

PA35) 수소 확산화염에서 전구체의 주입위치가 TiO_2 나노입자의 합성에 미치는 영향

Effect of Precursor Injection Position on the Synthesis of TiO_2 nanoparticles in Hydrogen Flame

장 미 · 배귀남 · 한용택 · 정종수

한국과학기술연구원 유해물질연구센터

1. 서 론

TiO_2 는 휘발성 유기화합물질(volatile organic compounds), 악취, 중금속 물질 등을 제어하고 유해성분의 분해, 항균, 탈취 및 자기정화성 등의 특성을 지닌 광촉매 공업재료로 널리 사용되고 있다(이정우 등, 2002). TiO_2 는 화학적 및 열적으로 매우 안정된 물질이며, 아나타제(anatase), 루타일(rutile) 및 비정질(amorphous)의 3가지 결정구조를 갖는다. 아나타제 결정구조를 갖는 TiO_2 입자가 광촉매로서 활성이 더 우수한 것으로 알려져 있으며, 루타일 결정구조는 백색안료로 반도체 공정 등에 많이 사용된다. TiO_2 는 여러 가지 방법으로 제조되고 있는데(Morooka et al., 1989), 본 실험에서는 수소와 질소로 만들어진 화염에 전구체인 TTIP(titanium isopropoxide, $Ti[OCH(CH_3)_2]_4$)를 주입하여 TiO_2 입자를 합성하였다. 화염에서 전구체의 주입위치를 변화시켜 TiO_2 나노입자를 합성하였으며, 열영동 채취판(water-cooled thermophoretic collector)을 사용하여 합성된 TiO_2 나노입자를 채취하여 크기 및 결정구조를 분석하였다.

2. 연구 방법

본 연구에 사용된 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 실험장치는 크게 연료(H_2), 연료 희석기체(N_2), 산화제(Air) 그리고 전구체인 TTIP를 운반하는 이송기체(Ar)를 각각 정량하여 공급하는 유량제어 부분과 공급된 연료 및 산화제가 반응하여 화염이 형성되고 그 화염에서 가수분해 반응 등에 의해 TTIP가 TiO_2 로 생성되는 반응기 역할을 하는 화염 및 연소기 부분으로 구분된다.

화염을 형성하는 연료와 희석기체의 비율을 조절하여 화염의 온도를 변화시켜 실험을 수행하였다. 전구체 물질인 TTIP를 밀면 또는 측면에서 주입할 수 있도록 만들었으며, 임핀저 출구로부터 화염에 주입되는 관의 표면을 전열밴드(heating bend)로 감아 관내 응축을 방지하였다. 측면에서 TTIP를 주입하는 경우 화염에서 벗어나지 않는 높이에서 TTIP를 주입하였고 주입 높이를 10 cm 간격으로 변화시켰다. Nano-DMA(differential mobility analyzer, TSI Inc., 3085)와 UCPC(ultrafine condensation particle counter, TSI Ind., 3025)로 구성된 SMPS를 사용하여 합성된 TiO_2 나노입자의 크기분포를 측정하였다. 이때 고온의 나노입자를 샘플링하기 위하여 희석 샘플링 프로브를 사용하였다. 또한, 스테인리스스틸 재질로 열영동 채취판을 만들어 열영동 현상을 이용해 합성된 나노입자를 채취하여 형상과 결정구조를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

전구체의 주입위치가 TiO_2 나노입자의 합성에 미치는 영향을 알아보기 위해서 화염의 밀면과 측면에서 TTIP를 주입하는 실험을 수행하여 입자의 크기분포를 비교하였다. TTIP를 버너의 밀면에서 주입하였을 때 모드 입경은 평균 30 nm이었는데, 측면에서 주입하면 모드 입경이 82 nm로 커지며 농도도 높아 더 많은 양의 TiO_2 가 합성되었다. 그런데 측면에서 주입하는 경우 TiO_2 나노입자의 합성이 불안정하였다.

희석용 질소와 TTIP 유량이 동일한 조건에서 연료인 수소 가스 유량이 1.5, 3.0 L/min으로 다를 경우 생성되는 TiO_2 입자의 크기분포를 측정하여 그림 2에 나타내었다. 전구체를 밀면에서 주입하였을 경우

합성되는 대부분의 입자가 10~100 nm 사이에 존재하는 것으로 나타났으나, 측면에서 주입하였을 경우에는 합성되는 입자의 크기 및 농도가 증가한 것으로 나타났다.

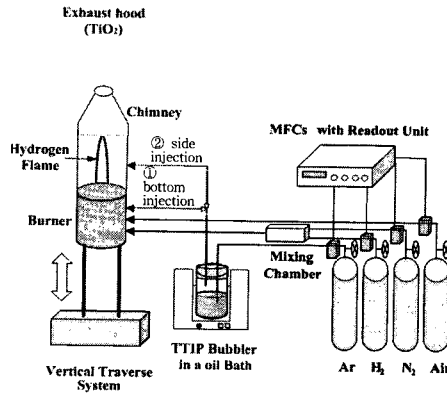


Fig. 1. Experimental setup.

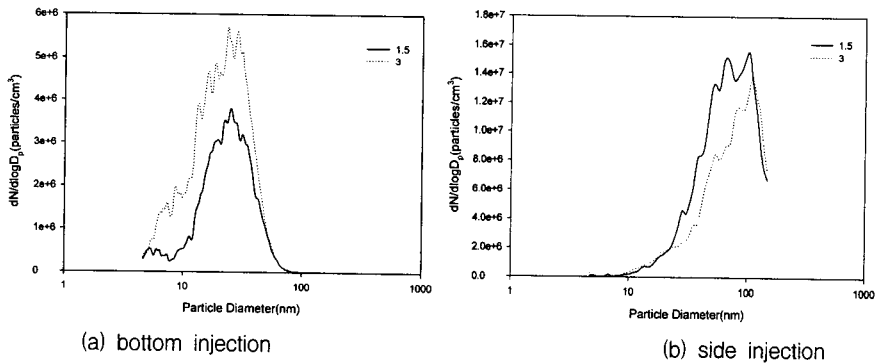


Fig. 2. Comparison of particle size distributions (H_2 : 1.5, 3 L/min; N_2 : 2 L/min, Ar : 0.3 L/min).

사 사

본 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 이정우, 장혁상 (2002) 화염 합성에 의한 TiO_2 제조와 VOCs 제거에 대한 적용 I : 화염 합성 TiO_2 의 광촉매적 성질, 24(5), 889-900.
- Morooka, S., T. Tasutake, A. Kobata, K. Ikemizu, Y. Kato (1989) A mechanism for the production of ultrafine particles of TiO_2 by a gas-phase reaction, J. Int. Chem. Eng., 29, 119-126.