



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월19일
 (11) 등록번호 10-1375735
 (24) 등록일자 2014년03월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B28C 1/14 (2006.01) *C04B 28/02* (2006.01)
B09B 3/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0097340
 (22) 출원일자 2013년08월16일
 심사청구일자 2013년08월16일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1019990086224 A*
 JP2008143765 A*
 KR1020040087049 A
 KR1020110109711 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국지질자원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
 (72) 발명자
조환주
 대전 유성구 신성로61번길 68, 303호 (신성동, 조은빌라)
장영남
 대전 유성구 대덕대로541번길 68, 102동 801호 (도룡동, 현대아파트)
조호영
 서울 서초구 반포대로 275, 111동 1702호 (반포동, 래미안퍼스티지)
 (74) 대리인
 특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 5 항

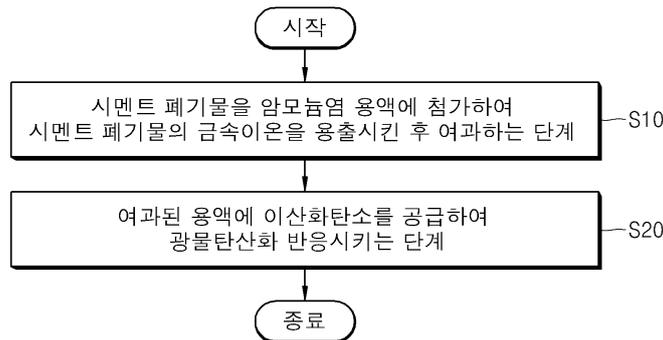
심사관 : 신현일

(54) 발명의 명칭 **암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법**

(57) 요약

본 발명은 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에 관한 것으로, 더욱 구체적으로 시멘트 폐기물을 암모늄염 용액에 첨가하여 상기 시멘트 폐기물의 금속이온을 용출시킨 후 여과하는 단계; 및 상기 여과된 용액에 이산화탄소를 공급하여 광물탄산화 반응시키는 단계를 포함하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2010-018

부처명 지식경제부

연구사업명 일반사업

연구과제명 산업부산물을 이용한 CO2 저감 및 자원실용화 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2010.01.01 ~ 2014.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, NaO, K₂O 및 P₂O₅를 포함하고 100메쉬 체로 걸러 입도가 균일하고 비 표면적이 증가한 분말 형태의 시멘트 폐기물을 암모늄염 용액에 첨가하여 상기 시멘트 폐기물의 Ca, Mg, Si, K의 금속이온을 용출시킨 후 여과하는 단계; 및

상기 여과된 용액에 이산화탄소를 공급하여 pH 9 - 10에서 광물탄산화 반응시켜 바테라이트(CaCO₃), 칼사이트(CaCO₃), 포트랜드아이트(Ca(OH)₂) 및 규산칼슘(Ca₃SiO₅)을 얻는 단계를 포함하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 암모늄염은 암모늄아세테이트, 염화암모늄 및 질산암모늄으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 시멘트 폐기물과 암모늄염 용액은 40 - 60 g/L의 고액비(S/L)로 혼합되는 것을 특징으로 하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 암모늄염 용액의 농도는 0.5 - 1.0M인 것을 특징으로 하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 이산화탄소는 40 - 200 ml/min으로 공급되는 것을 특징으로 하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 이산화탄소 처리 기술 가운데 광물탄산화는 이산화탄소를 칼슘이나 마그네슘과 같은 양이온을 포함하는 암석, 광물, 산업폐기물 등과 반응시켜 고체 상태의 탄산염광물로 전환해 저장하는 방식이다.

[0003] 현재, 이산화탄소 포집 및 저장 기술 연구가 활발히 진행중에 있으나, 지중 저장은 저장시설 확보가 쉽지 않으나, 광물탄산화법에 의한 이산화탄소 저장법은 신속하게 이산화탄소를 처분할 수 있고 다른 처리 기술에 비해 안정성이 뛰어나다는 장점이 있다.

[0004] 이에, 산업 부산물로서 발생하는 시멘트 폐기물은 연간 3000만 톤을 상회하고, 이것들을 처리하는 데에는 비용이 많이 들고 이차적인 환경 문제가 제기되고 있는 상황이다. 따라서, 이러한 시멘트 폐기물을 탄산화 원료 물질로 활용하면 기업의 환경부담비를 대폭 줄일 수 있게 된다.

