

외부온도가 수송용 메탄올연료전지 성능에 미치는 영향

*한 창화¹⁾, 최 지선¹⁾, 정 대승²⁾, 한 상훈³⁾, **이 중희^{1,2,3)}

Effects of environmental temperature on the performance of direct methanol fuel cell for vehicles

*Changhwa Han, Daeseung Jung, Jisun Choi, Sanghun Han, **Joonghee Lee

Abstract : The performance of direct methanol fuel cells is affected by operating conditions such as, methanol feeding temperatures, methanol concentrations, and methanol flow rates during the operation in different environmental conditions. In this study, effects of the environmental temperature on performance of direct methanol fuel cells have been investigated in order to test a applicability of direct methanol fuel cell to the vehicle. The environmental temperature (ET) was varied from -20°C to +30°C. The inside fuel cell temperature (CT) during test at various operating conditions was monitored and the performance of fuel cell was measured in the I-V polarization curve. With increasing the ET, the performance of the fuel cell was significantly improved and the CT also almost linearly increased. However, at below 0°C ET, the DMFC showed very poor performance and needed to control CT or methanol feeding temperature (MFT), methanol flow rate(MFR) to obtain enough power of the vehicle.

Key words : Direct methanol fuel cells(직접 메탄올 연료전지), operating conditions(운전 조건), methanol crossover(메탄올 크로스오버), environmental temperature(외부 온도), Cell temperature(전지 내부 온도)

subscrip

CT: cell temperature
ET : environmental temperature
MFT : methanol feeding temperature
MC : methanol concentration
MFR : methanol flow rate
MLR: multiple linear regression

1. 서론

직접 메탄올 연료전지는 메탄올 수용액을 연료로 사용하여 저장과 취급이 용이하며, 연료 개질을 위한 부가 장치가 요구되지 않아 휴대 발전용으로 많은 연구가 이루어지고 있다¹⁾. 그러나 DMFC는 느린 전기 화학 반응과 메탄올 크로스오버 등의 문제로 출력 효율이 높지 않다는 단점이 있어 사용 범위가 제한된다. 따라서 많은 연구자들은 고출력 DMFC stack을 개발하여 응용 범위를 넓히고자 많은 연구가 이루어지고 있었다. 이때, 고출력 stack은 연료 공급을 위한 부가 장치가 요구되며, 이 시스템은 연료 공급 탱크, 열교환기

그리고 연료 공급 펌프 등을 제어 한다²⁾.

본 시스템을 개발하기 위한 연구는 오래 전부터 이루어져 왔으며, 직접 연료전지 메탄올의 상용화를 위해 개선되어 왔다.

최근에는 연료 공급 제어 시스템 및 고출력 stack을 이용한 소형 카트용 연료전지 시스템 개발이 이루어졌으며, 상업화에 한발 다가섰다고 할 수 있다. 이때, 하이브리드 스쿠터는 다양한 외부 환경에 영향을 받아 운전 될 것이다. 하지만, 직접 메탄올 연료 전지의 셀 온도는 외부 환경(온도)에 따라 그리고 전지 성능은 운전 조건들, 메탄올 공급 온도, 메탄올 농도, 메탄올 유속의 변화에 따라 다르다. 따라서 연료전지는 다양한 외부 환경에서 운전 될 때, 원활한 운전을 위해 요구되는 운전

-
- 1) 전북대 수소연료전지 공학과
E-mail : phoenix4@nate.com
Tel : (063)270-4680 Fax : (063)270-4681
 - 2) 연료전지 핵심기술 연구센터
E-mail : dsjung@fuelcell.re.kr
Tel : (063)714-3396 Fax : (063)714-3390
 - 3) 전북대학교 BIN 융합 공학과, 고분자 나노공학과
E-mail : jhl@chonbuk.ac.kr
Tel : (063)270-4680 Fax : (063)270-4681

조건들은 연구되어야 한다.

