



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년09월09일  
(11) 등록번호 10-1306122  
(24) 등록일자 2013년09월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
     C01F 5/24 (2006.01) B01J 19/00 (2006.01)  
     B01D 53/62 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-0101111  
 (22) 출원일자 2011년10월05일  
     심사청구일자 2011년10월05일  
 (65) 공개번호 10-2013-0036893  
 (43) 공개일자 2013년04월15일  
 (56) 선행기술조사문헌  
     KR1020110061558 A\*  
     US20040213705 A1\*  
     EP2322581 A  
     KR1020060110119 A  
     \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
     한국지질자원연구원  
     대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)  
 (72) 발명자  
     장영남  
     대전광역시 유성구 대덕대로541번길 68, 102동  
     801호 (도룡동, 현대아파트)  
     유경원  
     대전광역시 유성구 궁동 자연아파트 1301호  
     (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
     박창희, 김종관, 권오식

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 장기완

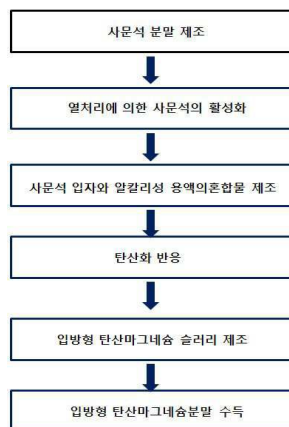
(54) 발명의 명칭 **사문석을 이용한 입방형 탄산마그네슘의 제조방법 및 이 제조방법에 의한 이산화탄소 고정화 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 이산화탄소와 사문석을 반응시켜 입방형의 탄산마그네슘 즉 마그네사이트를 제조 하는 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 43 ~ 74  $\mu\text{m}$ 로 분쇄하고 600 ~ 800 $^{\circ}\text{C}$  범위에서 열처리 한 후, 알칼리 용액에 혼합하여 pH 10 ~ 14 범위의 슬러리를 제조한다. 이 슬러리를 고온고압 반응기에 넣고 이산화탄소를 1 ~ 5 MPa 압력으로 100 ~ 250 $^{\circ}\text{C}$  범위에서 탄산화 반응시켜 사문석을 입방형의 탄산마그네슘 즉 마그네사이트를 제조하는 방법으로써 이산화탄소를 고정시키는 효과를 얻을 수 있는 제조 방법에 관한 것이다.

따라서 상기 제조 방법은 이산화탄소를 안정하게 고정화 또는 저장시킬 수 있어, 온실가스에 의한 환경문제를 해결할 수 있는 장점이 있다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**이명규**

대전광역시 유성구 관평동 쌍용스윗닷홈아파트  
405-1303

**채수천**

서울 송파구 가락동 금호아파트 101-1306

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2010-018

부처명 지식경제부

연구사업명 부처임무형사업

연구과제명 산업부산물을 이용한 CO2 저감 및 자원실용화 기술개발

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2010.01.01 ~ 2014.12.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

- a) 반응기 내에 입자 크기가 43 ~ 73 $\mu$ m인 사문석 입자를 넣고, 600 ~ 800 °C에서 열처리하는 열처리단계;
  - b) 상기 반응기 내에 pH 10 ~ 14의 알칼리용액을 첨가하여 열처리된 사문석 입자와 혼합하여 혼합물 제조단계;
  - c) 상기 제조된 혼합물에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 1 ~ 4 MPa로 주입하여, 100 ~ 250°C에서 탄산화 반응시켜 입방형 탄산마그네슘을 함유하는 슬러리를 제조하는 슬러리제조단계;를 포함하며,
- 상기 b) 단계에서 알칼리용액 및 사문석 입자의 혼합중량비는 1:0.01 내지 0.1인 입방형 탄산마그네슘의 제조방법.

**청구항 2**

제 1항에 있어서, 상기 c)단계 후, d)상기 제조된 슬러리로부터 입방형 탄산마그네슘 고체를 획득하는 단계;를 더 포함하는 입방형 탄산마그네슘의 제조방법.

