

DMFC에서 온도 및 유량이 성능에 미치는 영향에 관한 연구

*김 홍건¹⁾, **곽 이구²⁾, 강 영우³⁾, 김 태진⁴⁾, 곽 상희⁵⁾, 안 계혁⁶⁾, 박 경세⁷⁾

A Study on the Effects of Temperature and Flow Rate for DMFC Performance

*Honggun Kim, **Leeku Kwac, Youngwoo Kang, Taejin Kim, Sanghee Kwak, Kayhyeok An, Gyungse Park

Key words : DMFC(직접메탄올연료전지), I-V characteristics(I-V 성능), Methanol rate(메탄올 유량), MEA(막-전극 집합체), Fuel cell(연료전지)

Abstract : 직접메탄올형 연료전지(Direct Methanol Fuel Cell)는 휴대용으로 사용할 수 있는 소형 전원용으로 주로 개발되고 있으며, 다양한 용도로 사용이 가능하다. 하지만 직접메탄올연료전지에서 전해질로 많이 쓰이는 Nafion막은 이를 통한 메탄올 크로스오버(Crossover) 때문에 연료전지의 성능을 제한시키고 있다. 본 연구에서는 Nafion 117를 사용하여 전극 면적 100cm²의 DMFC용 MEA를 제작하고, 공기 유량을 3ml/min으로 고정하고, 메탄올 유량을 2,3 ml/min로 각각 공기극과 연료극에 공급하여 온도변화(50,60,70,80℃)에 따른 성능을 확인하였다. DMFC의 적당 반응 온도는 70℃로 생각되고, 유량은 메탄올 2ml/min, 공기 3ml/min유량 공급시 성능이 높게 나오는 결과를 얻으나 일정시간 지나면 성능이 메탄올 3ml/min, 공기 3ml/min유량 공급시 보다 성능이 떨어지는 현상이 일어나기 때문에 70℃ 반응온도에 메탄올 3ml/min, 공기 3ml/min의 유량 공급이 본 논문에서 최적화된 성능을 내는 조건으로 사료된다.

subscript

DMFC : direct methanol fuel cell
MEA: membrane electrode assembly

1. 서론

연료전지는 화력발전과 수력발전의 중간 정도의 효율을 가지고 있는 발전 방법으로 전기화학 반응에 의하여 연료가 갖고 있는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 발전 장치이다. 이는 기존 발전방식의 발전효율(석유 34-40%, 원자력 30-35%)보다 우수한 효율을 갖는 발전방식이다. 또한 소음 및 공해 배출이 매우 적은 이점을 갖는 새로운 형태의 발전방식이다.

연료전지 기술은 미국의 경우 1960년대부터 정부 주도로 연료전지 개발 사업을 진행해 왔으

며, 일본의 경우, 1980년부터 본격적인 연료전지 개발을 정부 및 민간 합동으로 추진하여 발전용,

- 1) 전주대학교 기계자동차공학과
E-mail : hkim@jj.ac.kr
Tel : (063)220-2613 Fax : (063)220-2959
- 2) 전주대학교 기계자동차공학과
E-mail : kwac29@jj.ac.kr
Tel : (063)220-3063 Fax : (063)220-2959
- 3) 전주대학교 메카트로닉스공학과
E-mail : allrak@naver.com
Tel : (063)226-0971 Fax : (063)220-2959
- 4) (주)전북테크노파크 연료전지핵심기술연구센터
E-mail : tjkim1708@hotmail.com
Tel : (063)714-3399 Fax : (063)714-3390
- 5) (주)전북테크노파크 연료전지핵심기술연구센터
E-mail : shkwak@fuelcell.re.kr
Tel : (063)714-3394 Fax : (063)714-3390
- 6) (재)전주탄소기술원
E-mail : khan@jmc.re.kr
Tel : (063)219-3700 Fax : (063)219-3719
- 7) 군산대학교 자연과학대학 화학과
E-mail : parkg@kunsan.ac.kr
Tel : (063)469-4572 Fax : (063)469-4571

전기자동차의 동력원으로 이미 실용화 단계에 있는 기술이다. 우리나라는 1980년대 중반부터 연료전지에 대한 기초연구를 실행해왔으나 선진국에 비해 연료전지 기술수준은 아직 기초단계에 머물러 있으며 연료전지 발전시스템의 기술개발을 위한 노력이 필요한 실정이다. 따라서, 연료전지의 핵심기술인 고성능 전극의 개발, 어셈블리 제조기술 등 연료전지기술을 확보하는 것이 필요하고 상용화를 위하여 수소 공급 인프라 구축 및 통합 기술에도 많은 관심을 가져야 한다.¹⁻³⁾