본 연구는 다양한 외부 온도(챔버 온도) -20°C , -10°C , 0°C , 10°C , 30°C 에서 변하는 전지 성능을 평가하고 이에 따른 원활한 운전을 위해 요구되는 조건을 찾고자 수행하였다.

2. 실험

다양한 외부 환경에서 연료전지는 운전 될 것이다. 따라서 온도 변화에 따라 변화하는 성능을 확인하기 위해 본 실험 장치는 구성 되었다.

2.1 셀 제작

5 셀은 Johnson & Matthy에서 구입한 MEA를 구입하여 제작하였다. Anode에 carbon-supported Pt-Ru (loading $4\text{mg}/\text{cm}^2$)과 cathode에 Pt (loading $2\text{mg}/\text{cm}^2$) catalyst를 사용한 Nafion® 115로 구성되어 있다. GDL은 Toray에서 구입한 TGP-H-060을 전극으로 사용하였다. 각 셀의 활성 전극 면적은 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 이고 Five-cells의 성능은 상온 대기압에서 1.0M methanol, air가 각각 화학양론적 비 2.5, 3로 공급되어 $90\text{mA}/\text{cm}^2$ -18W를 얻었다. 이때, 셀 온도는 60°C 이다. 스택은 aluminum end plates and gold-coated copper plates를 구성하여 조립되었다. 구성된 5셀 스택은 Figure. 1의 그림과 같다.



Fig. 1. The photograph of the direct methanol fuel cell composed of five stacks

2.2 실험 장치 및 성능 평가

2.2.1 실험 장치

준비된 5-셀은 환경 온도 챔버(C4-180 WEISS) 내부에 위치되어 외부 온도에 영향을 받는다. 메탄올은 외부에서 일정 온도를 유지하여 내부로

공급되고 외부 온도 영향으로 공급되었다. 공기는 상온에서 공급하였으며 외부 온도에 영향을 받는다³⁾.

사용된 챔버 체적은 $450 \times 850 \times 580 \text{ mm}$ 이고, 통제 가능 온도는 -40°C 부터 180°C 까지이다. 외부 온도가 영하로 떨어질 때, cathode에서 배출되는 물의 얼음을 방지하기 위해 배출 라인에 단열재를 사용하였다.

2.2.2 성능 평가

전지 성능을 알아보기 위해 스테이션 1004(P&P Energy Technology)은 사용되었다. 환경 챔버 내부에서 외부로 회로는 연결되어 I-V를 측정하였다.

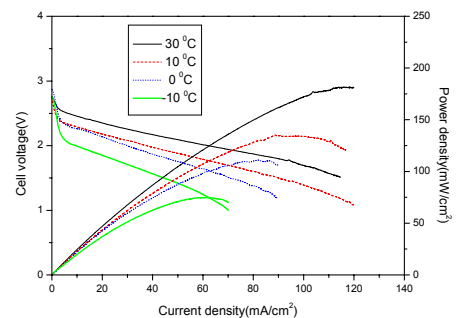
3. 결과 및 토의

5셀 스택에 최적 운전 조건을 찾고 외부 온도 조건에 따른 성능 변화를 관찰하였다. 이때, 외부 온도가 성능에 영향을 미치는 인자를 찾고 다양한 외부 온도에 따라 원활한 운전을 위해 시스템을 최적화 하고자 하였다.

3.1 외부 온도에 따른 성능 및 변화

Fig. 4는 Fig. 3에서 확인한 운전 조건, 1.0M 메탄올 화학양론적 비 2.5를 70°C 로 공급하여 외부 온도 조건 -10°C 부터 40°C 까지 전지 성능을 평가한 것이다.

