

고분자전해질 연료전지의 환원전극 백금 담지촉매의 백금 담지비에 따른 성능변화

조용훈, 조윤환, 박현서, 성영은

Effect of Pt amount in the Pt/C for cathode catalyst on the performance of PEMFC

Yong-Hun Cho, Yoon-Hwan Cho, Hyun-Seo Park, Yung-Eun Sung

Key words : PEMFC (고분자전해질 연료전지), Polarization curve (분극 곡선)

Abstract : This study focuses on a determination of amount of Pt in the Pt/C for catalysts of polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFC). PEMFC offer low weight and high power density and being considered for automotive and stationary power applications. The PEMFC performance is influenced by several factors, including catalysts and structure of electrode and membrane type. Catalyst of electrode is important factor for PEMFC.

One of the obstacles preventing polymer electrolyte membrane fuel cells from commercialization is the high cost of noble metals to be used as catalyst, such as platinum. To effectively use these metals, they have to be well dispersed to small particles on conductive carbon supports. The optimal amount of Pt in Pt/C for cathode catalyst was investigated by using polarization curves in single cell with H₂/O₂ operation.

1. 서론

고분자전해질 연료전지는 화학에너지를 전기 에너지로 직접 변환하는 장치로써 기존의 에너지 변환장치보다 1.5배 이상의 에너지 효율을 갖는 것은 물론이고 에너지 변환 시에 물과 전기, 열 이외의 어떠한 환경오염 물질도 배출하지 않기 때문에 차세대 에너지원으로 주목 받고 있으며, 상용화를 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1].

고분자전해질 연료전지의 기본구조는 Fig. 1 과 같이 중앙에 고분자전해질 막을 중심으로 양 옆에 탄소 천 또는 탄소 종이 같은 지지체가 있고 지지체와 고분자전해질 막 사이에 수소산화와 산소환원반응을 위한 귀금속 촉매가 위치하게 된다. 고분자전해질 연료전지의 기본원리는 Fig. 1 에서 보는 것과 같이 산화전극으로 유입된 수소가 금속 촉매에 의하여 산화되어 수소양이온과 전자가 발생하게 되며 발생된 수소양이온은 고분자전해질을 통하여 환원전극으로 이동하게 되고, 전자는 외부 회로를 통하여 환원전극으로 이동하여 산소환원반응에 참여하고 그 결과로 물이 생성된다[2].

고분자전해질 연료전지는 촉매로 백금을 가장 많

이 사용한다. 과거에는 4 mg/cm² 이상의 촉매를 사용하였지만 탄소지지체위에 백금을 담지하여 사용함으로써 백금의 사용량을 10% 이하로 줄일 수 있었다[3]. 따라서 현재에는 담지촉매를 주로 사용하고 있으며 담지체 위에 다양한 비율로 촉매를 담지하여 사용하고 있다. 촉매의 담지비율이 달라지면 촉매를 연료전지 전극 촉매층 적용 시에 촉매층 내의 기공 크기가 바뀌게 되어 저항 과전압 및 물질전달 과전압 영역의 성능에 변화가 생기게 된다. 그렇기 때문에 다양한 촉매 담지비에 따른 고분자전해질 연료전지 성능의 I-V특성분석을 수행하게 되면 특정 전압에서의 전류량의 변화를 확인할 수 있게 된다.

이 연구는 산화전극의 백금담지촉매의 백금 담지비를 20 wt.%로 고정해 놓고 환원전극 촉매의 담지비를 20, 40, 60, 80 wt.%로 변화 시켜서 MEA에 적용했을 때의 단위전지 성능을 평가하여 환원전극 백금 담지촉매의 백금 담지비율이 바뀔 때의 성능 변화를 비교하였다.

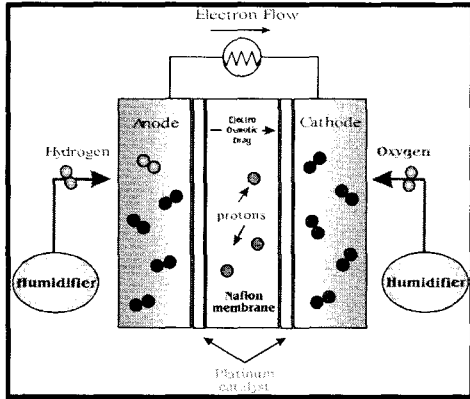


Fig. 1 Schematic diagram of PEMFC structure

2. 실험

2.1 촉매 슬러리 제조

촉매는 미세한 탄소 입자(Vulcan XC)에 백금이 분산된 Pt/C(E-TEK)를 사용하였으며, Ionomer 는 5% Nafion solution (Dupont), 분산제는 IPA(Isopropyl alcohol)과 초순수를 사용하였다.

