

MgF₂ 첨가에 따른 수산화아파타이트/산화물 복합체의 소결거동 Sintering Behavior of Hydroxyapatite/Oxide Composites with MgF₂ Additive

김성환^{*1}, 방희곤¹, 박상엽^{1,2}

¹강릉대학교 세라믹공학과

²강릉대학교 파인세라믹 기술혁신센터(TIC)

생체활성물질인 수산화아파타이트(HAp, Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂)는 인체의 경조직과 비슷한 조성 및 결정구조를 가지고 있으며, 매우 뛰어난 골전도성(osteconductivity)과 생체적합성(biocompatibility)을 나타낸다. 높은 생체적합성에 비해서 매우 낮은 기계적 특성으로 인해 수산화아파타이트의 적용시 한계점을 지니고 있다. 따라서 Ca²⁺ 자리에 Mg²⁺, Sr²⁺, Ba²⁺ 등의 양이온을 치환시켜 수산화아파타이트 자체의 특성을 변화시키거나 기계적 특성이 높은 재료와 결합하는 방식들의 연구가 진행되어져 왔다. 그러나 기계적 특성이 비교적 높은 재료인 알루미늄이나 지르코니아 등을 수산화아파타이트에 첨가하여 복합화하면 HAp에서 TCP (Ca₃(PO₄)₂)로의 급격한 상분해가 일어나게 되어 역으로 기계적 특성이 감소하는 결과를 초래하게 된다. 이러한 상분해의 억제를 위하여 불산화합물을 첨가하는 경우 OH⁻와 F⁻이온의 부분치환에 의하여 수산화아파타이트의 구조를 안정화시킬 수 있다. 본 연구에서는 MgF₂ 불화물을 첨가하여 수산화아파타이트의 상분해를 억제하고 수산화아파타이트/산화물 복합체의 소결거동에 미치는 영향에 대해 연구하였으며, 산화물로서는 알루미늄과 지르코니아를 사용하였다. HAp에 20 vol%의 알루미늄과 지르코니아를 첨가한 후 0, 2.5, 5, 10 vol%의 불화마그네슘과 함께 24시간 동안 불 밀링을 하였으며, 건조된 시료는 치밀화를 시키기 위하여 30000psi의 압력으로 성형하였다. 성형체는 1200~1450°C의 온도에서 2시간동안 소결한 후 XRD, Dilatometer, FE-SEM 등을 이용하여 소결특성을 분석하였다. XRD 분석 결과 비정량적인 HAp의 상분해 온도(~900°C) 부근에서 MgF₂의 분해와 함께 수산화아파타이트의 상분해가 완전히 억제되었으며, 산화물로서 알루미늄이 첨가되었을 때 수산화아파타이트/지르코니아 복합체의 경우보다 더 높은 억제효과를 나타내었다(Fig. 1). MgF₂ 첨가량이 증가함에 따라서 복합체의 치밀화는 증진되었으나, 10 vol%의 MgF₂가 첨가된 수산화아파타이트/지르코니아 복합체에서는 액상화된 MgF₂의 휘발과 함께 큰 기공들이 형성되었다(Fig. 2). 수산화아파타이트/지르코니아 복합체에서는 10 vol%의 MgF₂가 첨가된 경우만 상분해가 완전히 억제된 반면에 수산화아파타이트/알루미늄 복합체에서는 5 vol%의 MgF₂ 첨가 시 상분해가 완전히 억제되었으며, 높은 기계적 물성(굽힘강도 160 MPa, 비커스 경도 6 GPa)를 갖는 완전 치밀화된 수산화아파타이트 복합체를 제조할 수 있었다(Fig. 3).

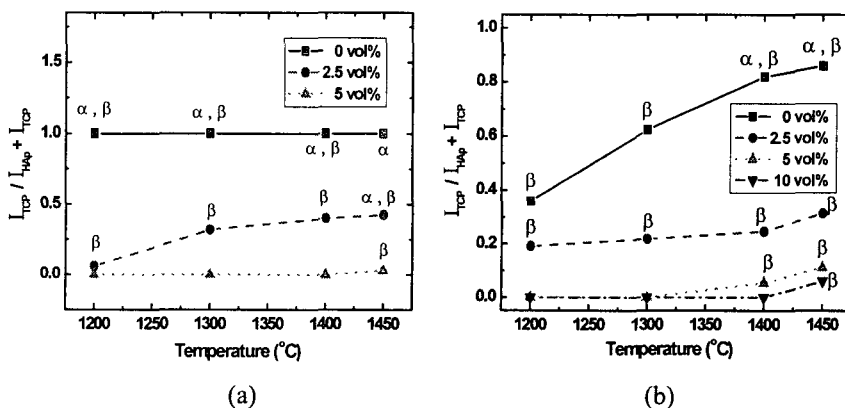


Fig. 1. Phase decomposition analysis of (a) HAp-20vol%Al₂O₃ and (b) HAp-20vol%ZrO₂ composites with MgF₂ addition (α : α -TCP, β : β -TCP).

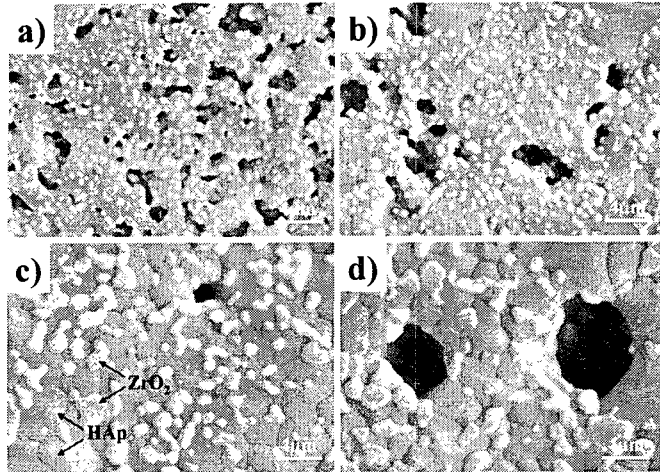


Fig. 2. SEM microstructures of HAp-20vol%ZrO₂ composites sintered at 1400°C with MgF₂ addition ; (a) 0 vol%, (b) 2.5 vol%, (c) 5 vol%, and (d) 10 vol%.

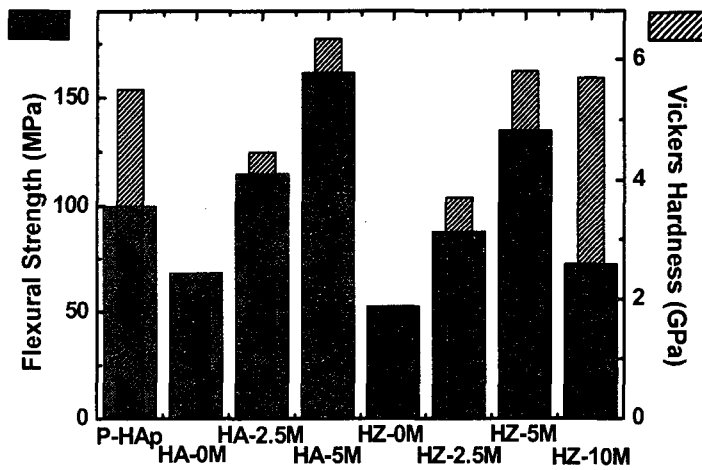


Fig. 3. Variation of mechanical properties of HAp-20vol%Al₂O₃ (HA series) and HAp-20vol%ZrO₂ (HZ-series) composites sintered at 1400°C with MgF₂ addition.