**청구항 3**

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 사문석을 이용한 입방형 탄산마그네슘의 제조방법 및 그 제조방법을 통한 이산화탄소 고정화 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로 사문석을 이용하여 입방형 탄산마그네슘을 제조하는 과정 중 단일 공정으로 직접 탄산화 반응을 진행하여, 이산화탄소를 고정시킬 수 있는 입방형 탄산마그네슘의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 화석 연료는 높은 에너지효율, 저장의 간편성, 이미 구축된 인프라 그리고 저가 등의 장점 때문에 전 세계에서 사용되는 중요한 에너지원으로서 전체 에너지원 중의 약 80~85%의 비중을 차지하고 있다. 그러나 화석연료의 무분별한 사용은 온실가스의 다량 방출을 초래하였으며, 이로부터 지구온난화 및 생태계의 교란 등 환경오염을 야기하였다. 특히 이산화탄소는 온실가스 중 가장 많이 배출되고 있으며, 이산화탄소 저감을 위해 안정한 이산화탄소 저장 기술이 요구되고 있다.

[0003] 광물탄산화는 광물과 CO<sub>2</sub>와의 반응에 의하여 열역학적으로 안정한 탄산염광물로 변화시키는 기술로 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg)과 같은 알칼리토류금속을 함유하고 있는 규회석(wollastonite, CaSiO<sub>3</sub>), 감람석(olivine, Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>)과 같은 칼슘/마그네슘 실리케이트 광물(Ca/Mg-silicate mineral)들이 주로 이용되어 왔다. 또한, 이와 같은 규산염광물들은 자연계 내에 풍부하며, 가격이 저렴하므로 적절한 출발물질로 인정되어왔다. 특히 사문석은 자연계 내에 보존량이 많으며, Mg의 함유량이 약 40%로 광물탄산화에 가장 유용한 광물이다. 국내에도 사문석의 광산이 존재하며 지금까지는 분말의 농업용 이용 등 일부 단순한 사용이 알려져 있고 공업적인 이용에는 아직 널리 알려져 있지 않기 때문에 이들의 산업적인 이용이 확립되면 고부가가치의 상품의 위치를 차지하게 될 것이다. 특히 이산화탄소의 탄산염광물화를 위한 재료로 사용하게 된다면 환경적인 문제와 더불어 그 가치는 더욱 높아질 것이다.

[0004] 이에 따른 대한민국 공개특허 제 2006-0110119호 ‘탄산염광물화 원료용 사문석의 열처리 방법’은 사문석을 분쇄한 후 열처리하여, 사문석의 -OH기를 제거하고 결정성을 향상시킴으로서 미처리 사문석보다 이산화탄소와 반응성을 향상시킬 수 있는 방법을 제시하였고, 대한민국 공개특허 제 2009-0083541호 ‘이산화탄소의 영구 고정화 원료용 사문석의 전처리방법’ 역시 사문석의 -OH기를 제거하여 이산화탄소와의 반응성을 향상시켜 보다 효과적으로 탄산염을 생성할 수 있는 방법을 제시하였다. 하지만 상기의 두 종래발명은 모두 사문석의 이산화탄소와의 반응성을 향상시키기 위한 전처리 방법만을 제시하였을 뿐, 구체적으로 이산화탄소를 고정시키는 방법에