분산제에 일정한 무게 비율로 Fig. 2처럼 촉매와 Ionomer를 혼합해서 촉매 슬러리를 제조하였으며 슬러리 내 촉매의 고른 분산을 위해 각 단계별로 초음파처리를 하였다[4].

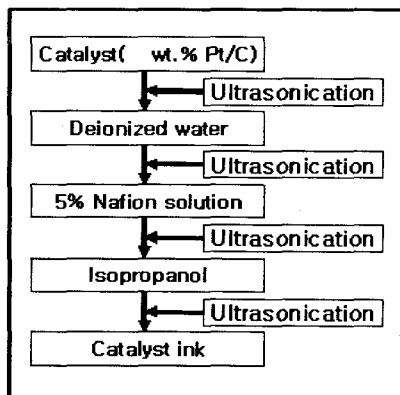


Fig. 2 Flow diagram for fabrication of catalysts ink

2.2 전극 및 MEA제조

직접코팅법을 이용하여 MEA를 제조하기 위해 제조된 촉매슬러리를 전처리 과정을 한 Nafion 112 양쪽 면에 스프레이를 이용하여 직접 도포하였다.

촉매슬러리를 효과적으로 고분자막에 도포하기 위하여 50 °C의 핫플레이트 위에서 분사했다. 양면에 촉매가 도포된 고분자막을 두개의 기계확산층 사이에 넣고 MEA를 만들었다.

2.3 단위전지 성능평가

제조된 MEA의 성능을 비교하기 위해서 MEA를 단위전지에 장착하고 동일한 압력으로 체결 하였다. 단위전지의 유효 면적은 전극의 면적과 동일한 5 cm² 이며 성능 측정을 위하여 전류 부하기를 이용하여 전지의 전압과 전류를 측정하였다. 전체적인 성능 평가 시스템의 구성은 Fig. 3과 같다. 전지의 운전조건은 산화극과 환원극 각각 수소와 산소를 양론비 1.5/2.0으로 공급하였으며, 단위전지 온도는 70 °C로 유지 산화극과 환원극은 각각 70 °C와 75 °C의 온도 가습을 유지하고, 작동 압력은 상압으로 하였다[5].

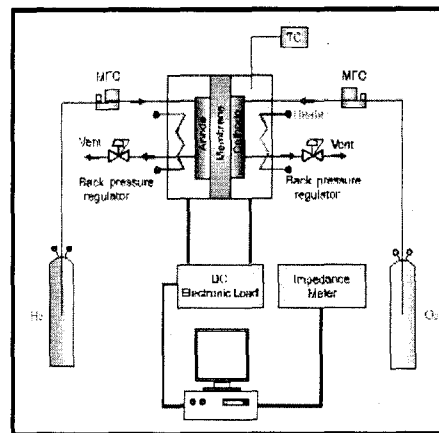


Fig. 3 Schematic diagram of the unit cell performance test station

3. 결과

Fig. 4는 산화전극의 촉매층에는 20 wt.%의 백금담지촉매를 적용하고, 환원전극 촉매로 20, 40, 60, 80 wt.%의 백금담지촉매를 각각 적용하여 직접코팅법으로 MEA를 제작하여 단위전지 성능을 비교한 I-V curves를 나타낸 그림이다.

0.6 V에서의 전류밀도를 살펴보면 환원전극에 40 wt.%의 백금담지 촉매를 적용한 MEA가 1600 mA/cm²로 가장 높은 전류밀도를 보였으며, 20 wt.%와 60 wt.%의 백금담지촉매를 적용한

MEA는 1000 mA/cm^2 의 유사한 전류밀도를 보였다. 마지막으로 환원전극에 80 wt.%의 백금담지 촉매를 적용한 MEA의 경우 0.6 V에서 750 mA/cm^2 의 전류밀도로 가장 낮은 성능을 보였다.

Fig. 5를 통해 최대전력밀도를 분석해보면 0.6 V에서의 전류밀도를 분석한 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 환원전극에 40 wt.%의 백금담지 촉매를 적용한 MEA가 1200 mW/cm^2 으로 역시 가장 높은 최대전력밀도를 보였으며, 20 wt.%와 60 wt.%의 백금담지촉매를 환원전극에 적용한 MEA는 900 mW/cm^2 의 최대전력밀도를 보였다. 또한 최대전력밀도에서도 80 wt.%의 백금담지촉매를 환원전극에 적용한 MEA가 600 mW/cm^2 으로 가장 낮은 성능을 나타냈다.