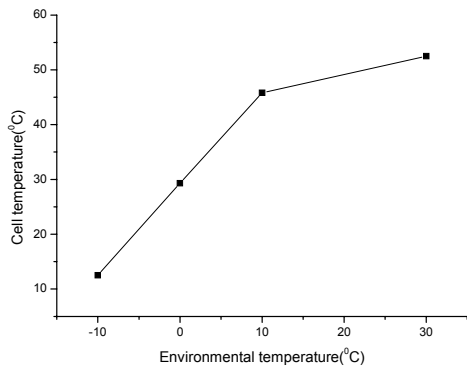
외부 온도가 떨어짐에 따라 activation loss는 증가하여 전압 감소가 증가한다. 따라서 외부 온도 -10°C 에서 최대 $60\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류 밀도를 얻는다.



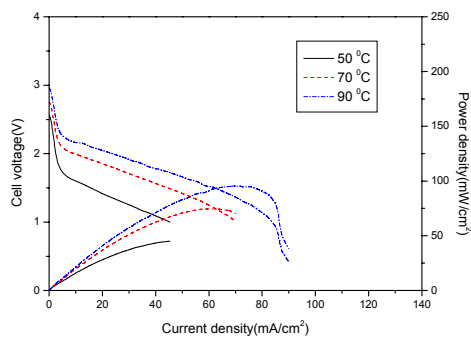
3.2 외부 온도에 따른 내부 온도 변화

3.3 운전 조건에 따른 성능 변화

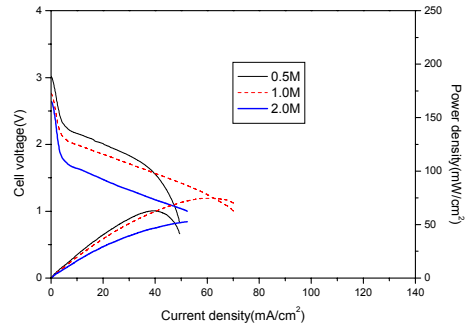
Fig. 3는 메탄올 온도, 농도, 유속 변화에 따른



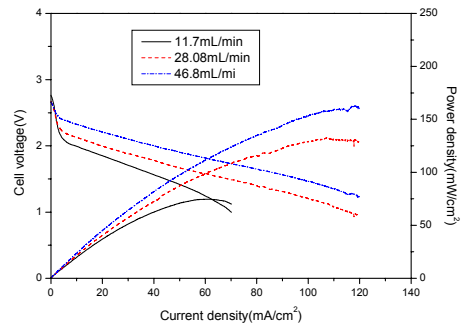
5셀 스택의 I-V CURVE를 나타낸다. 일반적으로 저온 연료전지는 상온 하 1.0M, 화학양론적 비 2.5, 50~70°C에서 전기화학 반응이 활발히 일어난다⁴⁾. 따라서 Fig. 3(a)에서 1.0M 농도 화학양론적 비(λ) 2.5(11.7mL/min)로 공급하여 온도를 50부터 90°C까지 20°C씩 증가시켜 I-V CURVE를 나타냈다. 부하가 증가하면서 50°C, 70°C에서 전압 변화는 크지 않으나 90°C에서 다소 차이를 나타낸다. 하지만 전류밀도 120mA/cm²에서 공급 온도 70°C, 90°C의 차이는 크지 않다. Fig. 3(b)는 λ 2.5(11.7mL/min)에서 메탄올 0.5, 1.0, 2.0M 농도를 변화시켜 평가한 I-V CURVE이다. 저농도 0.5M에서 부하가 증가함에 따라 전류밀도 60mA/cm² 이상 증가 할 때, mass transport loss는 증가하면 최대 출력 밀도는 135mW/cm²를 나타낸다. 고농도 2.0M에서는 저농도 메탄올과 비교하여 mass transport loss는 일어나지 않으나, OCV(Open Circuit Voltage)가 0.5, 1.0M 농도보다 낮다. Fig. 3(c)는 1.0M 메탄올을 70°C로 공급한 화학양론적 비(λ) 2.5, 5, 10, 각각 11.7mL/min, 28.08mL/min, 46.8mL/min의 I-V CURVE를 나타낸 것이다. 유속의 증가에 따라 activation loss는 줄어들고 mass transport loss 또한 감소한다. 하지만 28.08mL/min 이상으로 갔을 때, 46.8mL/min와 큰 차이는 나타나지 않는다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 3 Effect of operating conditions, such as methanol feeding temperatures (MFT), methanol concentrations (MC), and methanol flow rates (MFR) on the performances of a 5-stacked DMFC

