

접촉저항 및 전기전도도가 연료전지 성능에 미치는 영향

The Effect of Contact Resistance and Electric Conductivity on PEMFC Performance

김기정^a, 윤용식^b, 전유탉^c
 현대하이스코 기술연구소(E-mail:siren77@hysco.com)

초 록 : In this work, 3-dimensional, non-isothermal numerical simulation was performed to analyse the effects of contact resistance and electric conductivity of GDL on the fuel cell performance. For numerical simulation contact resistance of Carbon and Stainless steel was measured. The simulation results reveal that 10 times change of electric conductivity leads only 6.5% decrease of PEMFC performance. But stainless steel which has high contact resistance decrease fuel cell performance over 25% at a high current density region than carbon. This results show that suitable Surface treatment technology is needed for metal bipolar plate, especially stainless steel.

1. 서론

연료전지에서 분리판은 막전극체(MEA)와 기체확산층(GDL)의 구조적 지지, 발생한 전류의 수집, 반응가스의 수송, 반응열 제거를 위한 냉각수 수송등을 담당하는 핵심부품으로 최근 기계적 강도 및 가공성 확보가 어려운 흑연분리판 대신 기계적 성질이 우수한 금속계 분리판을 적용하려는 연구가 진행되고 있다.

금속계 분리판의 경우 흑연 분리판과 같이 기계가공으로 유로를 제작할 경우 높은 제작가격 및 낮은 생산성으로 상용화가 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이에 반응가스 및 냉각수 유로를 생성하는 방법으로 에칭 또는 스템핑 가공방법이 많이 연구되고 있다. 에칭의 경우 미세하고 복잡한 유로를 생성하기 쉬운 장점이 있으나 금속분리판의 두께와 무게로 인하여 스택의 무게 및 부피감소가 어려운 단점이 있다. 따라서 스택의 무게 및 부피를 감소시키고, 높은 가격 경쟁력과 생산성을 확보를 위하여 얇은 박판을 스템핑 가공하여 생산하는 방법이 집중 연구되고 있는 추세이다.

금속계 분리판을 연료전지에 적용할 경우 또 하나의 문제가 내식성과 높은 접촉저항이다. 내식성의 경우 금속성분의 용출이 MEA를 오염시키기 때문에 스택의 성능을 저하시키는 문제를 야기할 수 있으며, 접촉저항의 경우 내부 저항의 증가로 연료전지의 성능을 감소시키게 된다. 많은 국내외 연구기관에서 이러한 내식성 및 전기전도성을 보완하기 위한 다양한 코팅방법에 대하여 복합적으로 연구되고 있다.

본 연구에서는 분리판의 소재로 사용되고 있는 흑연과 스테인리스의 접촉저항과 GDL의 전기전도도가 성능 감소에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통하여 분석하여 보았다.

2. 접촉저항 측정

전기전도성은 코팅샘플 양면에 가스확산층(GDL)과 금 코팅된 동판을 배열시켜 인장시험기로 하중을 가하고 전압과 전류를 측정하여 옴의 법칙을 사용하여 접촉저항을 계산하여 평가하였으며, 측정은 150N/cm²의 하중조건에서 측정되었다. 흑연, 스테인리스 소재 및 코팅 분리판의 접촉저항 값은 아래의 Table 1에 정리되어 있다.

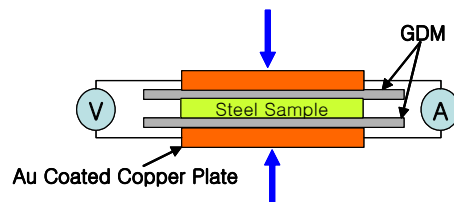


Fig. 1 Test Assembly of interfacial contact resistance

Table 1 분리판 소재에 따른 접촉저항

	흑연	SUS 316	개발분리판
접촉저항 ($m\Omega \cdot cm^2$)	12	74.75	16

3. 수치해석 모델

각각의 접촉저항에 따른 성능 변화를 살펴보기 위하여 아래의 Fig.2와 같이 3차원 해석격자를 제작, 계산을 수행하였다. 해석격자의 형상은 실험에 사용된 분리판의 치수를 참조하여 제작되었으며 세부적인 수치 및 주요 물성들은 Table.2에 같이 나타내었다.

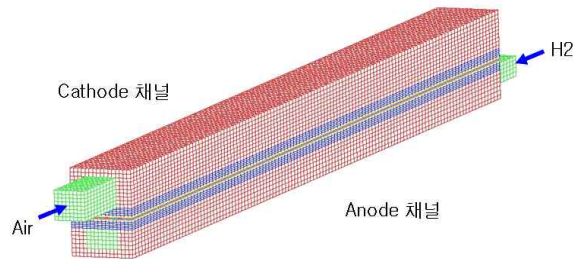


Fig. 2 해석영역의 격자 형상

모델링된 연료전지의 해석을 위하여 상용 유동해석 프로그램인 Fluent V6.3의 연료전지 해석 모듈을 사용하여 각 case의 I-V curve를 구하였다. 연료전지 성능해석을 위해 본 계산에서는 Gore membrane의 적용을 가정하여 Gore membrane의 특성을 반영하였으며, GDL의 경우 SGL사의 10BB 모델의 물성을 적용하였다.

