

# 유류흡착용 친유성 나노복합체 신소재 제조 Oleophilic Nanocomposites for Oil Spill Adsorbent

소대화<sup>\*</sup> · 조용준<sup>\*</sup> · 소현준<sup>\*\*</sup> · 정종현<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>명지대학교 · <sup>\*\*</sup>연세대학교 · <sup>\*\*\*</sup>(주) 타스

N.N.Mofa<sup>#</sup> · T.A.Keteguenov<sup>#</sup> · Z.A.Mansurov<sup>#</sup>

<sup>#</sup>Combustion Problems Inst., Kazakh State National Univ., Almaty

E-mail : dwshoh@mju.ac.kr

## 요 약

고분산성을 이루는 물질들이 석영(quartz)을 바탕물질로 하여 기계-화학적 반응 기술을 이용하여 제작하였다. 반응의 처리 조건과 이후의 응용에 따라서 기계-화학적 반응을 이용하여 제작한 물질은 자기 특성, 유전체 특성, 전기적 특성을 동시에 나타냈다. 부착성 복합물질의 특징을 고려하여 세그네토 마그네틱스(Segneto-magnetics)로 분류 제작된 자기-전기적 분말은 유전체재료 특성을 나타냈다. 특히, 석영 표면에 하나 또는 그 이상의 이질 화합물 층이 10~50nm 두께로 합성되어, 자기·전기적 특성을 나타냈다.

## Keywords

기계화학적 반응, 친유성, 유류흡착, Nanocomposite, Segnetomagnetics, quartz

## I. 서 론

유전특성과 자기특성을 동시에 나타내는 복합 재료는 특별한 트랜스기서, 변조기, 전자기스핀, 음향스핀과 발생기뿐만 아니라 검증된 기억이나 저장 소자를 개발하기 위한 목적으로 마이크로 전자공학에 특수한 위치를 차지하고 있다. 이러한 재료를 세그네토 마그네틱이라 분류할 것이다.

이 물질의 응용을 결정짓는 가장 중요한 요소로는 아래의 것이 있다.

- 1) 전자계하에서 분극의 가역성
- 2) 자계하에서 자화의 가역성
- 3) 이중 광반사와 흡수
- 4) 인가된 자계하에서 스핀파의 공진 주파수의존성
- 5) 밀리미터나 적외선 대역폭 내에서 안정된 작동성 등이다.

요구되는 특성을 갖는 세그네토 마그네틱 물질 개발을 위한 가장 신뢰할 수 있고 효과적인 방법 중의 하나는 고용액과 표면층에 나노 복합구조를 갖는 재료의 합성이다[1]. 위에서 언급한 표면층은 전기특성, 유전특성, 자기특성 등을 포함하는 매우 광범위한 영역에서 변화되는 특징을 갖는 결정질, 비결정질, 유기금속 구조의 어떤 계층화된 차례를 통해 제작된다.

분쇄기 내에서 석영의 분산은 완전한 마이크로 구조(micro-structure)와 형태의 성형을 시킬 수 있다. 연마과정에서 입자 부피가 증가하는 유용한 결합과 경계의 파쇄뿐만 아니라 입자 표면 영역 증가와 표면층 상태의 성형이 발생한다[2].

## II. 실험

기계화학적 합성법은 분말 복합물을 제조하기 위하여 적용하였다. 역학적으로 분말화를 시킬 수 있는 장치를 이용하여 입자를 강력하게 분산시킬 때 화학 작용은 분말화 되기 쉬운 물질 사이에 일어난다. 조성을 조절된 복합 분말 혼합물의 기계적 처리를 위한 특별한 선택 조건은 상조성, 구조, 특성에 층간 변화를 보이는 입자를 얻을 수 있다. 기계화학적 합성의 잠재성은 무한하며, 세그네토 마그네틱이라고 구분 짓는 입자를 포함한 고분산성에 적합한 입자들 사이에 구조와 특성의 다양한 결합을 갖는 물질 합성을 가능하게 한다.

본 연구실에서는 구조적으로 고분산성을 갖는 재료들은 석영을 기본으로 개발하고 있으며, 기계화학적 기술로 제조하고 있다.

팽창률 측정 비교는 원심 연동장치의 기계적 물질 활성 전후에 다음 식에 따른 온도와 시편

크기에 따른 변화를 통해 측정하였다.

$$\Delta L/L = f(T^\circ C)$$

처리조건과 이후의 용용에 따라서, 위에서 언급한 물질은 자기적, 유전적, 전기적 특성을 동시에 나타낸다.

### III. 결과 및 고찰

제작한 자기·전기적 분말은 원자핵을 처리하는 유전물질을 포함한다. 다른 화합물의 하나 또는 그 이상의 표면층에서 석영은 자기, 전기 또는 다른 특성을 갖는 10~50 nm까지의 두께를 갖는 합성을 일으킨다. 이러한 물질은 그 외형의 집합적 복합체를 세그네토 마그네틱으로 분류할 수 있다.