[0005] 이러한 산업 부산물을 이용한 이산화탄소의 처리 기술로는 산업 부산물에 포함된 금속 성분 추출과 탄산화 반응을 동시에 발생시키는 방법이 있으나, 추출된 알칼리 성분이 추출될수록 추출반응이 저하되고 탄산염 전환을 위한 반응시간이 오래 걸리는 문제가 있다. 또한, 탄산염 전환을 위해 pH 조절제로서 NaOH를 대량 첨가해야 함에 따라 추가비용이 소요되고 소석회(Ca(OH)₂)가 과다 생성되어 부유물질이 발생한다.

[0006] 이와 같은 문제점을 해결하기 위해, 대한민국 등록특허 제10-0958593호(2010.05.18. 공고)에는 첨가제를 투입하여 칼슘 이온을 신속히 용출시키고 이 칼슘이온 용출액에 제철공정에서 자연 발생되는 배기가스를 반응시키는 방법이 있다. 그러나, 이러한 대부분의 이산화탄소 저감을 위한 방법이 제철공정에서 발생하는 석회계 부산물에 한정되고, 여러가지 첨가제가 사용되어 공정 비용을 증가할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명은 암모늄염을 이용하여 NaOH와 같은 pH 조절제를 사용하지 않고도 종래 방법보다 낮은 pH에서 시멘트 폐기물을 광물탄산화시킬 수 있는 방법을 제공하는데 있다.

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제(들)로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제(들)는 이하의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 시멘트 폐기물을 암모늄염 용액과 혼합하여 상기 시멘트 폐기물의 금속 이온을 용출시킨 후 여과하는 단계; 및 상기 여과된 용액에 이산화탄소를 공급하여 광물탄산화 반응시키는 단계를 포함하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법을 제공한다.

[0010] 이때, 상기 시멘트 폐기물은 SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, NaO, K₂O 및 P₂O₅를 포함할 수 있다.

