

다공성 바이폴라 사용 단위전지 성능 특성

김창수^o, 전영갑, 송락현, 최병우, 신동열, 최수현
한국에너지기술연구소

Performance Characteristics of Porous Plate Single Cell For PAFC

Chang-Soo Kim, Young-Gab Chun, Rak-Hyun Song,
Byung-Woo Choi, Dong-Ryul Shin and Soo-Hyun Choi
Korea Institute of Energy Research

ABSTRACT

For the improvement of the performance and life time of phosphoric acid fuel cell, the management of electrolyte in the electrocatalyst layer and electrolyte matrix in the cell structure is very important. Porous bipolar plate structure, that is known as an advanced type, is generally used for the storage of electrolyte in the cell. In this paper, the single cell was made of the electrode by coating directly electrocatalyst layer on porous bipolar plate. The single cell showed 186 mA/cm² at 0.6V. This performance is similar to the performance of the conventional nonporous plate single cell. The technology of porous plate single cell could be directly used to the fabrication of stack in order to improve the performance and life time of phosphoric acid fuel cell.

1. 서론

인산형 연료전지의 성능향상과 수명연장을 위해 반드시 극복해야하는 점들 가운데 하나가 다공성 바이폴라판을 이용한 스택 제조기술을 확립하는 것이다. 기존의 치밀한 바이폴라판으로 제조한 연료전지 스택에도 장시간 운전을 위하여 인산을 공급해 주는 다양한 방법이 있을 수 있다. 그러나 그 동안 많은 연구자들에 의해 개선된 스택제조기술을 조사하여 보면, 최근에는 대부분의 연구가 다공성 바이폴라판을 이용한 스택제조기술에 편중되어 있으며, 또한 최근에 상용화된 인산형 연료전지 발전시스템의 전지스택도 다공성 바이폴라판으로 제작된 것으로 알려져 있다. 불행히도 우리 나라에서는 아직까지 다공성 바이폴라판으로 제작한 연료전지스택에 대한 연구가 전무한 상태이다. 이는 다공성 바이폴라 탄소 판의 구입이 쉽지 않음에 기인하는 바가 클 것으로 생각된다.

본 연구에서는 다공성 바이폴라판을 전극지지체로 사용하여 제작한 전극의 단전지 성능평가를 통해 스택제조에 다공성 바이폴라판의 적합성 여부를 판단하고자 하였다.

2. 실험방법

2-1. 다공성 바이폴라판을 이용한 단위전지 제작

그림1은 단위전지내에 전해질을 저장할 장소를 마련하고 자 제안된 개념 도를 보여주고 있는데, 치밀한 바이폴라판을 분리 판으로 사용하는 단위전지에서는 연료 극과 접한 바이폴라판의 가장자리에 홈을 내어 인산 저장소로 사용하며, 다공성 바이폴라판의 경우에는 각 홈의 산에 해당하는 부분이 인산의 저장소로 사용될 수 있다는 것을 보여준다. 즉 다공성 바이폴라판을 전극기판으로 사용하는 단위전지 구조가 훨씬 많은 인산을 저장할 수 있음을 알 수 있다.

다공성 바이폴라판을 이용한 단위전지를 제작하기 위해 두께 2.7 mm 와 5.0 mm인 다공성 탄소판(SR-200E급)과 두께 0.6 mm인 탄소분리판(SG-3)을 일본 Showa Denko 사로부터 구입하였다. 일반적으로 다공성 바이폴라판을 이용한 단위전지는 탄소분리판과 모서리 밀봉 재를 사용하여 가스의 혼합을 차단시켜야 한다. 그러나 본 연구에서는 다공성 바이폴라판을 전극지지체로 사용하여 제작한 전극을 치밀한 바이폴라판으로 만든 전극홀더에 장착하여 단전지 성능시험을 수행하였다.

