

수동급기 직접 메탄올 연료전지의 유로에 따른 성능 평가

장 익황¹⁾, 하 승범²⁾, 차 석원²⁾

Performance evaluation by flow channel effect for a passive air-breathing Direct Methanol Fuel Cell

Ikwhang Chang, Seungbum Ha, Suk Won Cha

Key words : Direct Methanol Fuel Cell(직접 메탄올 연료전지) Passive(수동), Air-Breathing(자기호흡), Flow Channel(유로)

Abstract : This paper presents a passive air-breathing direct methanol fuel cell (DMFC) which has been designed and tested. The single cell is fuelled by methanol vapor that is supplied through flow channel from a methanol reservoir at the anode, and the oxygen is supplied via natural air-breathing at the cathode. The methods for supplying the methanol vapor to the single cell were parallel channel and chamber. This research investigates various methods to identify the effects of using flow channels for providing the methanol vapor at the anode, and the opening ratio between the inlet and outlet ports for the methanol flow at the anode. The best flow channel condition for passive DMFC was a chamber, and the opening ratio was 0.8. Under these conditions, the peak power was $10.2\text{mW}/\text{cm}^2$ at room temperature and ambient pressure. The key issues for the Passive DMFCs for using methanol vapor are that sufficient methanol needs to be supplied using a large as possible opening ratio. However, it is shown that the performance of the passive DMFC, which has a channel at the anode, is low due to the low differential pressure and insufficient methanol supply rate.

1. 서론

직접 메탄올 연료전지는 노트북, 셀룰러 폰, PDA와 같은 모바일 기기에 미래의 휴대용 전원으로 사용이 가능한 가장 유망한 연료전지 시스템 중 하나이다. 직접 메탄올 연료전지의 장점은 높은 에너지 밀도, 편리한 저장성, 낮은 작동온도^{1,2)} 등이다. 그러나 직접 메탄올 연료전지 성능을 높이는데 필요한 많은 문제점과 기술적인 장벽이 있다. 이러한 것들은 메탄올 크로스오버, 높은 촉매 함유량, 낮은 전류 밀도³⁻⁵⁾이다. 메탄올 크로스오버는 반응하지 못한 메탄올이 Cathode로 바로 넘어가서 전류를 생산하지 못하고 전위차를 줄이는 현상을 말한다.⁶⁾ 뿐만 아니라 메탄올은 촉매의 효과를 줄이고 셀의 성능을 낮추게 하는 역할도 한다. 일반적으로 연료 전지 내에서 연료를 공급하는 방식으로 두 가지 있는데 능동형과 수동형으로 나누어진다. 능동형은 전극의 GDL로 산소와 연료를 공급하기 위한 펌프와 블로어와

같은 보조 장치를 필요로 한다. 반면 수동형 시스템은 연료나 산소를 공급하기 위한 추가적인 보조 장치를 요구하지 않는다. 그러므로 수동형 연료전지는 전체부피를 최소화 시킬 수 있고 기생전류를 줄일 수 있는 장점을 지닌다.

그러나 수동형 연료전지의 다양한 장점에도 불구하고 아직은 낮고 불안정한 성능으로 인해 실제 제품에 적용이 어렵게 하고 있다. 수동형 직접 메탄올 연료전지에 대한 연구는 메탄올과 물의 농도에 따른 성능 연구⁷⁾와 시스템의 설계에

-
- 1) 서울대학교 협동과정 자동차공학과
E-mail : Ikwhang.Chang@gmail.com
Tel : (02)880-8050 Fax : (02)880-1696
 - 2) 서울대학교 기계공학과
E-mail : with2you@snu.ac.kr
Tel : (02)880-8050 Fax : (02)880-1696
 - 3) 서울대학교 기계공학과
E-mail : swcha@snu.ac.kr
Tel : (02)880-1700 Fax : (02)880-1696

관한 연구가 주로 진행 되어 왔다. 메탄올과 물을 혼합 용액 상태로 공급하는수동급기 직접 메탄올 연료전지의 최적 농도는 5몰로 보고 되었고 7) 기상의 메탄올을 자연 대류로 공급했을 때 성능은 20~30mW/cm²에 도달했다.⁸⁾

아래의 도식은 이번에 설계된 Jig의 연료 공급부와 MEA, 유로의 위치를 나타내고 있다. 이 시스템의 특징은 메탄올이 액상으로 Reservoir로 공급되고 잠시 동안 메탄올이 저장 된 후 기화되는 메탄올 기체가 Anode측 이동하여 반응에 필요한 연료가 된다. 여기에 필요한 물은 Cathode측에서 생성된 물을 Back-Diffusion을 통해 재사용하게 된다. 이 시스템은 연료 공급은 Syringe 펌프를 통해 일정한 속도로 공급된다. 과급율은 약 8이다.

