

## 4 셀 나열형 SOFC 단위전지의 성능 평가

윤성필, 남석우, 홍성안, 윤종민\*, 한이섭\*, 서일영\*  
한국과학기술연구원, 쌍용 중앙연구소\*

### Performance Evaluation of 4 Cell Array Unit Cell for SOFCs

S. P. Yoon, S. W. Nam, S.-A. Hong, J. M. Yoon\*, I. S. Han\*, I.-Y. Seo\*  
Korea Institute of Science and Technology, SsangYong Research Center\*

#### I. 서론

SOFC가 실제 발전 목적으로 사용되려면 SOFC의 성능 및 수명의 향상과 아울러 발전 목적에 따른 대용량화가 요구된다.<sup>1)</sup> 분산형 전원으로 SOFC를 사용하게 될 경우 수백 kW 이상의 발전 용량이 요구되며<sup>2)</sup>, 이러한 대형 SOFC 발전 시스템은 수십 kW급 SOFC를 기본 단위로 하여 이들을 서로 연결함으로써 구성 가능하다. 평판형 SOFC의 대형화는 기본적으로 개별 전지의 전극 면적을 확대하여 출력 전류를 증가시키고, 단위 전지를 여러 단 적층하여 출력 전압을 증가시킴으로써 가능해진다.

그러나 SOFC의 경우 다른 연료전지와 같이 개별 셀의 전극 면적을 0.5~1m<sup>2</sup>의 크기로 제조하여 고전류를 얻는 것은 세라믹 요소의 제작 특성상 불가능하다. 그러므로 작은 면적의 셀을 여러장 나열하는 방식의 분리판 제조 및 적층 기술을 확보하는 것이 SOFC 대형화에 바람직하다고 판단된다. Siemens에서는 한 분리판에 전극 면적이 4×4cm<sup>2</sup>인 셀(셀 크기 5×5)을 16개 나열하고, 이 단위 전지를 80단 적층함으로써 대용량 스택을 구성하였으며, 이 스택은 950℃에서 산소 사용시 10kW, 공기 사용시 5kW의 성능을 나타내었다.<sup>3)</sup> Siemens에서는 향후 같은 형태로 50단 스택을 구성하고, 이 스택을 2개 연결시킨 20kW급 스택을 제작하여 시험하려 하고 있다. 한편 일본 Sanyo에서는 전극 면적이 182cm<sup>2</sup>인 셀(셀 크기 15×20)을 한 분리판에 4개 나열하고 이를 17단 적층하여 2kW 스택을 구성하였으며<sup>4)</sup>, Murata에서는 전극 면적이 100cm<sup>2</sup>인 셀(셀 크기 15×15)을 한 분리판에 4개 나열하고 이를 5단 적층하여 500W급 스택을 구성한 바 있다.<sup>3)</sup>

본 연구에서는 여러 셀 나열형 SOFC에 관한 기본 기술 개발을 목표로 한 분리판에 5×5 크기의 셀 4개를 나열한 단위전지를 구성하고 성능을 평가하여 문제점 및 개발 방향을 파악하였다.

## II. 실험방법

### 1) 분리판 제작

본 연구에서는 Inconel을 재질로 하여 마스크판에서의 전극 및 분배구 가공에는 레이저 절단법을 사용하였으며, 중간판의 기체 통로 부분은 기계 가공 또는 에칭 가공을 통하여 성형하였다.

두께 3.0mm의 마스크판을 TIG 용접하여 중간판과 결합시켰다. 중간판에서 기체 통로를 형성할 때 기계 가공 이외에 에칭 가공 방법을 시도하였다.

### 2) 전지 구성

4셀 나열형 전지의 기본적인 구성 방법은 단위전지 구성 방법과 같다. 먼저 분리판에 집전망을 장착하고 셀 테두리에 해당하는 부분에 밀봉체인 유리 paste를 도포하였다. 그 후 4개 셀의 양면에 집전 효율을 증가시키기 위하여 백금 paste를 바르고, 이 셀 들을 분리판에 나열한 후, 나머지 분리판과 결합하여 전지를 구성하였다. 결합된 4셀 나열형 전지를 본 실험실에서 제조한 실험 장치에 설치한 후 8~13kg의 하중으로 누른 상태에서 전지에 수소와 공기를 각각 공급하며 전처리를 실시하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1) 전류-전압 특성

그림 1에는 4셀 나열형 전지의 전류-전압 특성이 셀 하나를 사용한 단위전지의 경우와 비교되어 있다. 4셀 나열형 전지의 개회로 전압은 단위전지의 개회로 전압과 같은 이론 개회로 전압값(1.09V)이었으며  $200\text{mA}/\text{cm}^2$ 에서의 성능은 0.7V를 나타내었다. 셀 하나를 사용한 단위전지의 경우에는  $200\text{mA}/\text{cm}^2$ 에서의 성능이 0.7 - 0.8V였다. 따라서 본 연구에서 제작된 4셀 나열형 전지는 완벽한 가스 밀봉으로 이론 개회로 전압을 얻을 수 있었으며 여러장을 나열하더라도 개개의 단위전지 성능을 그대로 재현할 수 있었다. 이로써 단위전지를 스택으로 적용할 수 있는 기본 기술을 확립하였다.