- [0011] 상기 암모늄염은 암모늄아세테이트, 염화암모늄 및 질산암모늄으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 한다.
- [0012] 상기 시멘트 폐기물과 암모늄염 용액은 40 - 60 g/L의 고액비(S/L)로 혼합되는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 암모늄염 용액의 농도는 0.5 - 1.0M인 것을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 이산화탄소는 40 - 200 ml/min으로 공급되는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 상기 광물탄산화 반응은 pH 9 - 10에서 수행되는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 상기 광물탄산화는 Ca, Mg, Si 및 K로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 원소를 탄산화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 상기 시멘트 폐기물은 파쇄되고 체로 걸러진 분말 형태인 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 본 발명은 시멘트 폐기물을 암모늄염 용액과 혼합하여 칼슘이온을 용출시킨 후 여과하는 단계; 상기 여과된 용액에 이산화탄소를 공급하여 광물탄산화 반응시킨 후 여과하는 단계; 및 상기 여과된 용액을 시멘트 폐기물과 혼합한 후 이산화탄소를 공급하여 광물탄산화 반응시키는 단계를 포함하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명에 따르면, 시멘트 폐기물을 암모늄염을 이용하여 간단한 방법으로 시멘트 폐기물에 포함된 금속을 용출시킬 수 있고, 이를 이산화탄소와 반응시켜 광물화시킬 수 있다.
- [0020] 또한, 시멘트 폐기물의 탄산염 광물화가 pH 9 - 10의 낮은 pH에서 반응되므로, 수산화나트륨과 같은 첨가제를 추가할 필요가 없다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법을 나타낸 공정 개략도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에서 암모늄염으로 CH₃COONH₄를 사용한 경우의 XRD 결과이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에서 암모늄염으로 NH₄Cl을 사용한 경우의 XRD 결과이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에서 암모늄염으로 NH₄NO₃를 사용한 경우의 XRD 결과이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에서 광물탄산화 반응 시간에 따른 pH 및 EC 변화를 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에서 암모늄염으로 CH₃COONH₄를 사용한 경우의 광물탄산화 반응 후 침전물의 DT-TGA 분석 결과이다.
- 도 8은 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에서 암모늄염으로 NH₄Cl을 사용한 경우의 광물탄산화 반응 후 침전물의 DT-TGA 분석 결과이다.
- 도 9는 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에서 암모늄염으로 NH₄NO₃를 사용한 경우의 광물탄산화 반응 후 침전물의 DT-TGA 분석 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0023] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것을 달성하는 방법은 첨부된 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.
- [0024] 그러나 본 발명은 이하에 개시되는 실시예들에 의해 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0025] 또한, 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기술 등이 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있다고 판단되는 경우 그에 관한 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0026] 본 발명은 시멘트 폐기물을 암모늄염 용액과 혼합하여 상기 시멘트 폐기물의 금속이온을 용출시키는 단계; 및
- [0027] 상기 혼합용액에 이산화탄소를 공급하여 광물탄산화 반응시키는 단계를 포함하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법을 제공한다.
- [0028] 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법은 시멘트 폐기물을 암모늄염을 이용하여 간단한 방법으로 시멘트 폐기물에 포함된 금속을 용출시킬 수 있고, 이를 이산화탄소와 반응시켜 광물화시킬 수 있으며, 시멘트 폐기물의 탄산염 광물화가 pH 9 - 10의 낮은 pH에서 반응되므로, 수산화나트륨과 같은 첨가제를 추가할 필요가 없다.
- [0029] 도 1은 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법을 나타낸 순서도이고, 도 2는 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법을 나타낸 공정 개략도이다. 이하, 도 1 및 도 2를 참고하여 본 발명을 상세히 설명하다.
- [0030] 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법은 시멘트 폐기물을 암모늄염 용액과 혼합하여 상기 시멘트 폐기물의 금속이온을 용출시킨 후 여과하는 단계(S10)를 포함한다.
- [0031] 이때, 상기 시멘트 폐기물은 하기 표 1에 나타난 바와 같이, SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, NaO, K₂O 및 P₂O₅를 포함한다. 상기 시멘트 폐기물에 포함된 Ca, Mg, Si, K 등과 같은 금속이온들은 암모늄염에 의해 용액 내로 용출된다.
- [0032] 상기 시멘트 폐기물은 파쇄공정 후 체로 거르는 단계를 추가로 수행하여 분말 형태일 수 있다. 상기 시멘트 폐기물은 파쇄될 수 있으며, 100메쉬 체로 걸러 입도가 균일하고 비표면적이 증가한 분말 형태로 제공되어 암모늄염 및 이산화탄소와의 반응을 효율적으로 발생시킬 수 있다.
- [0033] 또한, 상기 시멘트 폐기물의 금속이온을 용출시키기 위해 사용되는 암모늄염은 암모늄아세테이트(CH₃COONH₄), 염화암모늄(NH₄Cl) 및 질산암모늄(NH₄NO₃)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종을 사용할 수 있다. 상기 암모늄염은 탈이온수에 용해시켜 수용액으로 제조되며, 이때의 암모늄염 용액의 농도는 0.5 - 1.0M인 것이 바람직하다. 상기 암모늄염 용액의 농도가 0.5M 미만인 경우에는 금속이온의 용출이 낮은 문제가 있고, 1.0M을 초과하는 경우에는 금속이온의 용출량이 더 이상 증가하지 않으므로 공정 효율의 측면에서 1.0M 이하인 것이 적절하다.
- [0034] 또한, 상기 시멘트 폐기물과 암모늄염 용액은 40 - 60 g/L의 고액비(S/L)로 혼합되는 것이 바람직하다. 상기 고액비가 40 g/L 미만인 경우에는 암모늄염 용액이 과다하게 포함되어 공정 비용이 증가하는 문제가 있고, 60 g/L를 초과하는 경우에는 암모늄염 용액 대비 시멘트 폐기물의 양이 적어 용출되는 금속이온의 양이 적은 문제가 있다.
- [0035] 상기 금속이온을 용출시킨 용액에는 시멘트 폐기물의 골재 성분 및 불순물이 다량 포함되어 있으므로, 여과하는 공정을 수행하는 것이 바람직하며 상기 여과 공정은 시멘트 폐기물의 골재 성분 및 불순물을 분리할 수 있는 방법이면 이에 제한되는 것은 아니다.

[0036] 다음으로, 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법은 상기 여과된 용액에 이산화탄소를 공급하여 광물탄산화 반응시키는 단계(S20)를 포함한다.

[0037] 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에서 암모늄염 용액과 시멘트 폐기물이 혼합된 혼합용액에는 암모늄염에 의해 시멘트 폐기물의 금속이온들(Ca, Mg, Si, K 등)이 용출되어 있고, 이를 여과시켜 골재 성분이나 다른 불순물을 제거한 후 이산화탄소를 공급하여 광물탄산화 반응시켜 바테라이트(CaCO₃), 칼사이트(CaCO₃), 포트랜드아이트(Ca(OH)₂), 규산칼슘(Ca₃SiO₅) 등을 얻을 수 있다. 이때, 상기 광물탄산화 반응은 NaOH와 같은 pH 조절제를 첨가하지 않고도 pH 9 - 10에서 수행된다.

[0038] 상기 이산화탄소는 40 - 200 ml/min으로 공급되는 것이 바람직하다. 상기 이산화탄소가 40 ml/min 미만으로 공급되는 경우에는 광물탄산화 반응 시간이 과도하게 길어지는 문제가 있고, 200 ml/min를 초과하는 경우에는 미반응 이산화탄소가 과도하게 배출되는 문제가 있다.