대해서는 언급하지 않았고, 또한 사문석을 전 처리하여 사문석을 분말 형태로 얻어 다시 이산화탄소를 고정시키는 반응을 다시 해야 하는 공정상의 문제점이 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0005] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 2006-0110119호 (2006년10월24일)
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 2009-0083541호 (2009년08월04일)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0006] 본 발명은 상기의 요구를 충족시키기 위한 것으로, 사문석을 이용하여 입방형의 탄산마그네슘을 제조하고, 상기 제조하는 방법을 통해 이산화탄소 고정화방법을 제시하는데 그 목적이 있다. 더욱 상세하게는 사문석을 단일 공정으로 직접 탄산화반응에 의해 이산화탄소 고정화 방법을 제시하는 데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0007] 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위한 것으로, 사문석을 이용하여 입방형 탄산마그네슘을 제조하고, 상기 제조하는 방법에 따른 이산화탄소 고정화 방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 단일 공정으로 이루어지는 직접 탄산화 반응을 통하여 이산화탄소를 고정시킬 수 있는 입방형 탄산마그네슘의 제조 방법에 관한 것이다.
- [0008] 상기 입방형 탄산마그네슘을 제조하는 방법은 다음과 같다.
- [0009] a) 사문석을 분쇄하여 600 ~ 800 ℃에서 열처리 하는 단계;
- [0010] b) 상기 a)단계에서 전 처리된 사문석 입자에 알칼리용액을 첨가하여 혼합물을 제조하는 단계;
- [0011] c) 상기 제조된 혼합물에 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>)를 1 ~ 5 MPa로 주입하여, 100 ~ 250℃에서 탄산화 반응을 시켜 입방형 탄산마그네슘을 포함하는 슬러리를 제조하는 단계; 를 포함하는 입방형 탄산마그네슘의 제조방법에 관한 것이다.
- [0012] 또한 필요에 따라 상기 c)단계 후, d)상기 제조된 슬러리로부터 입방형 탄산마그네슘 고체를 수득하는 단계; 를 더 포함하는 입방형 탄산마그네슘 제조방법에 관한 것이다.
- [0013] 이하는 각 구성단계에 대하여 자세히 설명한다.
- [0014] 상기 a)단계에서 상기 사문석의 입자 크기는 크게 제한되지는 않지만, 43 ~ 73 $\mu$ m 범위인 것이 바람직하다. 상기 사문석 입자가 상기의 범위일 경우, 상기 탄산화 반응에 따른 입방형 형태의 탄산마그네슘으로 전이가 원활하고, 결정성이 우수하여 순수한 입방형 탄산마그네슘을 제조하는데 용이하다. 즉 상기 사문석의 입자크기가 상기의 범위일 경우 반응성이 향상됨으로써 탄산화 효율이 증가하게 될 뿐 아니라 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 저장 및 제거가 용이하다.
- [0015] 또한 상기 a)단계에서 열처리 온도가 600 ℃ 미만이면, 상기 사문석 결정 내에 존재하는 구조수와 광물 내 구조 결합을 이룬 수분(결정수)을 제거할 수 없다. 그리고 800℃를 초과하면 사문석내의 구조수와 수분이 제거된 후 고온에 의한 격자 변형 및 사문석 환성 성분들 간의 재결합이 발생되어, 다상의 복합 산화물이 형성됨으로서 상기 온도에서 분해되지 않고 안정적으로 존재하는 문제점이 있다.
- [0016] 또한 상기 a)단계에서 상기 열처리 시간은 크게 제한되지는 않지만, 1 ~ 4시간인 것이 바람직하며, 상기 시간의 범위인 것이 사문석의 불순물을 제거하는데 용이하다.
- [0017] 또한 상기 a)단계에서 전 처리된 사문석 입자는 상기 알칼리용액 100중량부에 대하여, 1 ~ 20 중량부 포함하는 것이 바람직하다. 더욱 바람직하게는 1 ~ 10 중량부를 포함하는 것이 입방형 탄산마그네슘의 재결정화가 용이하다.
- [0018] 상기 b)단계에서 상기 알칼리 용액은 수용액에 알칼리금속염을 녹여 사용할 수 있고, 상기 알칼리금속염은 나트

류, 칼륨과 같은 알칼리금속의 수산화물, 탄산염, 탄산수소염 등이 포함될 수 있다. 바람직하게는 수산화나트륨을 증류수에 녹여 사용할 수 있고, 상기 알칼리 용액의 pH는 10 ~ 14 범위인 것이 바람직하다. 상기 pH범위일 때, 상기 탄산화반응 진행 중 입방형 탄산마그네슘의 재결정화가 용이하여 탄산마그네슘의 회수율이 향상된다.

[0019] 상기 c)단계에는 상기 b)단계에서 제조된 혼합물에 이산화탄소를 직접 주입하여 직접 탄산화 반응을 진행시킴으로써 입방형 탄산마그네슘을 포함하는 슬러리가 제조되는 이산화탄소 고정화 반응에 관한 것이다. 더욱 구체적으로, 상기 c)단계에서는 동일한 반응기 내에서 사문석으로부터 추출된 금속이온( $Mg^{2+}$ )과 이산화탄소 가스와 수열반응을 통하여 탄산염 광물이 제조되는 반응에 관한 것이다.

[0020] 상기 c)단계에서 이산화탄소를 주입할 때 압력은 1 ~ 5 MPa, 탄산화 반응 온도는 100 ~ 250℃인 것이 바람직하다. 상기 이산화탄소의 주입 압력이 1 MPa 미만 또는 5 MPa를 초과하여 주입할 경우, 탄산화반응도중  $Mg^{2+}$  이온의 용출저하 및 pH 저하에 따른 탄산마그네슘의 결정화가 어려워 입방형 탄산마그네슘의 회수율이 감소하는 문제점이 있다.