본 연구에서는 Nafion 117를 사용하여 전극면적 100cm²의 DMFC용 MEA를 제작하고, 공기 유량을 3ml/min으로 고정하고, 메탄올 유량을 2,3 ml/min로 각각 공기극과 연료극에 공급하여 온도 변화(50,60,70,80℃)에 따른 성능을 확인하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용되는 전해질 막은 Du Pont사의 시판용 Nafion[®] 막으로 DMFC의 메탄올크로스오버현상을 최소화하기 위하여 Nafion[®] 117을 사용하였으며 손상을 방지하기 위하여 나트륨염의 형태로 공급된다. 따라서 실제로 사용하기 위해서는 나트륨 염으로 공급되는 Nafion[®] 형태를 양 이온을 갖는 양성자의 형태로 변환하여야 하고 이를 위해서 전해질 막의 전처리가 필요하다. DMFC Single Cell을 제작하기 위하여 일반적인 MEA제조 방법을 사용 하였다⁴⁾.

먼저 전극은 면적 100cm²으로 일반적으로 사용하는 Toray사의 carbon paper(TGP-H-090)를 사용하지 않고, 두께가 좀더 얇은 TGP-H-060를 사용하였는데, anode의 CO²와 cathode의 수분을 원활히 배출하기 위해 carbon paper는 FEP 20wt%로 wet proofing 처리된 것을 선택하였다. Carbon paper의 물성은 표 1과 같다.

Table 1 A property of Toray carbon paper

	TGP-H-060	TGP-H-090
Thickness (mm)	0.19	0.28
Surface roughness(μm)	8	8
Gas permeability ml.mm/(cm ² hr.m mAq)	1900	1700
Tensile strength	50	70

Diffusion layer를 형성하기 위해 vulcan (XC-72R)와 PTFE(PTFE 30 emulsion)을 85:15의

비로 섞은 후 알콜류 용매를 더하고 초음파 분쇄기를 이용하여 슬러리를 형성하였다. 형성된 슬러리는 브러싱법을 이용하여 carbon paper위에 약 4 mg/cm² 정도를 Brushing하였다. 상온에서 12시간 건조 후 diffusion layer를 더 조밀한 구조로 만들기 위해 350℃에서 15분간 소결과정을 거쳤다. 촉매로는 anode에 Pt/Ru black(E-Tek)을 cathode에는 Pt black(E-Tek) 상용 촉매를 사용하였고, 촉매 slurry는 촉매에 nafion solution과 알콜류 용매를 초음파 분쇄기를 이용하여 만들었다. 또한 MEA 제작 시 고분자 전해질막(nafion 117)과 접착력을 증가시키고 cell 작동 시 H⁺의 전달을 원활히 하기위해 촉매층 위에 nafion ionomer 층을 형성하였다.

전처리한 전해질막과 전극을 촉매가 도포된 연료극과 공기극의 전극 사이에 전처리된 전해질막을 놓고 hot press에서 135℃에서 10분간 100Kgr/cm²의 압력으로 가열압축(hot pressing)하여 MEA를 제조한다. 열간 압력 후 유압 밸브를 풀어서 압력을 제거 한 후 자연 냉각을 시킨다. 바이폴라 판(bipolar plate)의 제작은 단위전지를 적층시켜 용량을 확대하기 위해서는 단위전지 사이의 가스 혼합을 방지하고 전기적 회로의 연결을 위하여 판을 사용한다. Fig 1은 MEA 제작 절차를 나타낸 것이다.