[0039] 또한, 본 발명은 시멘트 폐기물을 암모늄염 용액과 혼합하여 칼슘이온을 용출시킨 후 여과하는 단계; 상기 여과된 용액에 이산화탄소를 공급하여 광물탄산화 반응시킨 후 여과하는 단계; 및 상기 여과된 용액을 시멘트 폐기물과 혼합한 후 이산화탄소를 공급하여 광물탄산화 반응시키는 단계를 포함하는 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법을 제공한다.

[0040] 상기 용출 및 광물탄산화 반응은 전술한 바와 같고, 광물탄산화 반응 후 용액 내에는 탄산칼슘이 침전되고 이를 여과시킨 용액에는 암모늄염을 포함하고 있으므로, 광물탄산화 반응시킨 후 칼슘이온을 용출시키는데 재사용될 수 있어 공정 비용 절감과 함께 화학물질 사용으로 인한 환경 오염을 최소화할 수 있다.

[0041] 실시예 1

[0042] 도 2는 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법을 나타낸 공정도이다.

[0043] 포틀랜드 시멘트 폐기물을 볼밀링 장치를 이용하여 분쇄한 후 체(100메쉬, 0.15 mm)에 걸렀다. 체를 통과한 시멘트를 본 발명에 사용하였다. 시멘트 폐기물의 조성을 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

물질	조성(중량%)									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	NaO	K ₂ O	P ₂ O ₅
시멘트 폐기물	42.6	0.3	8.1	3.1	0.1	1.4	20.3	ND	2.0	0.1

[0045] 500 ml의 탈이온수에 0.25 몰의 CH₃COONH₄와 0.5 몰의 CH₃COONH₄를 용해하여 0.5M 및 1.0M의 CH₃COONH₄ 수용액을 제조하였다. 동일한 방법으로 0.5M 및 1.0M의 NH₄Cl, NH₄NO₃ 용액을 제조하였다.

[0046] 25 g의 건조된 시멘트 폐기물을 500 ml의 암모늄염 용액(농도 0.5M 및 1.0M)에 넣어 고액비 50 g/L로 슬러리를 제조하였다. 제조된 슬러리를 20 °C, 130 rpm에서 4 시간 동안 교반한 후 0.2 μm 분리막 여과지(ADVANTEC®)를 이용하여 여과시켰으며, 300 ml의 여과된 액체를 얻었다. 여과된 액체를 500 ml의 플라스크(Elrenmeyer flask)에 넣은 후 CO₂ 주입 튜브를 위치시키고 CO₂를 40 ml/min 및 200 ml/min의 유량으로 공급하였다. 균일한 반응을 위해 자석교반기를 이용하여 교반하면서 CO₂를 주입하였다. 하기 표 2는 암모늄염에 의한 금속 이온의 용출 양 및 광물탄산화 양을 나타낸 것이다.

표 2

암모늄염	농도 (M)	CO ₂ 주입량 (ml/min)	금속이온 농도(ppm)							
			Ca		Mg		Si		K	
			용출	탄산화	용출	탄산화	용출	탄산화	용출	탄산화
CH ₃ COONH ₄	0.5	200	3036.6	414.1	4.5	5.4	35.0	39.9	84.7	87.0

	1.0	40	8898.6	1182.3	18.1	18.7	15.2	9.4	126.2	115.3
		200	-	628.8	-	5.4	-	55.8	-	79.3
NH ₄ Cl	0.5	200	2479.1	421.2	3.7	3.9	30.4	31.4	80.0	79.8
	1.0	40	4079.0	1333.1	16.6	19.7	6.3	11.2	53.2	120.5
200		-	914.8	-	17.5	-	24.2	-	113.8	
NH ₄ NO ₃	0.5	200	7667.9	1388.4	6.1	7.1	12.2	11.9	115.5	116.3
		40	8780.9	1318.4	12.9	15.8	15.0	12.0	119.7	117.7
	200		2266.4	-	15.6	-	20.4	-	129.7	