4. 결과

3.1 접촉저항 효과

접촉저항이 성능에 미치는 영향을 보기위하여 접촉저항이 0일 때를 기준으로 하여 흑연 및 SUS316L의 접촉 저항값을 적용하여 전체적인 성능곡선을 구하였다.

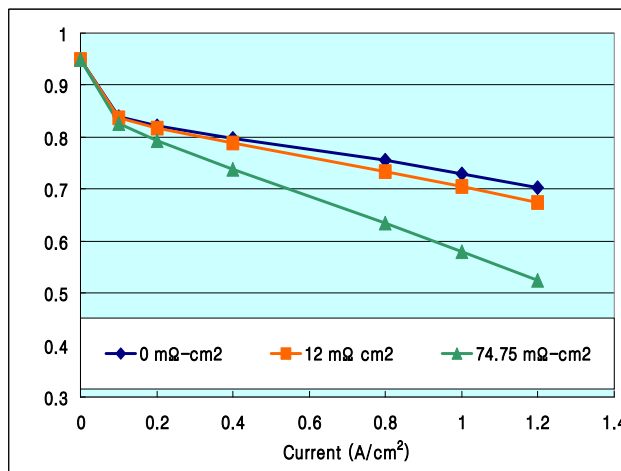


Fig. 3 접촉저항에 따른 성능곡선

성능해석 결과를 보면 접촉저항이 증가할수록 연료전지의 성능은 크게 감소하는 것으로 나타났는데 평균 전류밀도가 1.2A/cm²일 때 각 case별 전압을 Table 3에 정리하여 보았다. 접촉저항의 경우 12에서 74.75로 6배증가하는 동안 연료전지 성능은 0.7032에서 0.5236으로 약 25% 가량 감소하는 것을 알 수 있다. 이때 case2와 case3의 Cathode 단면 전압분포를 살펴보면 case2의 경우 GDL과 분리판 사이의 전압의 강하가 0.7V에서 0.67V로 크지 않으나 case3의 경우 약 0.62V에서 0.52V로 약 0.1V가까이 전압이 낮아지는 것을 볼 수 있다. 따라서 흑연의 경우 낮은 접촉저항으로 연료전지의 성능에 크게 영향을 주지 않을 것으로 판단되지만 금속의 경우 높은 접촉저항으로 낮은 성능을 보일 것으로 예측된다.

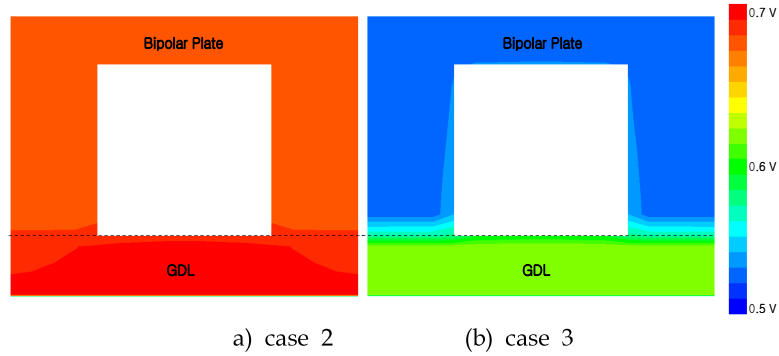


Fig. 4 접촉저항에 따른 전압분포도

5. 결론

본 연구에서는 분리판의 접촉저항 및 GDL의 전기전도도가 연료전지의 성능에 미치는 영향에 대하여 시뮬레이션을 통하여 분석해 보았다. 시뮬레이션 결과 GDL의 전기전도도 변화보다 분리판의 접촉저항의 변화에 의한 성능저하의 폭이 훨씬 큰 것으로 나타났다. 따라서 접촉저항이 흑연보다 높은 금속계 분리판을 연료전지에 적용하고자 할 경우 접촉저항을 낮추기 위한 적절한 코팅기술에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Hyunchul Ju, Hua Meng, Chao-Yang Wang , "A single-phase, non-isothermal model for PEM fuel cells," International J. of HEAT and MASS TRANSFER, Vo1. 48, No. 7, pp. 1303-1315, 2005.
2. Hyunchul Ju, Chao-Yang Wang Hong, Simon Cleghorn, Uwe Beuscher, 2005, "Nonisothermal Modeling of Polymer Electrolyte Fuel Cells I. Experimental Validation," J. of The Electrochemical Society, Vo1. 152, No. 8, pp. A1645-1653, 2005.
3. Hua Meng, Chao-Yang Wang, 2004, "Large-scale simulation of polymer electrolyte fuel cells by parallel computing," Chemical Engineering Science, Vo1. 59, No. 16, pp. 3331-3343, 2004.
4. S. Shimpalee, S. Dutta, J. W. Van Zee, 2000, "Numerical Prediction of Local Temperature and Current Density in a PEM Fuel Cell," 2000IMECE, pp. 2-6-3-2, 2000.
5. T. Zawodzinski, John Dvey, Judith Valerio ,S. Gottesfeld, "The water content dependence of electro-osmotig drag in proton-conducting polymer electrolytes," Electrochimica Acta, Vo1. 40, No. 3, pp. 297-302, 1994.
6. Xinhuai Ye, Chao-Yang Wang, "Measurement of water Transport Properties Through Membrane-Electrode Assemblies," J. of The Electrochemical Society, Vo1. 154, No. 7, pp. B676-B682, 2007.