2-2. 치밀한 바이폴라 전극홀더 가공

전극홀더 역할을 하는 치밀한 바이폴라판은 전지작동 온도인 200 ℃까지 안정하고 전극 지지역할을 할 수 있도록 어느 정도 강도를 지녀야 한다. 또한 전극에서 발생하는 전류를 뽑아 낼 수 있게 전기적으로 도체여야 하며, 인산에도 안정한 재료여야 한다. 본 연구에서는 Showa Denko사의 치밀한 바이폴라판을 구입하여 사용하였다.

단위전지의 전극홀더의 역할과 전극에 가스 보급 역할을 하도록 가공하였다. 전극이 놓이게 되는 부분은 다공성 바이폴라 전극기판의 두께에 해당하는 깊이로 가공하여 전극 면과 홀더의 가장자리 부분이 수평을 이루도록 하였다. 다공성 바이폴라 전극기판의 두께가 2.7 와 5 mm 이므로 전극홀더도 2 종류를 가공하여 사용하였다. 연료 및 산 소가스는 가스 유입 구를 통해 들어와 다공성 바이폴라판을 통과하여 전극표면에서 반응에 참여하고 반응에 참여하지

않는 가스는 다공성 바이폴라판에 형성된 홈을 타고 이동하여 가스출구를 통해 배출된다. 산소가스 및 연료가스가 매트릭스를 경계로 서로 수직하게 흐르도록 가스홀더를 배열하여 단전지 성능 시험을 행하였다.

2-3. 다공성 바이폴라판의 가공

다공성 바이폴라판은 가스 통로를 갖도록 가공하였다. 이 때 다공성 바이폴라판의 전체 두께는 2.7 mm와 5 mm로 그대로 두고 가스 통로의 형상을 1 mm × 2 mm로 깊게 하여 다공성 바이폴라판을 통과하는 가스의 확산거리를 다르게 하였다. 주사전자 현미경으로 관찰한 결과 본 연구에 사용된 다공성 바이폴라판은 지금까지 본 연구실에서 사용했던 전극지지체 보다 비교적 굵은 탄소섬유로 만들어졌음을 알 수 있다. 즉 탄소섬유의 직경이 약 20 μm로 전극지지체의 10 μm 인 것보다 굵다. 또한 기공 도도 전극지지체 보다 작은 것으로 보여진다. 이처럼 보다 치밀한 망 조직을 갖는 것은 다공성 바이폴라판의 경우 전극지지체와는 달리 한쪽 면에 가스통로를 가공하므로 어느 정도 강도를 지녀야 할 필요성이 있기 때문인 것으로 생각된다.

가스통로를 가공한 다공성 바이폴라판은 인산의 함침에 의해 가스의 통기성이 나빠지는 것을 방지하기 위해 FEP solution에 함침하여 방수처리를 한다. 즉, 40% FEP 용액에 다공성 바이폴라판을 담근 다음 공기 중에서 건조하고 질소 분위기하의 350°C에서 25분간 소성한다. 방수처리한 후 다공성 바이폴라판을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 방수처리에 의해 탄소섬유가 테프론으로 얇게 코팅되었음을 알 수 있었다. 그러나 이러한 테프론 코팅이 가스의 통기성을 방해하지는 않을 것으로 보여진다. 즉 방수처리가 다공성 바이폴라판의 기공 도에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각된다. 방수 처리한 다공성 바이폴라판의 단면구조를 주사전자 현미경으로 관찰한 결과, 다공성 바이폴라판의 두께 방향에 수직한 방향의 통기성이 잘 유지되고 있음을 알 수 있다. 탄소섬유 하나의 직경은 대략 20 μm로 여러 개의 보다 가느다란 탄소섬유로 이루어져 있음을 알 수 있고 섬유 내에도 기공이 존재하는 경우도 관찰되었다.

2-4. 다공성 바이폴라판에 전극코팅

그림2의 전극제조 공정도에서 보여준 방법대로 일련의 혼합과정을 거친 전극촉매반죽을 용매 진공추출 처리를 하여 적당한 점도가 되게 한후 방수 처리한 다공성 바이폴라판의 평평한 면에 도포한 다음 doctor blade로 일정한 두께가 되도록 코팅한다. 코팅된 전극/다공성 바이폴라판을 건조시킨 후 다시 2차 코팅을 한 다음 건조 및 소결시킨다.