### 2) 가스 이용율의 영향

4셀 나열형 전지에 대하여 공기 및 수소의 유속에 따른 성능 변화를  $300\text{mA}/\text{cm}^2$ 에서 측정하여 그 결과를 그림 2와 3에 도시하였다. 수소이용율 및 산소이용율에 따라 전지 성능은 각각  $-10\text{mV}/10\%$  및  $-7.4\text{mV}/10\%$  정도의 비율

로 변화하였다. 정상적인 셀에서 sealing이 완벽할 경우 가스이용율 20~80% 범위에서 가스이용율 변화에 따른 전지 성능의 변화율은 1000℃에서 수소이용율 및 산소이용율에 대하여 각각 -10~15mV/10% 및 -2~8mV/10% 정도로 나타나며, sealing이 불완전할 경우 산소이용율에 대한 성능 변화가 매우 크게 나타난다. 그림 4는 전류를 사용할 때 이론적으로 소모되는 산소의 양을 계산한 결과를 공기극 출구 쪽에서의 산소 농도의 측정 결과와 비교한 것으로 산소의 이론적인 소모량과 측정치가 매우 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 제작한 4셀 나열형 전지는 셀 내에서의 가스 cross-over와 셀 테두리를 통한 반응 기체의 누출 등으로 인한 연료가스의 소모가 거의 없는 것으로 사료된다.

#### IV. 결론

SOFC의 출력 전류를 증가시키기 위하여 4개의 셀을 한 분리판에 나열한 SOFC를 구성하고 성능 실험을 수행하였다. 4셀 나열형 전지는  $5 \times 5 \text{cm}^2$  크기의 셀 4개로 구성되었으며, 초기 실험을 통하여 분리판 형태 및 전지 구성 방법을 결정하였다. 4셀 나열형 전지의 성능은  $200 \text{mA/cm}^2$ 에서 0.7V로  $5 \times 5 \text{cm}^2$  단위 전지 및  $10 \times 10 \text{cm}^2$  단위 전지 성능과 거의 같은 성능을 나타내었으며, 이를 통하여 대용량의 스택을 제조할 수 있는 기반 기술을 확립하였다.

#### V. 참고문헌

1. J. H. Hirschenofer, D. B. Stauffer, and R. R. Engleman, *Fuel Cells A Handbook*, 1994.
2. N. Q. Minh and T. Takahashi, *Science and Technology of Ceramic Fuel Cells*, 1995.
3. K. Eguchi, H. Mitsuyasu, Y. Mishima, M. Ohtaki and H. Arai, pp. 51-60 in *Proceedings of the 5th International Symposium on SOFC*, Electrochemical Society, 1997.
4. K. Eguchi, H. Mitsuyasu, Y. Mishima, M. Ohtaki and H. Arai, pp. 12-19 in *Proceedings of the 5th International Symposium on SOFC*, Electrochemical Society, 1997.

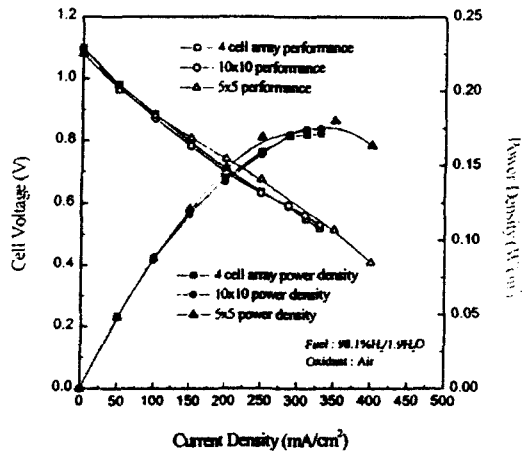


그림 1. 4셀 나열형 단위전지의 성능.

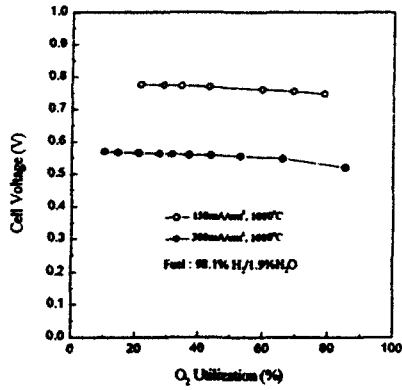


그림 2.\*산소 이용율에 따른 4셀 나열형 전지의 성능변화

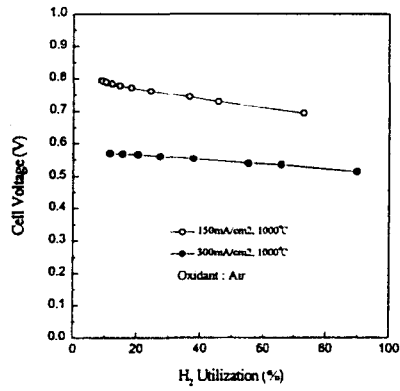


그림 3. 수소 이용율에 따른 4셀 나열형 전지의 성능변화

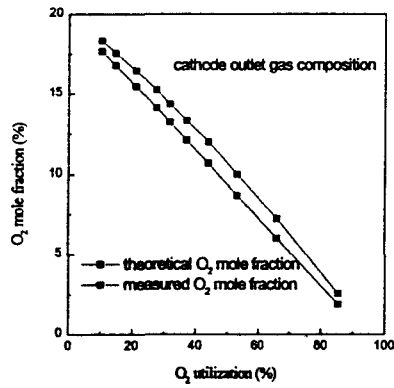


그림 4. 공기극 출구에서 산소 몰분율의 변화 ;  
전류 밀도 : 300mA/cm<sup>2</sup>에 연료로 공기 이용.