[0021] 또한, 반응온도가 100℃ 미만 또는 250℃를 초과하여 직접 탄산화반응을 진행 할 경우, 동일한 반응기 내에서 사문석과 이산화탄소와의 반응이 불안정하여 탄산화반응이 저해되거나, 혹은 사포나이트(saponite)등의 다른 상(phase)의 형성으로 탄산마그네슘의 제조가 어려운 문제점이 발생하여 탄산화율의 감소를 초래할 수 있다.

[0022] 상기 c)단계 후, d)상기 제조된 슬러리로 부터 입방형 탄산마그네슘 고체를 수득하는 단계; 를 더 포함하여 입방형 탄산마그네슘을 제조 할 수 있다.

[0023] 본 발명에서 상기와 같은 제조방법으로 제조된 입방형 탄산마그네슘은 도2의 X-선 회절분석결과와 도3의 전자현미경사진으로 확인할 수 있다. 더욱 상세하게는 하기 도2의 X-선 회절분석에서 저면간격이 2.747Å(104), 2.108Å(113) 및 1.705Å(116)인 것을 확인하여 입방형 탄산마그네슘이 제조되었음을 확인하였고, 하기 도3의 전자현미경 사진으로는 육안으로 입방형의 탄산마그네슘이 제조되었음을 확인 할 수 있다.

**발명의 효과**

[0024] 본 발명에 따른 입방형 탄산마그네슘의 제조방법은, 상기 사문석 입자를 단일공정으로 직접 탄산화 반응함으로써 경제적이면서 결정성이 우수한 입방형 탄산마그네슘을 제조할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 제조방법으로 입방형 탄산마그네슘을 제조함으로써 이산화탄소를 안정하게 고정화하거나 저장할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0026] 도 1은 본 발명에 따른 사문석을 이용한 입방형 탄산마그네슘의 제조공정을 도식화한 도면이다.

도 2는 본 발명의 사문석을 이용한 입방형 탄산마그네슘 제조시, 이산화탄소 주입 압력에 따른 입방형 탄산마그네슘 X-선 회절분석결과를 보여주는 그래프이다.

(a: 사문석 b: 1.5 MPa으로 탄산화 반응 후 제조된 입방형 탄산마그네슘, c: 3 MPa으로 탄산화 반응 후 제조된 입방형 탄산마그네슘)

도 3은 본 발명의 사문석을 이용한 입방형 탄산마그네슘의 주사전자현미경사진이다.

도 4는 비교예 1의 입방형 탄산마그네슘의 XRD 분석결과를 보여주는 그래프이다.(a: 열처리 후의 x-선 회절패턴, b:탄산화 반응 후의 x-선 회절패턴)

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0027] 본 발명은 하기 실시예에 의하여 더욱 구체적으로 설명한다. 그러나, 하기 실시예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 어떤 의미로든 본 발명의 범위가 이러한 실시 예에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[0028] 이때, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.

