

**상압소결에 의해 제조된  $\text{Al}_2\text{O}_3/10\text{wt}\%\text{Fe-Ni}$  나노복합재료의 기계적  
특성 및 자기적 특성  
(Mechanical and Magnetic Properties of  $\text{Al}_2\text{O}_3/10\text{wt}\%\text{Fe-Ni}$   
Nanocomposites by Pressureless Sintering)**

요업기술원 이홍재\*, 정영근  
한양대학교 오승탁, 이재성

## 1. 서론

세라믹 재료의 기계적 특성 향상과 다기능성 재료로의 응용을 위해 세라믹 기지 내에 나노크기의 금속입자를 분산시킨 나노복합재료에 많은 관심이 집중되고 있다. 일반적으로, 세라믹/금속 나노복합재료의 제조는 열간가압 소결로에서 환원 및 치밀화하는 과정을 연속적으로 수행하는 공정으로 이루어지고 있다. 그러나 이러한 공정은 복잡한 형상 제품의 제조와 대량 생산에 있어 어려움이 있다. 따라서 상압소결에 의해 완전 치밀화된 복합체를 얻을 수 있다면 이러한 재료의 공업적인 응용이 가능하다. 본 연구에서는 대표적인 연자성 재료인 Fe-50 wt%Ni 합금을 분산상으로 선택하여  $\text{Al}_2\text{O}_3$  기지에 나노크기로 분산시킨 나노복합 재료를 상압소결을 통하여 제조하였고, 복합체의 미세조직을 관찰하여 기계적, 자기적 특성과의 관계를 조사하였다.

## 2. 실험방법

금속 합금 분말의 최종 조성이 Fe-50 wt%Ni가 되도록 금속염( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )을  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (AKP-53) 분말에 첨가한 후 불밀을 통하여 혼합분말을 제조하였다. 혼합 분말은 하소(400°C, 2h)와 수소환원(600°C, 1h)을 통하여 최종적으로  $\text{Al}_2\text{O}_3/10\text{wt}\%\text{Fe-Ni}$  나노복합분말로 합성하였다. 그 후, 복합분말을 지름 20mm의 금형을 이용하여 성형하고 200MPa의 압력으로 CIP(cold isostatic pressing)를 실시하였다. 성형체는 1200, 1300, 1350, 1400°C에서 2시간 동안 수소 분위기로 상압소결하였다. 얻어진 복합체의 미세조직은 X-선 회절 분석, 주사전자현미경, 투과전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 파괴 강도는 이축 강도 측정법(ball-on-3-ball), 파괴 인성은 indentation fracture(IF)법으로 측정하였다. 소결체의 자기적 특성은 VSM을 이용하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

X-선 회절법으로 소결 온도에 따른 복합체내의 상동정을 분석한 결과,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와  $\gamma\text{-Fe-Ni}$  상 외에 다른 반응상은 발견되지 않았다. 1350°C에서 소결된 복합체의 상대 밀도는 98.4%로써 완전 치밀화에 이르렀고, 파괴 강도는 574 MPa으로서 최대값을 나타냈다. 파괴 인성은 1400°C에서  $3.9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 으로서 최대값을 나타냈으며, 동일 조건에서 소결된  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 보다 약 1.2배 정도 증가하였다. 이러한 기계적 특성의 향상은 미세조직에서도 나타나듯이, 복합화에 따른  $\text{Al}_2\text{O}_3$  입자의 미세화와 금속 입자에 의한 crack deflection과 bridging에 의한 것임을 확인하였다. 복합체의 자기적 특성을 측정한 결과, 합금 분산상에 기인하여 전형적인 ferromagnetism의 특성을 나타냈으며, 1400°C에서 소결된 복합체의 포화자화와 보자력은 15 emu/g, 17.82 Oe이었다. 따라서 본 연구의 결과는 새로운 다기능성 재료로의 응용 가능성을 보였다.