다공성 바이폴라판 위에 코팅방법으로 제조한 전극의 구조를 주사전자 현미경으로 관찰한 결과, 1차 코팅한 전극면의 탄소분말들이 2차 코팅한 전극면의 탄소분말들에 비해 더 테프론에 엉겨 붙은 형상을 하고 있었다. 이는 2차 코팅시 테프론액들이 1차 코팅한 면쪽으로 보충되었기 때문인

것으로 생각된다. 전극 면의 탄소분말 사이로 적당한 기공도가 존재하고 있음을 알 수 있다. 다공성 바이폴라판 위에 코팅된 전극의 단면구조를 주사전자 현미경으로 관찰, 코팅된 전극의 두께는 대략 30 μm 정도인 것을 알 수 있다. 전극두께방향으로의 기공도의 변화와 같은 것은 관찰되지 않고 있으며, 1차 코팅한 층과 2차 코팅한 층이 서로 구분되지 않고 있다. 이는 여러 번 반복해서 코팅한 전극이라도 한 번에 소결시키면 전극의 균일성이 유지될 수 있다는 것을 보여준다.

3. 결과 및 고찰

단위전지 장착 및 시험 순서는 다음과 같다. 먼저 다공성 바이폴라판위에 코팅된 전극을 최종 소결처리한 후 시험편 홀더 크기에 맞게 자른 다음 시험홀더에 장착한다. 인산을 전극과 매트릭스위에 도포한 다음 24 시간 동안 wetting 시킨다. 전류집전판을 전극홀더인 치밀한 바이폴라판에 붙인 다음, 180°C에서 연료가스로 순수한 수소와 산화제로 순수한 산소를 사용하여 단위전지 성능시험을 행하였다. 이때 기체유량 및 압력은 모두 50 cc/min, 대기압이었다.

그림3은 다공성 바이폴라판을 전극지지체로 사용한 전극으로 단위전지 성능 시험한 결과를 나타낸 것이다. 두께가 두꺼운 다공성 바이폴라판에 코팅된 전극의 전류-전압 특성이 두께가 얇은 것에 비하여 좋게 나타났다. 이는 다공성 바이폴라판을 통한 기체 확산이 전극의 성능에는 큰 영향을 주지 못할 정도로 다공성 바이폴라판의 기공도가 적절하다는 것을 나타낸다. 그림에서 보듯이 단위전지의 개회로 전압은 약 0.8 V 정도이고 0.6 V의 전압에서는 최대 186 mA/cm²의 전류가 발생되었다. 이 같은 두꺼운 다공성 바이폴라판의 전극의 성능은 기존의 전극지지체에 코팅한 전극의 초기성능과 비슷한 값을 보여주고 있다. 따라서 이 다공성 바이폴라판은 인산형 연료전지 스택제작에 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

다공성 바이폴라판에 파인 가스통로의 산의 두께가 너무 얇게 가공되어 전극홀더에 장착할 때 쉽게 파손되므로 전극을 지지하는 역할을 기대하기가 어려웠다. 따라서 전극을 장착한 후 내부저항이 너무 커서 전류전압 특성이 낮게 나오는 경우가 많았다. 다공성 바이폴라판의 기공 도를 고려할 때 앞으로는 가스통로의 산의 폭을 넓혀 전극을 잘 지지할 수 있도록 가공하여 사용하는 것이 바람직할 것 같다.

4. 결론

다공성 바이폴라판을 전극지지체로 사용하여 코팅방법으로 제조한 전극의 단위전지 성능평가를 통해, 이 다공성 바이폴라판이 인산형 연료전지 스택제작에 적용될 수 있는 지 여부를 판단하고자 하였다. 다공성 바이폴라판 위에 코팅된 전극으로 구성된 단위전지는 0.6 V의 전압에서는 최대 186 mA/cm²의 전류를 발생하였으며, 기존의 전극지지체에 코팅된 전극의 초기성능에 근접한 성능을 보였다.