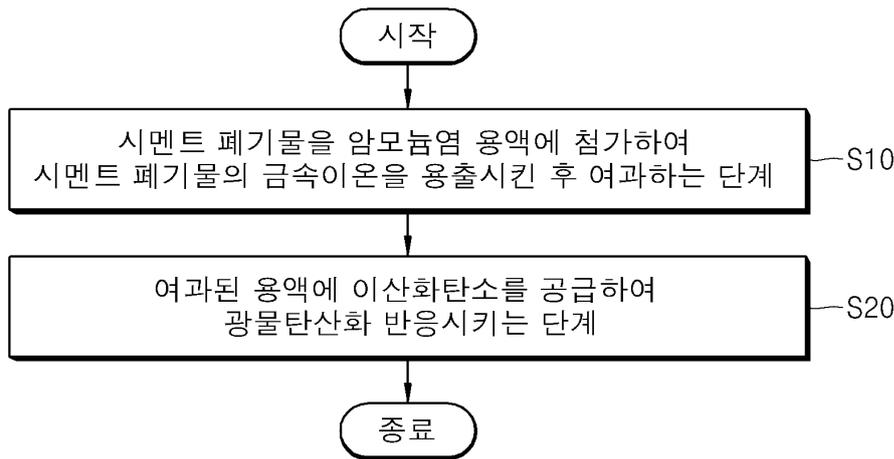
- [0048] 실험예 1: 광물탄산화 반응 후 침전물 분석
- [0049] 본 발명에 따른 광물탄산화 방법에서 광물탄산화 반응 후 침전물의 성분을 XRD로 분석하고 그 결과를 도 3, 도 4 및 도 5에 나타내었다.
- [0050] 도 3은 암모늄염으로 CH₃COONH₄를 사용한 경우이고, 도 4는 암모늄염으로 NH₄Cl을 사용한 경우, 도 5는 암모늄염으로 NH₄NO₃를 사용한 경우의 XRD 결과를 나타낸다. 도 3 내지 5의 바테라이트(Vaterite, V) 및 칼사이트(Calcite, C)는 CaCO₃이고, 포트랜드아이트(Portlandite, P)는 Ca(OH)₂이다. 도 3, 도 4 및 도 5에서 0.5M과 1.0M은 각각의 암모늄염 농도에서 용출 반응시킨 것을 나타내고, 0.5C200은 암모늄염 용액의 농도는 0.5M, 이산화탄소는 200 ml/min으로 공급한 것을 나타내며, 1.0C40은 암모늄염 용액의 농도는 1.0M, 이산화탄소는 40 ml/min으로 공급한 것을 나타내고, 1.0C200은 암모늄염 용액의 농도는 1.5M, 이산화탄소는 200 ml/min으로 공급한 것을 나타낸다.
- [0051] 도 3 내지 도 5로부터 본 발명에 따른 광물탄산화 방법으로 바테라이트 및 칼사이트가 생성된 것을 알 수 있다.
- [0052] 실험예 2: 광물탄산화 반응 시간에 따른 pH 및 EC 변화 분석
- [0053] 본 발명에 따른 광물탄산화 방법에서 광물탄산화 반응 시간에 따른 혼합용액에서의 pH 및 EC 변화를 분석하고, 그 결과를 도 6에 나타내었다.
- [0054] 도 6의 (a) ~ (c)는 암모늄염으로 CH₃COONH₄를 사용한 경우이고, CH₃COONH₄의 농도는 각각 0.5M, 1.0M, 1.0M이었으며, 이산화탄소의 공급유량은 200 ml/min, 40 ml/min, 200 ml/min이었다. 도 6의 (d) ~ (f)는 암모늄염으로 NH₄Cl을 사용한 경우이고, 도 6의 (g) ~ (i)는 암모늄염으로 NH₄NO₃를 사용한 경우이며, (d) ~ (i)에서 암모늄염 용액의 농도 및 이산화탄소의 공급 유량은 (a) ~ (c)와 동일하였다.
- [0055] 도 6에 나타난 바와 같이, 모든 경우에 광물탄산화 반응이 pH 9 - 10에서 진행된 것을 알 수 있다.
- [0056] 실험예 3: 광물탄산화 반응 후 침전물 분석
- [0057] 본 발명에 따른 광물탄산화 방법에서 광물탄산화 반응 후 혼합용액 내의 침전물을 열분석(DT-TGA)하고, 그 결과를 도 7, 도 8 및 도 9에 나타내었다.
- [0058] 도 7은 암모늄염으로 CH₃COONH₄를 사용한 경우이고, 도 8은 암모늄염으로 NH₄Cl을 사용한 경우, 도 9는 암모늄염으로 NH₄NO₃를 사용한 경우의 열분석 결과를 나타낸다. 또한, 도 7, 도 8 및 도 9에서 0.5C200은 암모늄염 용액의 농도는 0.5M, 이산화탄소는 200 ml/min으로 공급한 것을 나타내고, 1.0C40은 암모늄염 용액의 농도는 1.0M, 이산화탄소는 40 ml/min으로 공급한 것을 나타내며, 1.0C200은 암모늄염 용액의 농도는 1.5M, 이산화탄소는 200 ml/min으로 공급한 것을 나타낸다.
- [0059] 도 7, 도 8 및 도 9에 나타난 바와 같이, 열분석 결과 침전물이 탄산칼슘인 것을 확인하였다.
- [0060] 지금까지 본 발명에 따른 암모늄염을 이용한 시멘트 폐기물의 광물탄산화 방법에 관한 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 실시 변형이 가능함은 자명하다.