3.4 운전 조건에 따른 내부 온도 변화

Fig. 4로부터 전지 성능은 온도에 따라 다를 수 있다. Fig. 5는 외부 온도와 메탄올 온도, 농도 그리고 유속에 따른 전지 내부 온도를 나타낸 것이다. 본 결과로 운전 조건 변화에 따라 전지 내부 온도가 비례한다는 것을 확인할 수 있다.

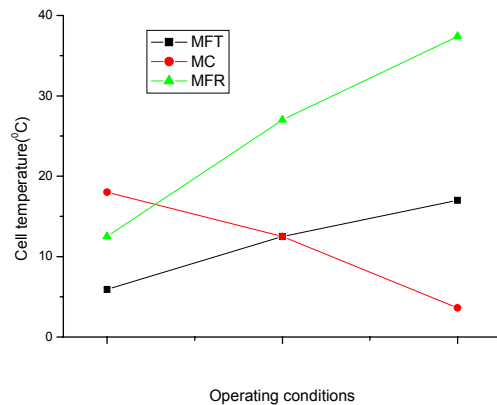


Fig. 7. Effect of operating conditions, such as environmental temperatures (ET), methanol feeding temperatures (MFT), methanol concentrations (MC), and methanol flow rates (MFR) on the cell temperatures (CT)

4. 결 론

연료전지가 수송용으로 운전될 때, 외부 온도가 미치는 영향을 알아보기 위해 실험하였다.

1) 최적 운전 조건을 확인하기 위해 메탄올 공급 온도, 농도 그리고 유속을 변화 시켜 전지 성능을 확인하였다.

2) 일정한 운전 조건 하에 외부 온도 변화에 의한 전지 성능을 관찰하였다.

3) 전지 성능은 운전 조건과 외부 온도에 있어 전지 내부 온도에 영향 때문인 것을 확인하였다.

4) 운전 조건, 메탄올 공급 온도, 농도 그리고 유속과 외부 온도의 대한 열적 관계식을 형성하여 이론적 DATA를 확보하여 실제 값과 비교 분석하였다.

다양한 외부 조건 하에서 연료전지의 원활한 운전을 위해 요구되는 조건을 외부 온도와 운전 조건에 관한 열적 관계식을 유도함으로써 이해할 수 있었다.

후 기

본 과제의 결과물은 교육과학기술부의 국가지정 우주 연구실(NSL)사업(S108A01003210)과 World Class University(WCU)사업(R31-20029)지원의 연구 결과입니다.

References

- [1] Y.H. Pan., 2008, "Advanced air-breathing direct methanol fuel cells for portable applications", J. Power Sources 161 (2006) 282-289.
- [2] S.V. Andrian, J. Meusinger., 2000, "Process analysis of a liquid-feed direct methanol fuel cell system", J. Power Sources, 91 (2000) 193-201.
- [3] R. Jiang, C. Rong, D. Chu, "Determination of energy efficiency for a direct methanol fuel cell stack by a fuel circulation method", J. Power Sources 126 (2004) 119-124.
- [4] D.H. Jung, C.H. Lee, C.S. Kim, D.R. Shin., 1998, "Performance of a direct methanol polymer electrolyte fuel cell", J. Power Sources 71 (1998) 169 - 173.
- [5] H. Zhang, X. Qu, H. Ando, A simple method for reaction rate prediction of ester hydrolysis, Journal of Molecular Structure 725 (2005) 31-37.