

고성능 세라믹 멤브레인 리액터의 설계 (Design of high-performance membrane reactors)

인하대학교 재료공학부 황 해진

1. 서론

세라믹 멤브레인 리액터 (ceramic membrane reactor)는 에너지변환, 오염물질정화 및 분리, 신물질 합성 등과 같은 다양한 용도를 가지는 차세대 재료로서 주목 받고 있다. 멤브레인 리액터의 성능은 구성성분의 미세구조를 제어함으로써 크게 향상시키기는 것이 가능하다고 알려져 있으며, 최근에는 나노구조화 또는 나노복합화 개념을 멤브레인 리액터에 적용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 나노복합촉매전극과 저온가동형 세라믹 전해질로 구성된 고성능 멤브레인 리액터를 제조하여, 리액터의 성능에 미치는 미세구조의 영향에 대하여 조사하였다.

2. 실험방법

멤브레인 리액터는 YSZ, 가돌리니아(Gd_2O_3) 안정화 세리아(GDC), 스칸디아(Sc_2O_3)안정화 지르코니아($ScSZ$) 등과 같은 산화물 전해질과 산화니켈 또는 페롭스카이트(perovskite) 결정구조를 갖는 산화물촉매전극으로 구성되어 있다. 산화물 촉매전극은 나노입자 및 나노기공이 균일하게 분산된 미세구조를 얻기 위하여 이온전도성을 갖는 전해질재료로 복합화하였다. 이온전도성 물질은 촉매전극재료의 입성장을 억제하여 전기화학활성점을 증가시킬 뿐 아니라 산소이온의 새로운 확산경로를 제공하는 것으로 확인되었다. 제조된 멤브레인 리액터에 헬륨가스로 희석된 NO_x/O_2 가스를 흘려주면서 멤브레인 리액터에 의한 NO_x 의 정화성능을 조사하였다.

3. 실험결과

미세구조관찰결과 산화물 촉매전극에는 배향된 나노기공 channel이 존재함을 알 수 있었고, 나노복합촉매전극의 경우 나노입자의 균일 분산이 확인되었다. 제조된 멤브레인 리액터를 이용하여 자동차배기가스 정화기능을 시험하였고, 멤브레인 리액터에 직류전류를 흘려주면 cathode에서는 NO_x 의 분해반응과 산소의 환원반응이 동시에 일어남을 알 수 있었고, 전자는 촉매전극의 미세구조와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 특히, 촉매전극에 형성된 나노구조에 의해 NO_x 분해반응에 대한 멤브레인 리액터의 효율이 크게 증가하였다. 한편, $(La,Sr)(Co,Fe)O_3$ (LSCF) 와 같은 Mixed ionic and electronic conductor를 촉매전극으로 사용할 경우, 멤브레인 리액터의 가동온도와 사용전압을 크게 줄일 수 있었고 이는 공존산소의 Pumping 효율이 크게 증진되었기 때문으로 생각되었다.