

고온형 연료전지 발전시스템의 기술개발

김 귀 열*

한국전기연구소 전기재료연구부 전지기술연구팀

Technology Development of High Temperature Type Fuel Cell

Gwi-Yeol, Kim

Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Among the fuel cell system, solid oxide fuel cell is constructed of ceramics, so stack construction is simple, power density is very high, and there is no corrosion problem.

The purpose of this research is to investigate the characteristics of state of art for SOFC.

1. 서 론

연료전지는 전극반응에 의해 연료를 연소시킬 SOx, NOx의 배열이 적고, 진동이나, 소음이 작기 때문에 환경상의 입지 제약이 적어 도심에 설치도 가능하다. 이와같은 배경에서, 연료전지는 대규모 발전소로부터 on site의 소형발전소, 혹은 빌딩수준의 자가발전등 다양한 수준으로 응용이 기대되어 최근 연구개발이 대단히 활발하게 이루어지고 있다. 고체 전해질형 연료전지(SOFC)는 연료극, 고체전해질, 공기극, 연결소자(Interconnect) 등 4가지의 기본재료로 구성되어, 고효율이면서 한층 깨끗한 연료전지 발전시스템으로서 주목되고 있다.

따라서 본 보고에서는 고체전해질형 연료전지의 실용화를 위해서 필수적인 구성요소 개발에 관련되는 재료기술을 중심으로 소개하고자 한다.

2. 연료극재료

연료극에서는 전해질내를 확산한 산소이온과 기상(氣相)중의 수소가 반응하고 물로 되며, 즉, $2O^{2-}$ (전해질) + $2H_2$ (기상) \rightarrow $2H_2O$ (기상) + $4e^-$ 의 반응이 일어난다. 연료극 재료에 요구되는 것은 공기극 재료에 대하여 서술한 넓은 전극반응의 장소, 높은 전자전도율, 전해질과의 화학적 안정성 및 열팽창 계수의 일치 이외에 연료의 산화반응에 고효율인 것을 들 수 있다.

입구부근의 강한 환원분위기인 수소중에서도, 또 출구부근에서는 산화분위기에서도 안정하게 존재가능하여야 한다. 연료극측의 조건은 일종의 물, 열 조건하

에 있으므로 연료전지의 장시간 운전에서 응집, 소결하지 않도록 하는 것이 중요하다.

이들 조건을 만족한 연료극으로서 현재 많이 사용되고 있는 것은 Ni과 ZrO₂ 의 cermet이다. ZrO₂를 혼합하는 한가지 이유는 Ni 만으로서는 전해질인 ZrO₂와의 열팽창계수의 차이가 크고, 이것을 완화하기 위해서이다. 이 cermet 의 열팽창계수는 양자의 혼합비에 따라 거의 직선적으로 변화하는 것으로 알려져 있다.

3. 전해질 재료

고체산화물 연료전지에 사용되는 고체전해질로서 필요한 성질은 1) 산화물이온 O²⁻ 만 이동하는 이온전도체 일것, 2) 도전율이 클것, 3) 성형박막의 한면은 산화분위기, 다른 한면은 환원분위기에 노출되므로 이 조건하에서 화학적으로 안정하여야 한다.

4. 공기극 재료

현재, 열팽창율과 전해질과의 양립성이 좋고, 도전율도 높은 알칼리류 금속 도핑 LaMnO₃가 공기극 재료로서 가장 일반적으로 사용되고 있으며, LaMnO₃는 p형 반도체의 perovskite 산화물이다. Perovskite 구조인 LaMnO₃는 원자배열상의 비틀어짐을 일으켜 사방정(monoclinic), 혹은 룽면체정(rhombohedral)으로 된다. 도핑되지 않은 LaMnO₃는 실온에서는 사방정이지만, 약 387°C에서 사방정-정방정(tetragonal) 변환을 표시한다.

LaMnO₃가 다상으로 분해하는 직전의 최저산소분압은 "임계산소분압"이라 불려진다. 임계산소분압은 온도에 의존하고 고온하에서는 높은 값으로 이동한다. 1000°C에서 도핑되지 않은 LaMnO₃의 임계산소분압은 약 10^{-14} ~ 10^{-15} atm (10^{-19} ~ 10^{-10} Pa)이며, 산소부정비(不定比)성에 더불어, LaMnO₃에서는 La 부족 및 과잉이 있고, La 과잉 LaMnO₃는 La₂O₃를 제2상으로 포함한다. 이 La₂O₃는 물과 섞이어 La(OH)₃로

되기 쉽다. 물과 섞이게 되면 소결 LaMnO_3 구조체의 파괴를 일으키므로 SOFC에 바람직스럽지 않다. 정비조성의 물질을 사용하는 것은 대단히 어려우므로 SOFC에서 사용함에는 La 부족한 LaMnO_3 가 장려되고 있다.

5. 연결소자 (Interconnect) 재료

연료전지의 출력전압은 1 cell당 1V 정도지만, 단위 cell을 접속하는 연결소자가 필요하게된다. 연결소자 양측에 각각 연료 gas와 공기가 흐르므로 이 재료는 gas를 분리하는 separator로서 기능을 갖게 된다. Separator 재료로서 현재 가장 유력한 후보로 생각되는 것은 LaCrO_3 (융점 : $>2400^\circ\text{C}$)계의 perovskite형 산화물이다. 연료전지에서 사용되는 넓은 산소 potential 구배하에서 안전하게 존재하는 산화물의 1가지이다. 알칼리 금속을 이것에 고용시키면 Sr, Ca은 La 위치에, Mg, Co, Zr, Cu, Ni, Fe, Al, Ti 은 Cr의 위치에 치환고용한다.

6. 맺음 말

연료전지의 이용분야는 전기사업용의 대용량발전과 분산배치형발전, 그리고 현지설치형발전, 자동차 등의 운수용전원에 이르기까지 다양하다. 외국에서는 1997

년까지 100KW SOFC 발전시스템개발을 계획하고 있으며, 향후 2000KW 발전시스템을 개발할 예정이다. 고체전해질형 연료전지의 개발단계는 광범위하지 않으나, 전지크기의 대형화와 모듈화 단계에 있다. 따라서 SOFC는 앞에서 서술한 바와 같이 구성재료가 고성능 세라믹이므로 다른 종류의 연료전지와 달리 전지재료를 포함한 기초기술의 개발이 긴급히 요구된다.

[참고문헌]

- [1] N.Q.Minh and T.Takahashi, "Science and Technology of Ceramic Fuel Cell", Elsevier, pp.147-161, 1995
- [2] Leo J.M.J.Blomen and Michael N. Mugerwa, "FuelCellSystems", Plenum, pp.465-489, 1993