

TiO₂/Fe₂O₃ 나노복합분말의 광촉매 특성 및 회수 효율

Photocatalytic Properties and Recycling Efficiency of TiO₂/Fe₂O₃ Nanocomposite powder

한양대학교 김우병*, 이승철, 홍현정, 이창우, 이재성

1. 서론

최근, 환경오염이 증가함에 따라 유기물 분해가 가능한 광촉매에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이 가운데 TiO₂ 나노입자에 대한 전이금속 도핑 또는 반도체 복합화를 통해 순수 TiO₂ 나노입자의 표면을 개질하여 광흡수 영역을 증가시키기 위한 연구가 주로 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 γ -Fe₂O₃ 자성 나노입자를 이용하여 TiO₂/Fe₂O₃ 나노복합분말을 합성하여 광분해 후, 자기장을 이용한 분말의 회수 및 재사용 가능성을 연구 하였다. 또한 반도체 복합화에 따른 TiO₂ 나노입자의 표면 개질 효과에 의한 광흡수 영역 변화를 연구하였다. 이를 위하여, TiO₂/Fe₂O₃ 나노복합분말의 미세구조 제어를 위한 공정변수 중 하나인 촉매의 pH에 따른 coating층의 두께 변화, 복합분말의 상분율 및 광촉매 특성 등을 조사하였다.

2. 실험방법

자성 core는 26 nm의 평균입도를 갖는 γ -Fe₂O₃상의 산화철 나노분말 (NanoGard Iron Oxide)을 사용하였다. 또한 coating층을 형성하는 TiO₂는 Titanium tetraisopropoxide (TTIP, Sigma-Aldrich Co., 99.9%)를 사용하여 sol-gel 공정을 통해 합성하였다. 먼저, TTIP용액 0.4 ml를 20 ml의 무수에탄올과 혼합하였으며, 이를 Fe₂O₃ 입자 (30 mg)가 분산되어 있는 무수에탄올 40 ml에 micropump를 이용하여 혼합하였다. 또한 촉매 pH의 영향에 따른 복합분말의 미세구조 변화를 확인하기 위해 pH 1-14의 범위에서 HCl과 NH₄OH를 촉매로 사용하였다. 이후 비정질 TiO₂의 결정화를 위해 350°C에서 3시간 동안 열처리 한 후 상분석 및 광학적, 자기적 특성을 확인 하였다.

3. 결과 및 고찰

촉매 pH의 증가에 따라서 TiO₂/Fe₂O₃ 나노복합분말의 TiO₂ coating층의 두께증가를 확인 할 수 있었으며, core 입자의 상변화는 관찰되지 않아 350°C가 최적화된 열처리 온도조건임을 알 수 있었다. 촉매 pH 증가에 따른 나노복합분말 coating층 두께의 증가는 TTIP 가수분해 과정 중 주어진 촉매 pH 조건에서 TiO₂ monomer간의 결합길이가 증가하여 TiO₂층의 두께가 증가한 것으로 예상된다. 이 결과로부터, 촉매 pH를 이용하여 복합분말의 미세구조를 제어할 수 있는 가능성을 발견하였다.

UV-Visible spectrophotometer를 이용한 광학적 특성평가결과, 순수 TiO₂의 광흡수 파장 영역인 380 nm에 비해 합성한 TiO₂/Fe₂O₃ 나노복합분말의 광흡수 파장역역은 가시광선 영역인 650 nm까지 증가한 것을 확인 할 수 있었다. 이는 core로 사용한 γ -Fe₂O₃ 나노분말이 n형 반도체의 특성을 갖고 있으므로, 반도체 복합화로부터 밴드갭이 감소하여 광반응 파장 영역이 증가한 것으로 판단된다. 또한 코팅 후에도 core인 γ -Fe₂O₃ 나노분말에 의한 보자력 (coercivity)이 유지되어, 광분해 후 외부자장을 이용한 분말의 회수가 가능할 것으로 예상된다. 따라서 자기장을 이용하여 회수한 후 광촉매를 재사용하여 기존 광촉매가 갖고 있던 분말손실에 따른 문제점을 개선할 수 있을 것이라 판단된다.

4. 결론

자성 광촉매인 TiO₂/Fe₂O₃ 나노복합분말을 sol-gel 공정을 이용하여 합성하였다. 촉매 pH의 영향에 따른 복합분말의 미세구조 변화를 확인하였으며, 촉매 pH 증가에 따른 TiO₂ coating층의 증가를 확인하였다. 또한 UV를 통한 광학적 특성 분석결과 광흡수 영역이 가시광선 영역까지 증가한 것을 확인하였으며, 자성 core를 이용한 회수 및 재사용 가능성을 확인하였다.