이는 다공성 바이폴라판이 인산형 연료전지 스택제작에 적용될 수 있음을 시사한다. 두꺼운 다공성 바이폴라판의 전극이 얇은 것의 전극에 비하여 성능이 우수하였다. 이는 얇은 바이폴라판의 가스통로가 전극을 제대로 지지하지 못하여 내부저항이 증가된 것에 기인하는 것 같다. 따라서 다공성 바이폴라판의 가스통로가 스택제조시 파손되지 않도록 가스통로의 형상을 적절히 고안할 필요가 있다.

참고문헌

1. S.G. Abens, etc., Final technical report, Energy research corporation, 1980.
2. Masatomo Shigeta, et al., United States Patent 4,459,342, 1984.
3. M. Watanabe, M. Tomikaw and S. Motoo, J. Electroanal. Chem., vol. 182, pp. 193-196, 1986.
4. 신동렬외, 9411101-112AG1, 1995

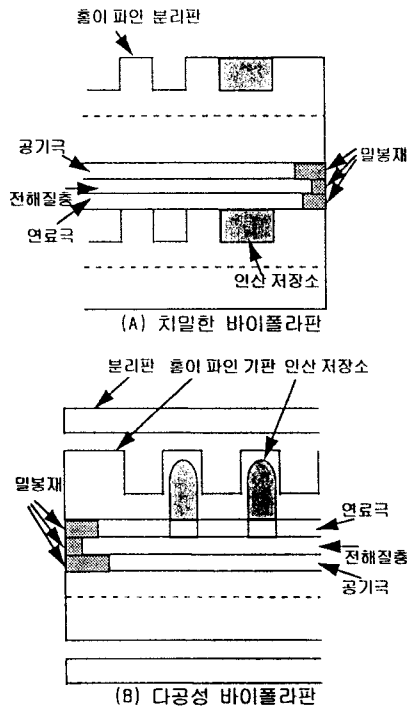


그림 1. 인산형 연료전지 스택내 전해질 저장소의 구조

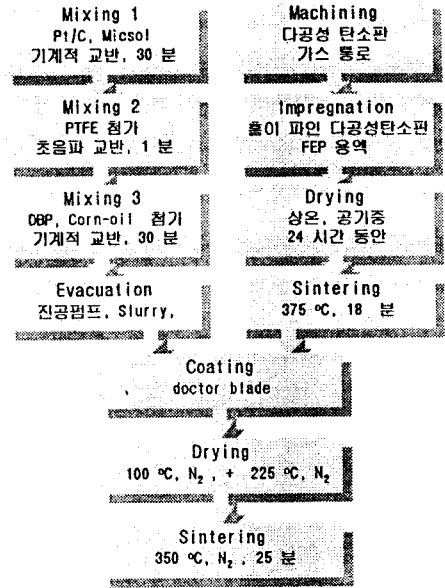


그림 2. 다공성 탄소판을 지지체로 사용한 전극의 제조 공정도

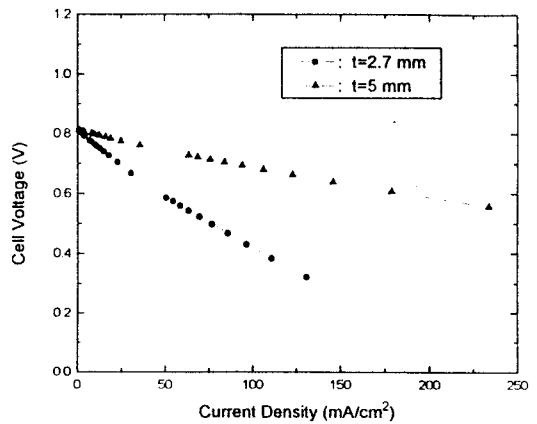


그림 3. 다공성 탄소판을 지지체로 사용한 전극의 전류-전압 특성