[0061] 그러므로 본 발명의 범위는는 설명된 실시예에 국한되어 전해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

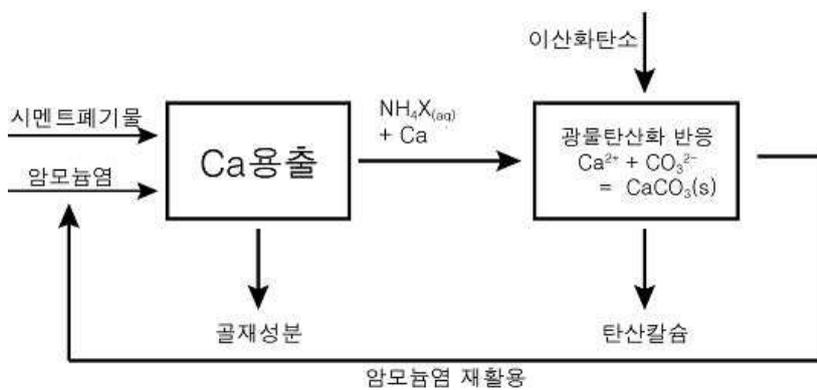
[0062] 즉, 전술된 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며, 한정적인 것이 아닌 것으로 이해되어야 하며, 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술될 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 그 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

