

**H<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> 확산화염 내 전기수력학적 방법에 의한 TEOS 주입시 비응집 입자형성에 관한 실험적 연구**  
 Experimental study on generation of silica nano-particles in H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> diffusion flame with Electro-spraying direct injection method

한양대학교 대학원 기계공학과 손성혁  
 한양대학교 기계공학과 안강호\*  
 서울대학교 기계항공우주공학과 최만수

### 1. 서론

본 연구는 전기-수력학적 입자 발생기를 이용하여 TEOS를 확산화염 내에 직접 주입함으로써 생성되는 입자의 특성에 관하여 연구하였다. 전기-수력학적 입자 발생기는 단분산성이 뛰어난 매우 작은 입자를 만들어 낼 수 있으며 발생하는 입자의 크기는 공급되는 물질의 양과 작용 전기장의 세기, 표면장력 등의 지배를 받는 것으로 알려져 있다. 이 실험에서는 실리카 입자를 발생시키기 위하여 표면장력의 세기가 약한 alkoxide 계열의 TEOS를 사용하였다. 또한 이 실험에서 화염에서 입자를 측정하는 방법으로 열영동을 이용한 입자 포집기를 이용하여 얻어진 입자의 SEM image 분석과 흡입과 동시에 입자들을 희석시키고 화학반응을 동결시키는 흡입 프로브를 통과한 입자들을 SMPS(Scanning Mobility Particle Sizer)로 크기분포와 농도를 측정하였다. 반응 물질의 량과 화염의 온도의 변화에 따른 현상을 파악하고자 화염의 축 방향의 입자 크기 분포와 농도, 기하 표준편차 등을 측정하였다. 본 연구에서는 전기-수력학적 입자 발생 방법이 적절한지를 증명하기 위하여 버블링에 의해 증발된 TEOS를 화염에 공급하여 입자의 형성을 비교하고자 한다.

### 2. 실험

버너의 형상은 화염의 온도 분포와 반응물질의 농도분포 등에 많은 영향을 준다. 본 실험에 사용된 버너는 고온에서 견딜 수 있는 스테인레스 스틸(SS316)로 제작되었다. 중심부에 Electro-spraying 방법에 의해 TEOS가 분사되고 그 주위에 차단가스, 수소, 산소 순으로 분사된다. 분사노즐에서 TEOS의 화학적인 반응이 발생하는 것을 방지하기 위하여 분사노즐을 버너의 상단 면으로부터 25mm 낮게 위치하도록 하고 주위에 질소를 주입하여 노즐의 온도상승을 억제하였고 화염 주위에서 화염으로 유입되는 유동에 의해 화염이 불안정하게 되는 것을 막기 위해 화염 주위로 깨끗한 압축공기를 공급한다. 또한 Electro-spraying을 위하여 버너 내에서 전압차를 발생시켜야하는데 이를 위해 분사노즐과 버너의 몸체와 화염안정기 외곽면 사이에 각각 아크릴로 전류의 흐름을 차단시키고 이들 사이에 고저항을 연결하고 분사노즐에 고전압 발생기를 연결하여 전압차를 발생시켰다. 버너에 들어가는 가스들은 MFC(Mass Flow Controller, MKS)를 사용하여 조절하였으며 TEOS의 유량은 Syringe Pump에 의해 버너로 공급되고 샘플링 프로브와 버너의 정확한 위치를 유지하기 위하여 2축 이송장치를 사용하였다.

### 3. 결론

- (1). Electro-spray에 의해 발생한 입자는 많이 하전되어 있어 응집현상을 억제하여 입자성장을 둔화시킨다.
- (2). 화염의 위치가 증가함에 따라 높은 입자의 농도와 주위의 이온농도가 증가하여 입자의 응집이 보인다.
- (3). 화염의 온도가 낮으면 불완전한 열분해 반응에 의하여 입자간의 반발력이 감소하여 응집형태를 보이고 온도가 높은 경우 열분해 반응이 완전히 일어나 구형의 single 형태를 보인다.
- (4). Electro-spray에 의해 발생한 입자들은 초기 발생된 입자의 크기에 크게 영향을 받으며 노즐의 Tip 등의 변화를 주어 입자의 크기를 줄일 수 있을 것이다