산화전극의 촉매의 백금담지비를 20 wt.%로 고정하고 환원전극의 백금담지촉매의 백금 담지 비율을 20, 40, 60, 80 wt.%로 각각 다르게 적용하여 제작한 MEA의 단위전지 성능평가의 결과 환원전극의 백금담지비율이 40 wt.%인 백금담지 촉매를 적용한 MEA의 성능이 0.6V에서 전류밀도와 최대전력밀도 모두 가장 좋은 성능을 보였다. 모든 MEA에는 동일한 무게의 백금이 촉매로 사용되었지만 미세한 탄소가루에 담지비율을 다르게 하여 전극에 적용하면 이번 연구결과에서 나타난 것처럼 두 배 이상의 성능차이를 보이게 된다. 이는 미세 탄소위에 담지된 백금의 비율이 달라짐에 따라 촉매층을 형성할 때 촉매 입자와 입자 사이 그리고 촉매입자를 포함한 백금 표면에 형성되는 ionomer의 연결구조가 서로 다르게 형성되기 때문에 외부에서 촉매층 내부로 공급되는 산소의 이동이 각각 다르게 되고 촉매층 내에서 환원반응이 일어날 때 물질전달의 속도가 서로 다르기 때문에 성능의 차이가 생기는 것으로 예상된다.

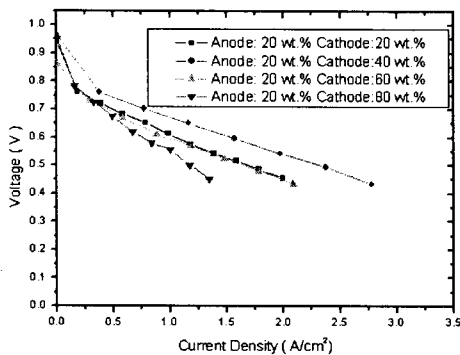


Fig. 4 Effect of Pt amount in Pt/C for cathode catalyst on the current density of a PEMFC

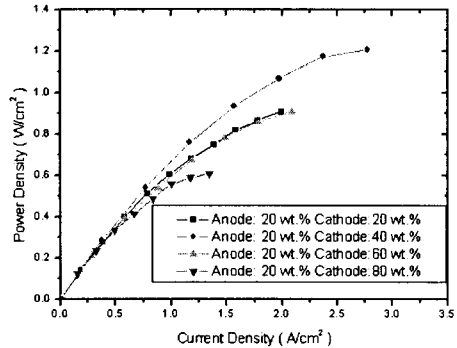


Fig. 5 Effect of Pt amount in Pt/C for cathode catalyst on the power density of a PEMFC

4. 결론

산화전극의 촉매의 백금담지비를 20 wt.%로 고정하고 환원전극의 백금담지촉매의 백금 담지 비율을 20, 40, 60, 80 wt.%로 각각 다르게 적용하여 제작한 MEA의 단위전지 성능평가를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

- (1) 0.6 V에서의 전류밀도는 산화전극에 20 wt.%의 백금담지촉매를 사용하고 환원전극에는 40 wt.%의 백금담지촉매를 사용하여 제작한 MEA의 단위전지가 가장 높은 성능을 보였다.
- (2) 최대전력밀도 역시 산화전극에 20 wt.%의 백금담지촉매를 사용하고 환원전극에는 40 wt.%의 백금담지촉매를 사용하여 제작한 MEA의 단위 전지가 가장 높은 성능을 보였다.

References

- 이정규, 하응용, 홍성안, 전해수, 임태원, 오인환, "촉매층의 제조 방법이 고분자 전해질 연료 전지의 성능에 미치는 영향", Journal of the Korean Institute of Chemical Engineering, Vol. 39, pp 109-115
- Ciureanu, M., Mikhailenko, D., Kaliaguine, "PEM fuel cells as membrane reactors: kinetic analysis by impedance spectroscopy", Catalysis Today, Vol. 82, pp. 195-206, 2003
- Paola Costamagna, Supramaniam Srinivasan, "Quantum jumps in the PEMFC science and technology from the 1960s to the year 2000 Part 1. Fundamental scientific aspects", J. power sources, vol. 102, pp. 242-252, 2001
- Sylvie Escribano, Pierre Aldebert, "Electrodes for hydroge/oxygen polymer electrolyte membrane fuel cells", Solid state ionic, Vol 77, pp. 318-323, 1995
- Larminie, J., Dicks, A., "Fuel cell Systems Explained", John Wiley and Sons, LTD, England, 2000