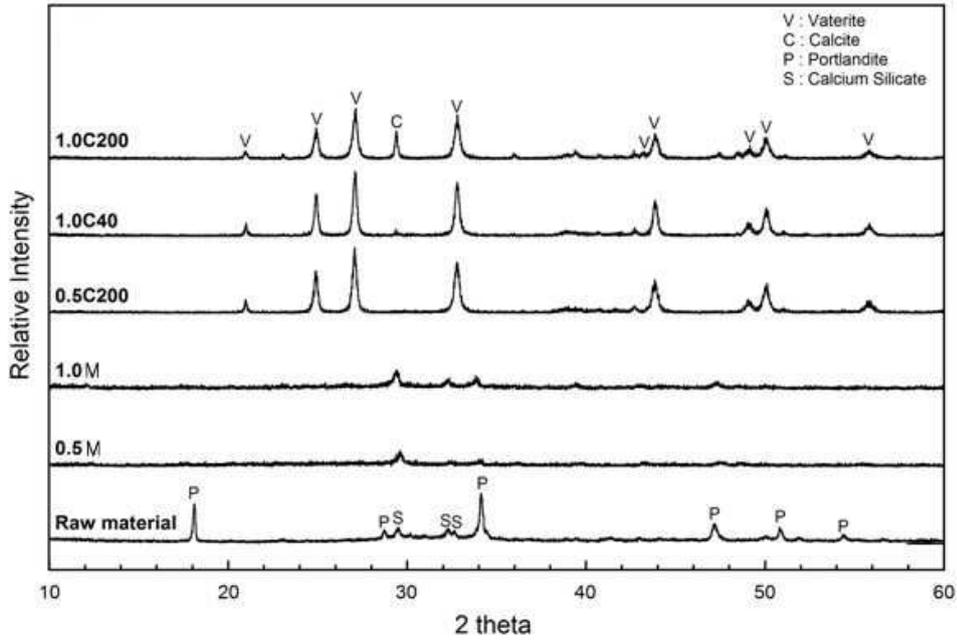
도면1



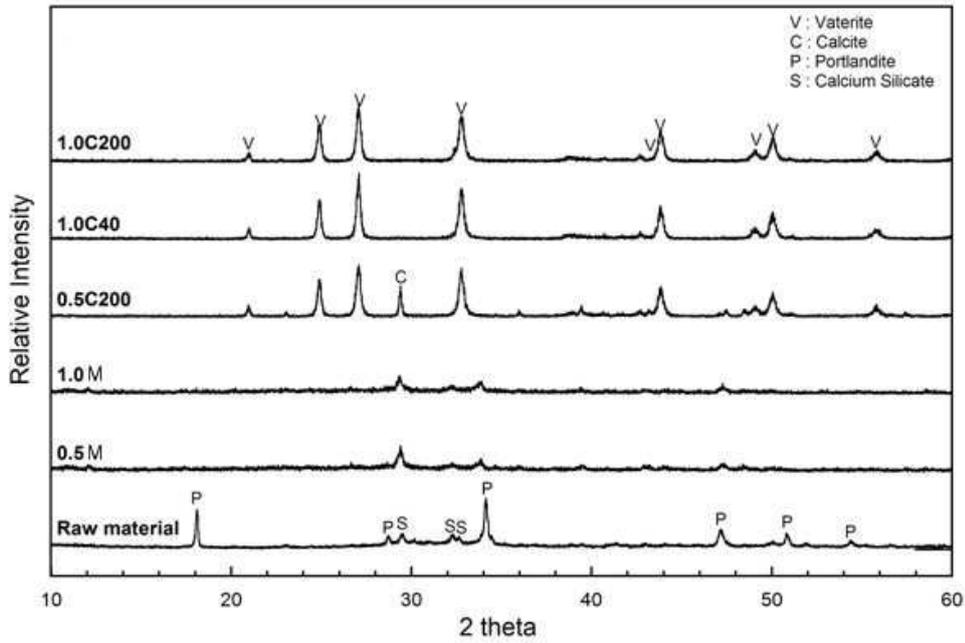
도면2



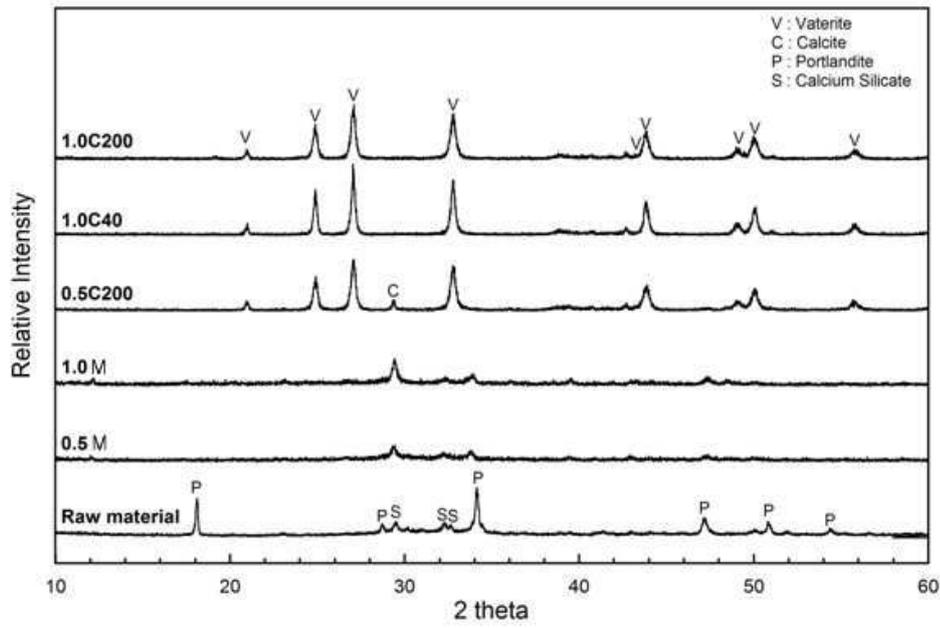
도면3