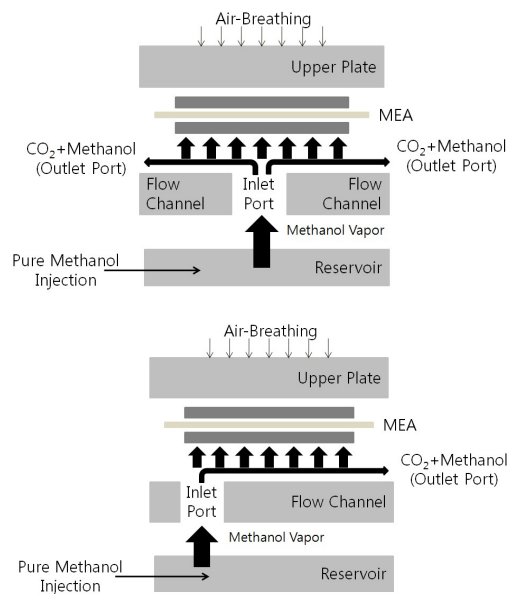


Fig.1. Schematic of Passive DMFC fuelled by methanol vapor from a reservoir to the MEA. (a)Central inlet (b) Partial inlet

2. 실험 방법

2.1 스택 설계

Jig는 메탄올을 일시적으로 저장하는 Reservoir, 유로 그리고 Cathode 측 Plate로 구성되고 이 Jig의 전체 치수는 60mm×60mm×20mm이다. Reservoir의 내부 부피는 2.45cm³이고 외부 메탄올 Syringe 펌프에 의해서 0.4ml/h 속도로 공급된다. 유로의 종류는 Parallel, Chamber로 구성되어 있으며 메탄올이 Reservoir로 공급된 상태에서 기화를 통해 MEA로 공급된다.

2.2 MEA

MEA의 크기는 30mm×80mm이다. PtRu black과 Pt black이 anode와 cathode 양쪽의 촉매로 사용되었으며 촉매 함유량은 각각 8mg/cm²이다. Anode측은 4-5nm의 실리콘 파티클과 PVDF를 Anode측에 전처리 하였으며 Cathode측에는 카본 파티클과 PTFE로 전처리 하였다. 전해질과 GDL 사이에는 격자 구조의 Current Collector를 넣었으며 MEA의 전체의 두께는 1mm정도 있다.⁹⁾

2.3 Upper Plate

Upper Plate설계의 중요한 이슈는 Cathode측 자기호흡을 위한 면적의 비율과 내부 형상의 타입이다. 수동형 연료전지의 최적의 조건은 사각형 형식의 71%로 알려져 있다.¹⁰⁾ 이에 따라 사각형 형식으로 MEA 노출 면적이 전체의 68%로 설계했다.