- [0029] 이하 물성은 다음의 방법으로 측정하였다.
- [0030] 1. X-선 회절분석(X-ray diffraction)
- [0031] 흑연(또는 모노크로메이터)이 장착된 X-Ray Diffractometer (X'Pert PRO Multi Purpose X-Ray Diffractometer; Cuk  $\alpha$  radiation (Max. 60kV, 55mA)), 2 $\theta$  범위, 1 내지 65로 분석하였다.
- [0032] 2. 전자현미경
- [0033] 주사전자현미경 (FE-SEM, S-4700, Hitachi, Japan)으로 형태를 관찰하였다.
- [0034] [실시에 1]
- [0035] 교반밀(Attrition Mill, KMC-1B, KMC.)을 사용하여 1L 포트에 2mm 크기의 지르콘 볼을 장입량 60 vol%로 조절하여, 회전속도 1500rpm으로 1시간 교반하여 사문석을 63  $\mu$ m의 크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 630 $^{\circ}$ C에서 2시간 동안 열처리하였다.
- [0036] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 13으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.
- [0037] 상기 반응용기에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 가스를 3 MPa의 압력으로 주입한 후, 150 $^{\circ}$ C에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켜 안정된 탄산마그네슘 슬러리를 제조하였다. 탄산화 반응 후의 pH는 7.2이었다.
- [0038] 상기 제조된 탄산마그네슘 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90 $^{\circ}$ C의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 탄산마그네슘 분말 14.6g을 수득하였다.
- [0039] 상기 제조된 백색의 탄산마그네슘 분말 구조는 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으며, 하기 도2 (C)에 도시하였다.
- [0040] [실시에 2]
- [0041] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu$ m의 크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 630 $^{\circ}$ C에서 2시간 동안 열처리하였다.
- [0042] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 13으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 10g를 투입하였다.
- [0043] 상기 반응용기에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 가스를 1.5 MPa의 압력으로 주입한 후, 150 $^{\circ}$ C에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켜 안정된 탄산마그네슘 슬러리를 제조하였다.
- [0044] 상기 제조된 탄산마그네슘 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90 $^{\circ}$ C의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 탄산마그네슘 분말 13.85g을 수득하였다.
- [0045] 상기 제조된 백색의 탄산마그네슘 분말 구조는 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으며, 하기 도2 (b)에 도시하였다.
- [0046] [실시에 3]
- [0047] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu$ m의 크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 700 $^{\circ}$ C에서 2시간 동안 열처리하였다.
- [0048] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 13으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.
- [0049] 상기 반응용기에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 가스를 4 MPa의 압력으로 주입한 후, 250 $^{\circ}$ C에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켜 안정된 탄산마그네슘 슬러리를 제조하였다.
- [0050] 상기 제조된 탄산마그네슘 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90 $^{\circ}$ C의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 탄산마그네슘 분말을 수득하였다.
- [0051] 상기 제조된 백색의 탄산마그네슘 분말 구조는 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으며, 하기 도2c와 동일한 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되었음을 확인하였다.



- [0052] [실시에 4]
- [0053] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu\text{m}$ 의 크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 650 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 동안 열처리하였다.
- [0054] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 10으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.
- [0055] 상기 반응용기에 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 가스를 1 MPa의 압력으로 주입한 후, 100 $^{\circ}\text{C}$ 에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켜 안정된 탄산마그네슘 슬러리를 제조하였다.
- [0056] 상기 제조된 탄산마그네슘 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 탄산마그네슘 분말을 수득하였다.
- [0057] 상기 제조된 백색의 탄산마그네슘 분말 구조는 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으며, 하기 도2b와 동일한 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되었음을 확인하였다.
- [0058] [실시에 5]
- [0059] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu\text{m}$ 의 크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 630 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 동안 열처리하였다.
- [0060] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 13으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10 g를 투입하였다.
- [0061] 상기 반응용기에 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 가스를 3 MPa의 압력으로 주입한 후, 250 $^{\circ}\text{C}$ 에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켜 안정된 탄산마그네슘 슬러리를 제조하였다.
- [0062] 상기 제조된 탄산마그네슘 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 탄산마그네슘 분말을 수득하였다.
- [0063] 상기 제조된 백색의 탄산마그네슘 분말 구조는 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으며, 하기 도2c와 동일한 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되었음을 확인하였다.
- [0064] [비교예 1]
- [0065] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu\text{m}$  크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 630 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 동안 열처리하였다.
- [0066] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 13으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.
- [0067] 상기 반응용기에 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 가스를 0.5 MPa의 압력으로 주입한 후, 100 $^{\circ}\text{C}$ 에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켰다.
- [0068] 상기 제조된 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 반응물 8.2g을 수득하였다.
- [0069] 상기 제조한 분말에 대하여 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으나, 하기 도4에 도시된 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되지 않았음을 확인하였다.
- [0070] [비교예 2]
- [0071] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu\text{m}$  크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 630 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 동안 열처리하였다.
- [0072] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 7로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.
- [0073] 상기 반응용기에 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 가스를 7 MPa의 압력으로 주입한 후, 100 $^{\circ}\text{C}$ 에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켰다.