석영의 팽창곡선은 특별한 특징을 나타내고 몇 가지의 열팽창 선형계수(LTDC : Linear of Thermal Dilatation)를 갖는 세 부분으로 구성된다. 이 그림으로부터 원심 연동장치를 이용하여 석영처리 과정 후에, 석영물질의 열 특성과 물리적 특성은 노출시간과 열처리 시간에 따라 다른 형태로 나타난다.

13~18분 동안 기계적으로 처리된 석영은 특별한 특징을 나타내는데 500°C에서의 팽창 곡선 부분은 팽창과 압축변화의 주기적 교번(alternation)을 보인다.

원심 연동장치에서 3분이나 그 이상의 분쇄과정을 거치고 나면 강도나 열팽창의 감소만 나타났다.

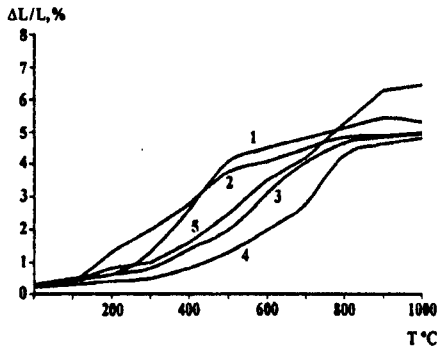


그림 1. 원심 연동장치내 활성화된 석영의 팽창곡선, (1) 초기 활성화상태의 석영, (2) 10분, (3) 15분, (4) 20분, (5) 30분

석영 입자의 표면층의 합성은 전기 금속염을 포함하는 반응에서 다양한 유기 화합물과 관련된 반응을 한다. 제작된 물질의 특성은 사용된 첨가제와 기계화학 처리 조건에 의해 결정된다. 원심

연동장치로 석영분산처리를 통하여 지지대는 700 rpm의 회전율을 밀링부분은 1200 rpm까지의 회전율로 다양한 알코올과 염화철을 첨가제로 하여 강자성 특성을 나타내는 석영분말을 제작하였다.

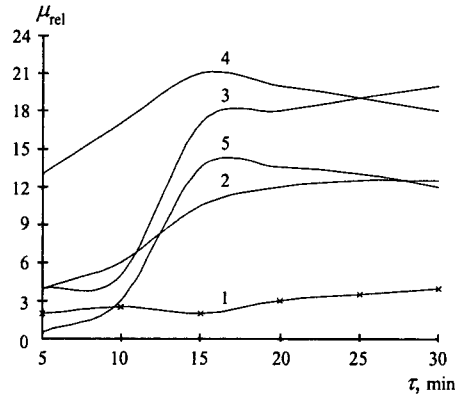


그림 2. 첨가물질과 처리시간에 따른 투자율 변화 (1) 석영, (2) 석영 + 5% 에탄올 (3) 부탄올 (4) 에틸렌글리콜 (5) 염화철

제작된 물질은 IR, EPR, Mess bauer 분광기를 사용하여 분석하였다. 석영에 유기된 강자성은 1.4~1.5 g/cm<sup>3</sup> 밀도를 갖는 조각으로 분말을 압착한 후 자기 투자율(μ)의 상대 '유효'지수의 변화를 통하여 분석하였다. 석영의 강자성화는 5분의 처리 과정 후에 기록하였다.

그림 2는 처리시간에 따른 석영의 자기 투자율의 변화를 나타낸 것이다. 처리시간을 5분부터 30분까지 변화를 주었을 때, 제작된 분말의 자기 투자율은 2부터 4까지 증가하였다.

반응 혼합물에 5% 알코올(에탄올)을 첨가하였을 때, 석영의 자기 투자율은 30분의 처리시간으로 4에서 12로 증가하였다. 분산되어야 하는 입자 표면의 효과적인 성형 첨가제로 알려진 부탄올을 사용하였을 때 제작한 물질의 자기 투자율이 30분의 동일한 처리과정을 거친 후에도 증가하는 것을 나타냈다. 유기첨가제로 에틸렌글리콜을 사용하였을 경우, 5분의 처리과정만으로도 석영에 강자성 특성을 나타냈으며, 이때 상대 유효지수는 13까지 증가하였다. 또한 15분 이상 처리 과정을 연장시킨 후에 자기 투자율을 측정할 결과 21까지 증가하는 것으로 관찰됐다. 그리고 증가한 상대 유효지수는 17까지 감소하여 나타났다.

성형 첨가제로 염화철을 사용하였을 때, 자기 투자율은 시간에 상관없이 14를 초과하지 않았다. 자기적으로 정상상태에 있는 변형된 입자는 스핀의 집합을 형성하는 전하를 띠는 홀 중심의 구성을 통한 구조적 결합의 형성에 의해 결정된다고 알려져 있다[3].