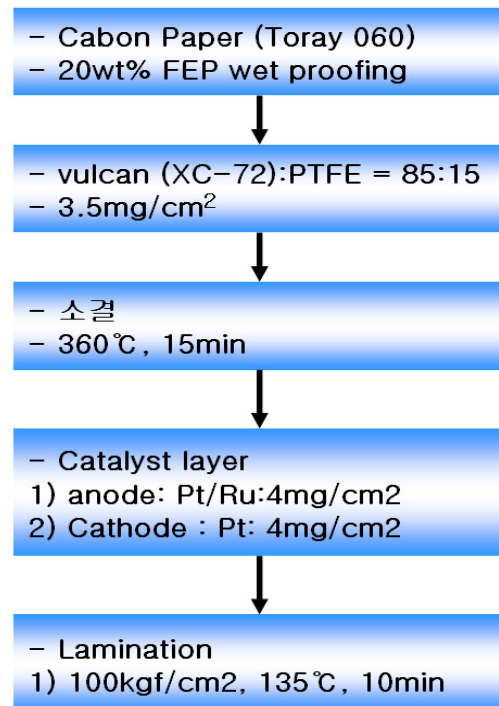


Fig. 1 MEA Manufacture Process

위와 같이 제작된 막-전극접합체(MEA)는 다음 Fig 1.와 같은 절차를 통하여 제작하였으며, 단 전지의 성능 시험장치는 FCT - TS300 (Fuel Cell Tech.inc)으로 전기부하는 300W (10V/100A)이며 액체 연료펌프는 0.3~30 mL/min이다^{5,6)}. 또한 공기펌프는 200 l/min의 성능을 가진 시험 장치로 본 실험에서는 2, 3 ml/min 로 메탄올의 유입시키고, 산소는 3 ml/min로 유입하여 온도조건의 변화에 따라 실험한다. 본 연구에서는 제작된 MEA의 단위 전지 특성을 알아보기 위해 Fig. 2와 같이 단위 전지 측정 장치를 구성하였다. 유로는 흑연(graphite) 재질을 사용하였고 end plate는 알루미늄을 써서 절연을 하였다. MEA와 유로, 유로와 end plate 사이에 각각 gasket을 두어 연료가 새는 것을 막았고 보다 안정한 구조를 형성할 수 있었다. 체결토크는 25 kgf·cm으로 일정하게 유지하였다.

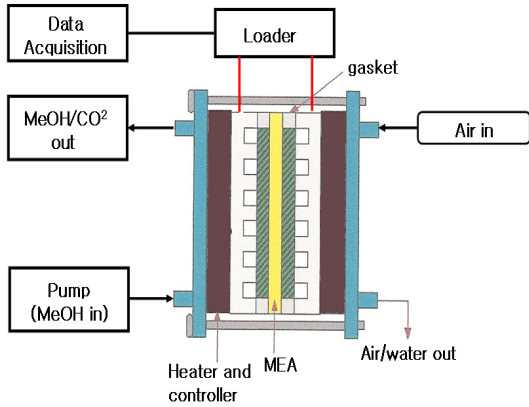


Fig. 2 Schematic of Test Configuration of Single Fuel Cell



Fig. 3 DMFC Test-Station

3. 실험 결과 및 고찰

제작된 Single cell을 50, 60, 70, 80°C에서 유량 변화에 따른 성능을 살펴보았다. anode 부분에 메탄올 1M을 2,3ml/min로 공급하였고, cathode 부분에는 공기를 3ml/min로 공급하였다. 50°C 초기에 성능 곡선이 불안정 하게 나오는 현상은 메탄올의 일반적인 반응 온도(70°C) 보다 낮은 온도에서 충분한 위밍업이 이뤄지지 못하고 메탄올 유량이 3ml/min일 때가 2ml/min일 때보다 크로스오버 현상이 더 많이 일어나 성능곡선이 불안정 하게 나오는 결과를 얻었다. 50°C 일 때 Fig. 4에서 보는 것처럼 power density가 메탄올 3ml/min일 때가 2ml/min 유량으로 공급 할 때 보다 약 10% 정도 성능이 높게 나오고 있는 것을 알 수 있다. 60°C 와 80°C일 때도 마찬가지로 약 10% 정도의 성능이 높게 나오고 있다.

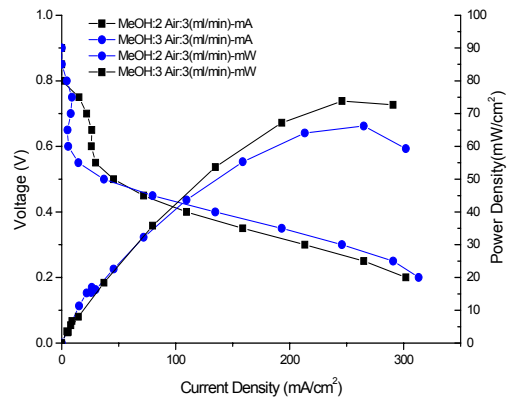


Fig. 4 V-I performance curve of DMFC (50°C)

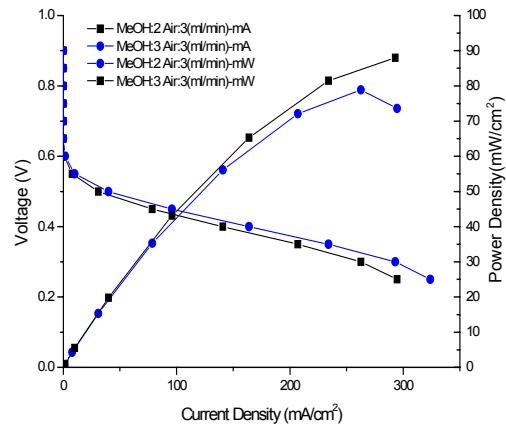


Fig. 5 V-I performance curve of DMFC (60°C)