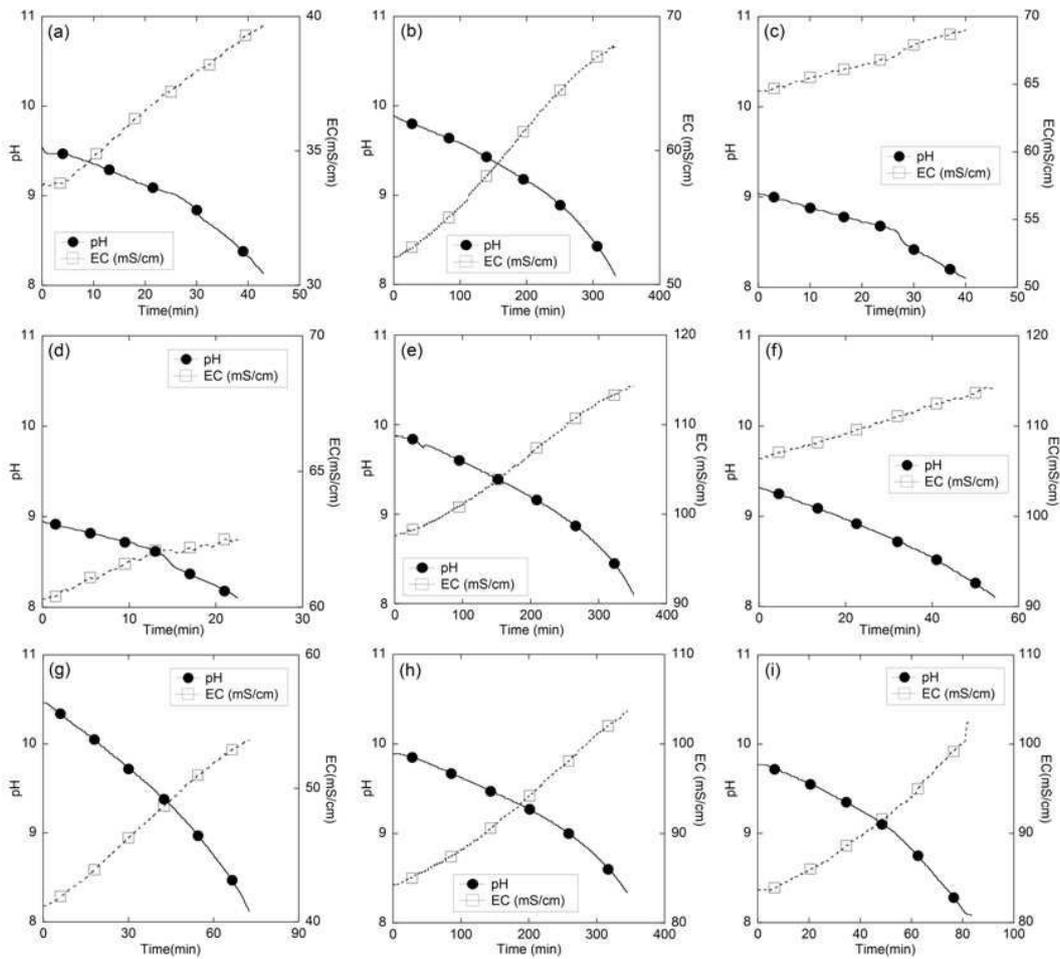
도면4



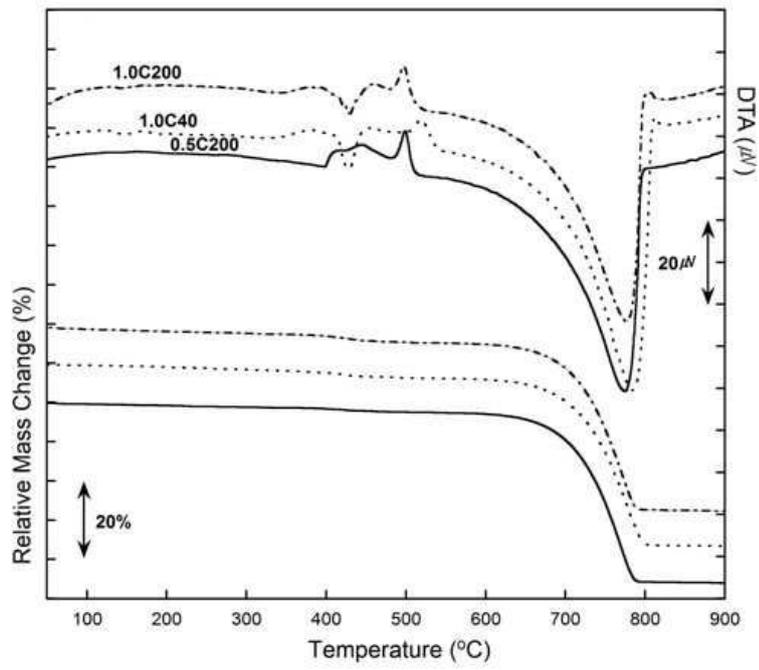
도면5



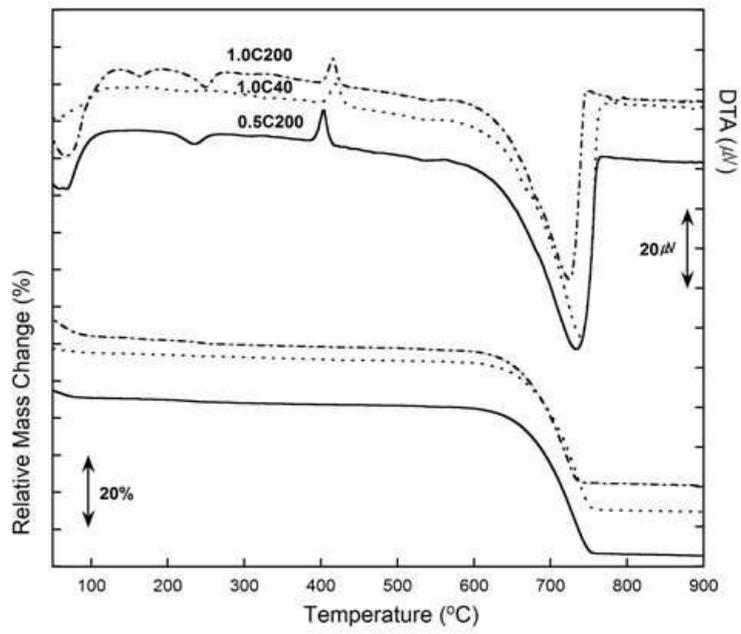
도면6



도면7



도면8



도면9