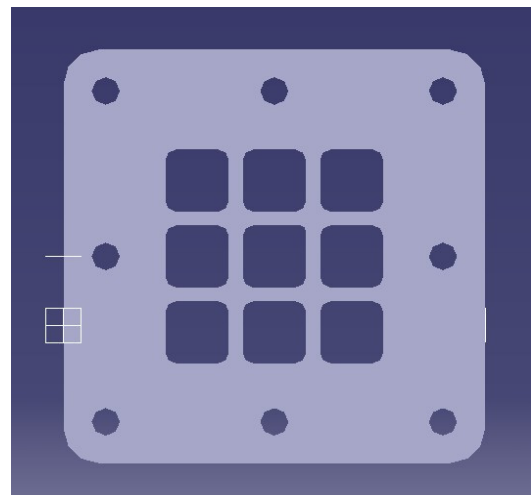


Fig.2. Upper plate design for air-breathing in cathode

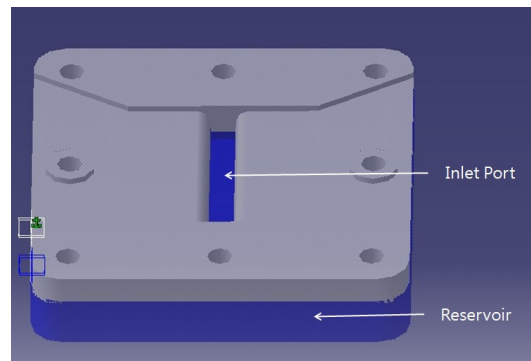


Fig.3. Schematic of chamber type with central inlet

2.4 유로 설계

유로는 Parallel과 Chamber 타입으로 크게 두 가지로 나뉜다. 유로의 깊이는 1mm로 동일하게 했으며 유로사이의 간격은 1mm/2mm로 다르게 제작했다. 연료를 공급하기 위한 차압이 충분치 않기에 Interdigitated와 Serpentine 타입은 적용하지 않았다.

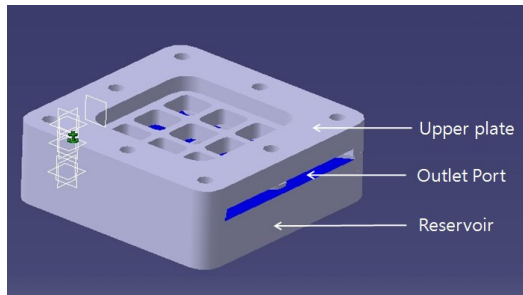


Fig.4. Position details of inlet and outlet:
(a)Outlet port (b)Inlet port

2.5 개스킷

메탄올 기체의 누출과 촉매의 산화를 막기 위해서 MEA와 공기 층의 분리가 중요한 문제이다.⁹⁾ 개스킷 재료와 MEA의 체결력은 Ohmic loss에 직접적인 영향을 주기에 적절한 개스킷 재료와 두께를 선정하는 것은 매우 중요한 이슈이다. 테플론 시트로 양쪽에 230 μm 로 제작하였으며 각 볼트 당 체결력은 12kgf·cm로 하였다.

3. 결과

셀은 Potentiostat모드로 0.35V로 해서 24시간동안 성능 측정하였다. 개회로 전압(OCV)은 30분내외에서 정상상태에 도달 하였다. 측정 장비는 Solartron 1287이다.

3.1 유로에 따른 성능 변화

Fig.6는 다른 유로의 형상에 따른 성능의 비교 그래프이다. Parallel(2mm), Parallel(1mm), Chamber 형상을 바탕으로 OCV 측정한지 30분 정도이내에 유로 형상에 상관없이 0.46V에 도달했다. 능동형 연료전지와는 달리 수동형은 연료가 Reservoir에 공급이 될지라도 Anode측으로 공급되기 위해서는 자연대류 형태로 공급되기 때문에 연료전지 Starting-Up이 매우 느리다. 뿐만 아니라 정상 상태의 OCV에 도달 이후에 안정된 전류밀도를 얻는 데는 훨씬 더 많은 시간이 걸린다. 유로 가운데 Chamber 형상이 가장 높은 성능 8.5mW/cm²에 도달 했다. 그러나 Parallel타입의 성능은 5.4mW/cm²이었다. 능동형 연료전지와는 달리 수동형 연료전지는 유로

내에서 차압은 거의 존재하지 않기 때문에 유로 내에 리브(Rib)영역은 메탄올이 확산 될 수 없기에 반응을 거의 하지 못한다. 이러한 이유로 수동형 연료전지는 차압이 존재해야만 하는 Parallel이나 Serpentine형식이 아니라 Chamber 형식이 가장 좋은 성능을 보인다. 그리고 Chamber보다는 Parallel 타입에서는 고전류 영역에서 메탄올 Mass Transfer 현상이 두드러지게 나타난다.