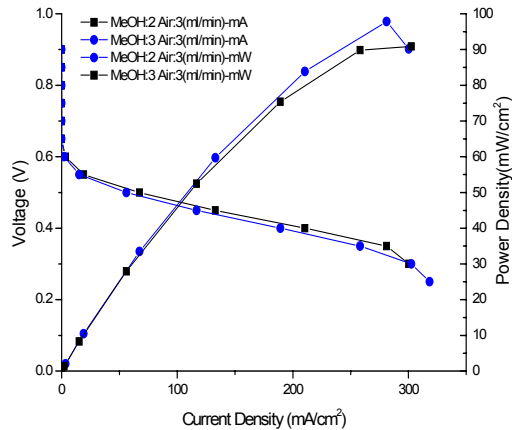


Fig. 6 V-I performance curve of DMFC (70°C)

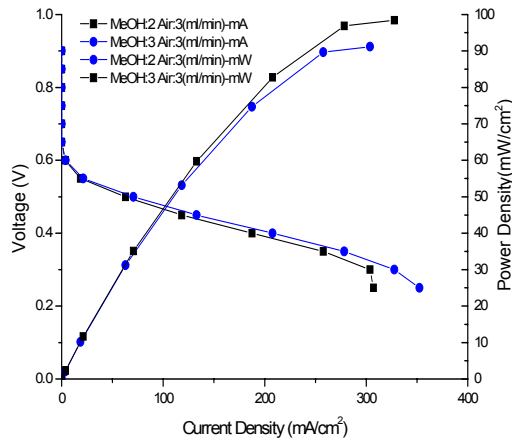


Fig. 7 V-I performance curve of DMFC (80°C)

하지만 70°C일 때 메탄올 3ml/min, 공기 3ml/min로 공급할 때가 메탄올 2ml/min, 공기 3ml/min로 공급할 때보다 성능이 떨어지는 현상이 나오는 것은 DMFC의 최적의 작동온도가 70-75°C에서 메탄올 유량이 적을수록 메탄올 cross-over 현상이 적게 일어나서 성능이 높게 나오는 것으로 판단된다.

4. 결론

DMFC 연료전지에 유량과 온도가 미치는 영향은 DMFC의 작동온도가 10°C씩 올라갈 때마다 power density가 약 10mW/cm²씩 올라가는 결과를 얻었고, 공기의 유량이 일정할 때 메탄올의 유량이 증가 시 약 10% 정도 성능이 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 DMFC의 작동온도가 80°C일 때 성능이 70°C일 때와 성능이 향상되지 않고 비슷하게 나오는 것은 메탄올이 80°C에서 끓는 현상이 일어나기 때문에 연료전지 반응에 방해하여

성능 향상이 일어나지 않는 것으로 사료된다.

DMFC의 적당 반응 온도는 70°C로 생각되고, 유량은 메탄올 2ml/min, 공기 3ml/min 유량 공급 시가 성능이 높게 나오는 결과를 얻으나 일정 시간 지나면 성능이 메탄올 3ml/min, 공기 3ml/min 유량 공급 시 보다 성능이 떨어지는 현상이 일어나기 때문에 70°C 반응온도에 메탄올 3ml/min, 공기 3ml/min의 유량 공급이 본 논문에서 최적화된 성능을 내는 조건으로 사료된다.

후기

본 연구는 한국에너지자원기술 기획평가원의 핵심기술센터의 기술개발과제 및 신재생에너지기술 개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] 윤실, 정해상, 2007, " 연료전지의 활용", 전파과학사
- [2] James Larminie, Andrew Dicks, 2006, "Fuel Cell System Explained," John Wiley & Sons
- [3] A. Heinzl, V. M. Barragan, 1999. "A review of the state of the art of the methanol crossover in direct methanol fuel cell," J. Power Sources, 84., 70-74.
- [4] H. G. Kim, Y. S. Kim, H. Y. Kim, 2005, "Electric Voltage and Current Characteristics of Fuel Cell for Machine Tool Power Supply", *Journal of Korean Society for Machine Tool Engineers*, Vol.14, No.1, pp. 1~7.
- [5] Narayanan, S. and Surampudi, S., 1999, "Direct liquid-feed fuel cell with membrane electrolyte and manufacturing", US Patent 5,945,231, August 31
- [6] P. Argyropoulos, K. Scott, A. K. Shukla, C. Jackson, 2002, "Empirical Model Equations for the Direct Methanol Fuel Cell," *Fuel Cells*, 2, pp. 78-82