이 결합에서, 분명한 역할은 표면층의 구조를 형성하고, 이는 주로 알코올류의 첨가물질에 의해

결정된다.

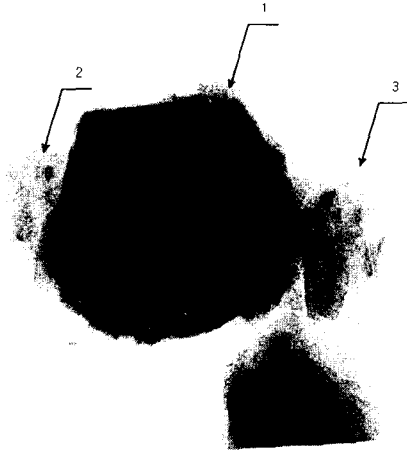


그림 2. 제작된 석영입자의 전자현미경 사진  
(1) 입자표면에 융착 생성된 폴리머  
(2) 동종폴리머(배율: 400,000)

강력한 기계적 처리 조건(국부적 고온과 압력)에서 능동적 변형 중심부를 갖는 유기화합물의 분해와 내부작용은 석영입자의 표면에 변화를 일으킨다[4]. 그림 3은 제작된 분말의 입자의 전자현미경 사진이다.

이는 실리레닉(=Si)과 실록산(-SiOSi-) 반응 중심에 유기화합물의 접목이 된 입자표면 형태로 나타났다. 예를 들어, 알콜을 사용한 경우 하이드록실(hydroxyl)과 메탁실(metaxy)군이 존재한다.

전기금속의 존재는 금속-폴리머 형성으로 나타나는 고체표면의 중합화를 촉진한다. 스펙트럼 분석을 통한 결과, 기계화학적 처리를 통한 석영의 강자성화는 안정된 결합구조와 입자 표면이 알콜(에탄올, 부탄올, 에틸렌글리콜)과 염화철에 분산되면서 수행된 실험결과로부터 기계적으로 처리된 고체 석영입자의 캡슐링을 통하여 금속-폴리머 나노구조를 가지며 자기적 특성을 나타내는 클러스폴(cluspol) 형태를 만들 수 있는 가능성을 확인하였다. 금속-폴리머의 클러스폴 형태는 공동 내에 금속 클러스터를 갖는 폴리머 매트릭스이다[5].

이 물질은 물리-화학적, 전기적 성질뿐만 아니라, 자기적 고유특성을 가지며, 폴리머 매트릭스와 상호 작용을 하는 금속-나노입자의 다상 구조를 나타낸다.

#### IV. 결 론

기계-화학적 반응 처리를 통한 석영 입자의 표

면층 구조와 나노구조 클러스폴 물질은 강자성을 띠는 특유의 변화된 특성을 나타내며, 그 특성은 석영을 반응 처리한 후 시간에 따라 변화하는 사실을 확인하였다.

시편의 자기 투자율은 처음 두 달 동안 15~20% 감소하는 것으로 나타났으나, 곧 안정상태로 회복되는 경향을 보였다. 이 변화는 입자의 결합구조, 탄성 스트레스의 이완현상, 변형영역의 전자밀도와 자기 모멘트의 변화 등에 깊은 관련성이 있는 것으로 사료된다.

얻어진 신 물질 시료의 특성 변화는 적정 온도(100~150℃) 하에서 짧은 시간 동안 안정화 열처리를 수행하여 강화시킬 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2003년도 경기도·중소기업청 컨소시엄사업과 (주)타스의 지원으로 수행되었음을 밝히며, 이에 감사를 드립니다.

#### 참고문헌

- [1] Mofa N.N., Keteghenov T.A., Riabikin Yu.A., Chervyakova O.V., Ksandopulo G.I. "Megnetism of iron containing particles in quartz matrix after their mechano-chemical materials, Vol. 18, No. 2, p. 1, 2002
- [2] E.G. Avvakumoy. The mechanical methods of chemical process activation, Novosibirsk: Nauka, p. 290, 1986.
- [3] Zirianov V.V. "Model of reaction zone in mechanical loading of the powders in planetary mill", Non-organic materials, Vol. 34, No. 12, p. 1525, 1998
- [4] Hainix G. Tribochemistry. M., Mir, p. 584, 1987
- [5] Gubin S.P., Kozinkin A.V., Afanassov M.I., Popova N.A., Sever O.V., Shuvaev A.T. Tsirlin A.M. "Ckasters in polymer matrix. III. Composition and structure of Fe-containing nanoparticles in ceramics forming organo-silicon polymers", Non-organic materials, Vol. 35, No. 2, p. 237, 1999.