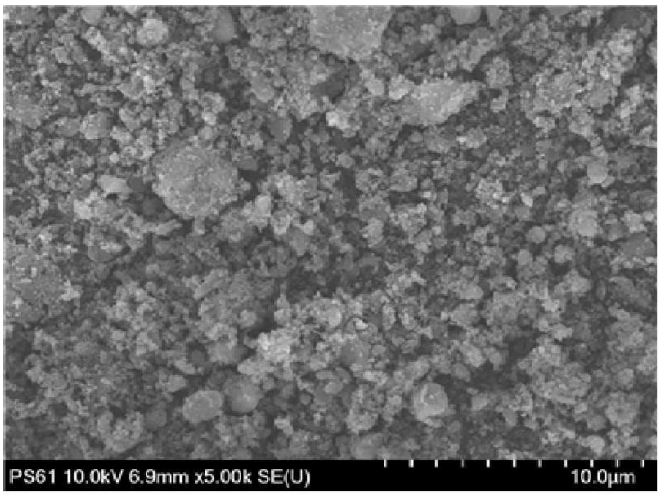
도면3b



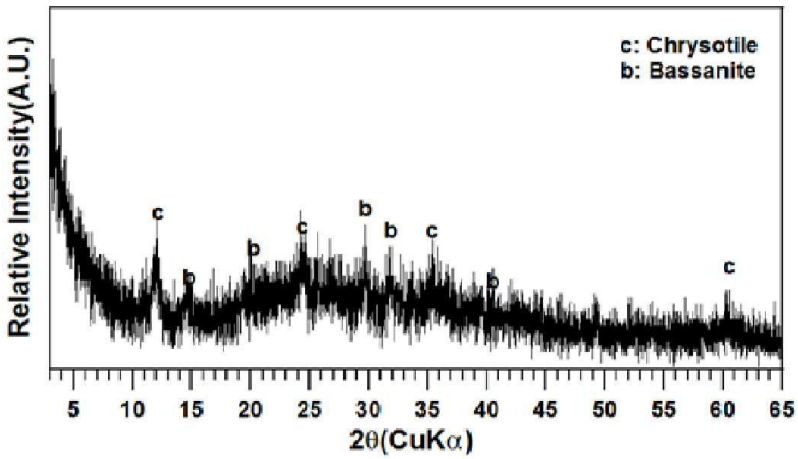
도면4a



도면4b



도면5a



도면5b