- [0074] 상기 제조된 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90℃의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 분말을 수득하였다.
- [0075] 상기 제조한 백색의 분말은 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으나, 도4에 도시된 패턴과 동일한 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되지 않았음을 확인하였다.
- [0076] [비교예 3]
- [0077] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu\text{m}$  크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 630℃에서 2시간 동안 열처리하였다.
- [0078] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 13으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.
- [0079] 상기 반응용기에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 가스를 3 MPa의 압력으로 주입한 후, 80℃에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켰다.
- [0080] 상기 제조된 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90℃의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 분말 8.29g을 수득하였다.
- [0081] 상기 제조한 백색의 분말은 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으나, 도4에 도시된 패턴과 동일한 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되지 않았음을 확인하였다.
- [0082] [비교예 4]
- [0083] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu\text{m}$  크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 630℃에서 2시간 동안 열처리하였다.
- [0084] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 13으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.
- [0085] 상기 반응용기에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 가스를 3 MPa의 압력으로 주입한 후, 290℃에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켰다.
- [0086] 상기 제조된 탄산마그네슘 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90℃의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 반응물을 수득하였다.
- [0087] 상기 제조한 백색의 분말은 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으나, 도4에 도시된 패턴과 동일한 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되지 않았음을 확인하였다.
- [0088] [비교예 5]
- [0089] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu\text{m}$  크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 630℃에서 1시간 동안 열처리하였다.
- [0090] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 5으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.
- [0091] 상기 반응용기에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 가스를 3 MPa의 압력으로 주입한 후, 100℃에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켰다.
- [0092] 상기 제조된 탄산마그네슘 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90℃의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 분말을 수득하였다.
- [0093] 상기 제조한 백색의 분말은 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으나, 도4에 도시된 패턴과 동일한 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되지 않았음을 확인하였다.
- [0094] [비교예 6]
- [0095] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63  $\mu\text{m}$  크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 680℃에서 1시간 동안 열처리하였다.
- [0096] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 3으로 조절한 후, 1L 반응용기

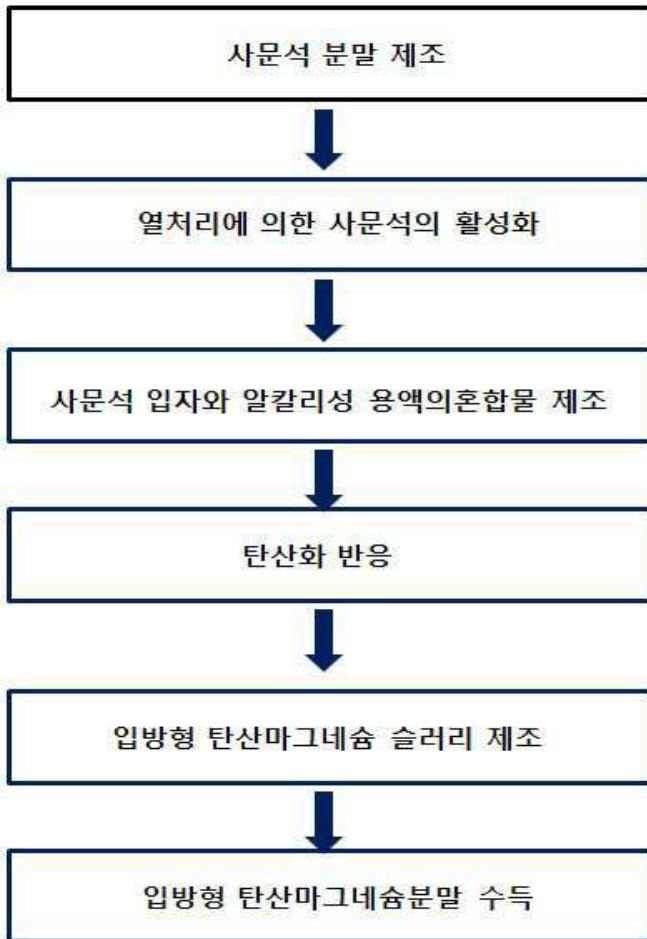


에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.