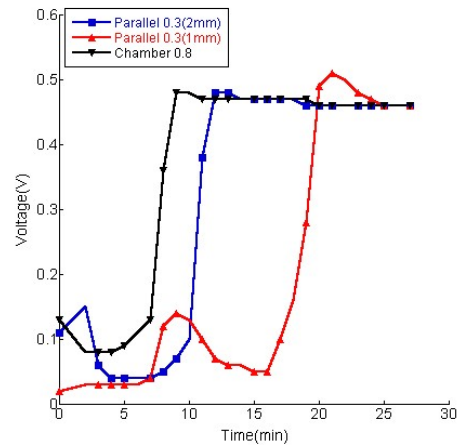


Fig.5. The open circuit voltage (OCV) and polarization curves in different channels: parallel channel(1mm), parallel channel(2mm) and chamber

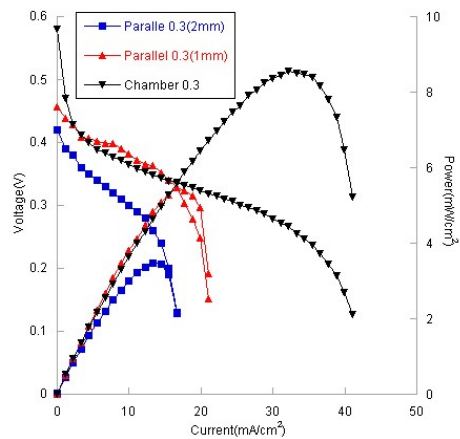


Fig.6. The performance comparison of the different flow channel

4. 결론

수동 급기 직접 메탄올 연료전지를 설계 및 성능 평가를 수행 하였다. 수동 급기 직접 메탄올 연료전지에 있어서 유로의 영향은 능동형과는 매우 다른 양상을 보였다. 수동 급기형 연료전지에서는 기상으로 메탄올이 공급될 때에 유

로와 Anode측에 연료 공급을 위한 차압이 존재하지 않기 때문에 Parallel이나 Serpentine으로 연료를 공급할 때 연료 공급이 매우 느린 양상을 보인다. 그러므로 Chamber 형상이 가장 효율적인 연료 공급을 가능케 하고 최대 성능인 $8.5\text{mW}/\text{cm}^2$ 에 도달 하였다.

후 기

본 연구는 삼성종합기술원 “Next generation MEA module design methodology for direct methanol fuel cells” 과제 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] M. Baldauf, W. Preidel, 1999, "Status of the development of a direct methanol fuel cell," J. Power Sources, Vol. 84, pp. 161–166. 1999.
- [2] S. Wasmus, A. Kuver, 1999, "Methanol oxidation and direct methanol fuel cells: a selective review," J. Electroanal. Chem. Vol. 461, pp. 14–31. 1999.
- [3] A. Heinzl, V.M. Barragan, 1999, "A review of the state-of-the-art of the methanol crossover in direct methanol fuel cells," J. Power Sources, Vol. 84, pp. 70-74. 1999.
- [4] J. Cruickshank, K. Scott, 1998, "Lithium transport through graphite electrodes that contain two stage phases ," J. Power Sources Vol. 70, pp. 40. 1998.
- [5] X. Ren, P. Zelenay, S. Thomas, J. Davey, S. Gottesfeld, 2000, "Recent advances in direct methanol fuel cells at Los Alamos National Laboratory, " J. Power Sources Vol. 86, pp. 111. 2000.
- [6] 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, Vol. 71, pp. 169-173. 1998.
- [7] B. Bae, B.K. Kho, T.H. Lim, I.H. Oh, S.A. Hong, H. Y. Ha, 2006, "Performance evaluation of passive DMFC single cells," J. Power Sources, Vol. 158, pp. 1256–1261. 2006.
- [8] H.K. Kim, 2006. "Passive direct methanol fuel cells fed with methanol vapor," J. Power Sources, Vol.162, pp. 1232–1235. 2006.
- [9] H.Y. Cha, S.H. Kim, J.H. Jang, C. Miesse, J.H. Gil, H.R. Lee, A. Kundu, C.R. Jung, B. Ku, K.S. Chae, Y.S Oh. 2007, "Effect of three dimensional shape of cathode opening on the performance of air-breathing," ECS Meeting, # 187. 2007.
- [10] Z. Qi, C. He, A. Kaufman, 2002, "Effect of CO in the anode fuel on the performance of PEM fuel cell cathode," J. Power Sources, Vol. 111, pp. 239–247. 2002.