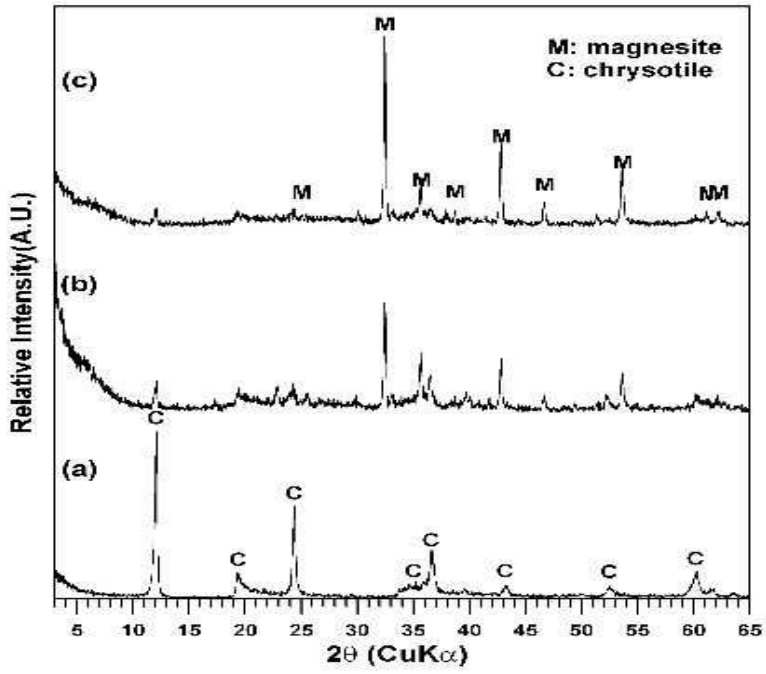
- [0097] 상기 반응용기에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 가스를 3 MPa의 압력으로 주입한 후, 200℃에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켰다.
- [0098] 상기 제조된 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90℃의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 분말을 수득하였다.
- [0099] 상기 제조한 백색의 분말은 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으나, 도4에 도시된 패턴과 동일한 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되지 않았음을 확인하였다.
- [0100] [비교예 7]
- [0101] 상기 실시예 1과 같은 장치를 이용하여 사문석을 63 μm 크기가 되도록 분쇄하여 사문석 입자를 제조하였다. 상기 사문석 입자를 850℃에서 1시간 동안 열처리하였다.
- [0102] 그리고 증류수 200 ml에 수산화나트륨 (NaOH, OCI company Ltd.)을 첨가하여 pH 13으로 조절한 후, 1L 반응용기에 상기 분쇄된 사문석 입자 10g를 투입하였다.
- [0103] 상기 반응용기에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 가스를 0.2 MPa의 압력으로 주입한 후, 100℃에서 교반하면서 1시간 동안 반응시켰다.
- [0104] 상기 제조된 슬러리를 원심분리기를 사용하여 고체와 액체 부분을 분리, 즉 탈수한 후 90℃의 온도에서 건조하고, 분쇄하여 백색의 분말을 수득하였다.
- [0105] 상기 제조한 백색의 분말은 X-선 회절분석기를 이용하여 확인하였으나 도4에 도시된 패턴과 동일한 패턴의 그래프를 얻어 입방형 탄산마그네슘이 제조되지 않았음을 확인하였다.

도면

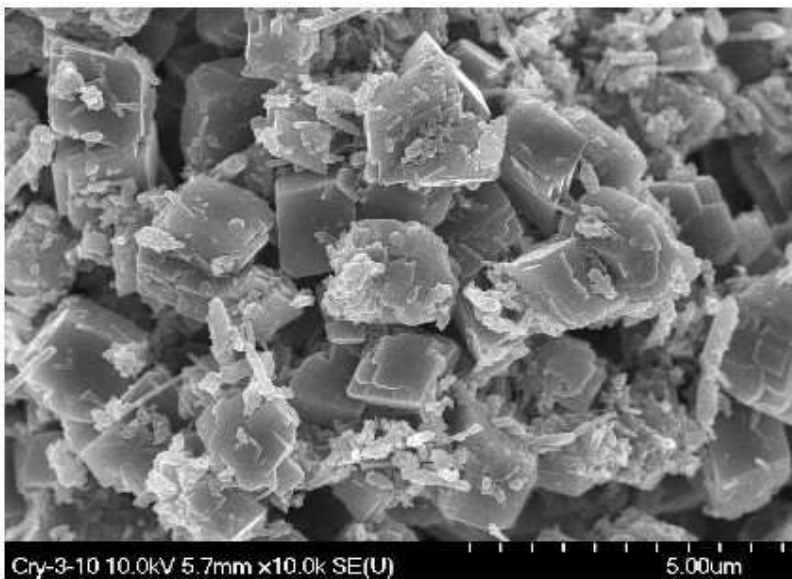
도면1



도면2



도면3



도면4

