

고분자 전해질 막 연료전지의 cathode 기체확산층에서 GDM 두께 변화에 따른 MPL 내의 PTFE 최적 함량 변화

전정환, 박기태, 김성현*
고려대학교 화공생명공학과
(kimsh@korea.ac.kr*)

Optimal PTFE content in micro porous layer on cathode of polymer electrolyte membrane fuel cell with different GDM thickness

Jeong-Hwan Chun, Ki-Tae Park, Sung-Hyun Kim*
Department of Chemical and Biological Engineering, Korea University
(kimsh@korea.ac.kr*)

서론

고분자 전해질막 연료전지의 기체확산층은 원료기체가 촉매층에 균일하게 전달되도록 하며 생성물인 물이 배출되는 통로의 역할도 한다 [1]. 기체확산층은 Macro-porous한 substrate인 Gas diffusion medium (GDM)과 미세 기공층인 Micro porous layer (MPL)의 다층 구조로 되어 있다. GDM은 carbon paper, carbon felt, 그리고 carbon cloth가 가장 많이 사용되고 있다 [2]. 이는 좋은 전기 전도도, 기계적 강도, 그리고 높은 기공도를 가지고 있기 때문이다. 또한 물배출을 원활히 하기 위해 GDM에 PTFE 처리를 하여 소수성을 증가시킨다. MPL은 촉매층과 GDM 사이에 위치하게 된다. MPL은 촉매층과의 접촉저항을 감소시키고, 촉매층에서 발생하는 물의 배출을 원활하게 해줌으로써 flooding 현상을 억제하는 역할을 한다 [3]. MPL은 carbon powder와 PTFE로 구성되어 있다. MPL내의 PTFE와 carbon powder의 비율은 전지성능에 상당한 영향을 미친다. PTFE의 함량이 너무 클 경우 MPL의 기공크기가 작아져서 원료 물질이 이동이 원활이 이루어 지지 못하고, PTFE의 함량이 너무 작을 경우 소수성이 충분하지 못해 촉매층에서 발생한 물이 원활이 배출되지 못하게 된다 [4]. 따라서 최적의 PTFE 함량을 찾는 것은 매우 중요하다.

이 연구의 목적은 GDM의 두께에 따른 최적 PTFE 함량을 찾는 것으로 GDL 샘플은 200 μ m 와 380 μ m 두께의 carbon felt type의 GDM 을 사용하였고 MPL 내의 PTFE 함량을 10~40 wt.%로 변화를 주어 실험 하였다.

실험

GDL 샘플은 GDM 위에 직접 제조한 MPL slurry를 도포하여 제조하였다. 이때 사용된 GDM은 Fig. 1과 같은 두께가 200 μ m 와 380 μ m 인 carbon felt type을 사용하였다.

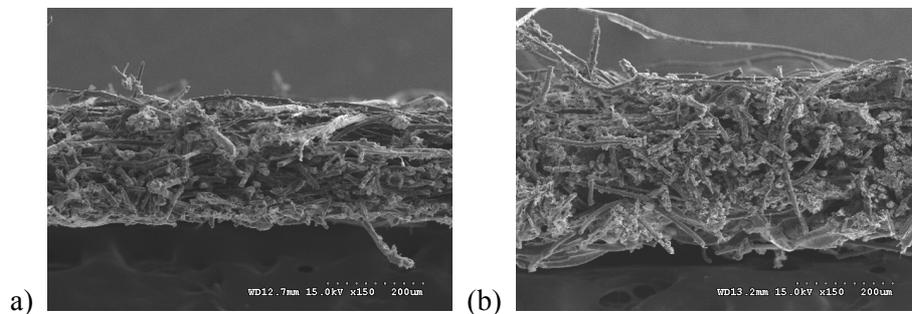


Fig. 1. 두께가 다른 두 GDM의 단면; (a) 200 μ m, (b) 380 μ m

MPL slurry는 carbon powder (Vulcan XC-72R) 와 PTFE(60 wt.%, Dupont) 를 isopropyl

alcohol 과 glycerol에 혼합하여 만든다. 이렇게 만들어지 MPL slurry는 blade method 를 사용하여 GDM에 한쪽 면에 도포한다. 도포가 끝난 샘플은 70°C 와 270°C 에서 각각 30 분씩 건조과정을 거쳐 solvent를 제거한다. 이후 350°C에서 30분간 PTFE가 MPL내에 고르게 퍼지도록 열처리를 해준다. GDM은 Fig. 1 과 같이 200 μm 와 380 μm 두께의 carbon felt type 을 사용하였고, MPL slurry는 PTFE 함량이 10, 20, 30, 40 wt.%로 제조하였다. MPL 제조 조건은 Table. 1에 나타내었다.

Table. 1. MPL 제조 조건

Sample	GDM thickness (μm)	PTFE contents (wt.%)	Carbon loading (mg/cm^2)	Thickness (μm)
G200P10	200	10	2.00	249
G200P20	200	20	1.96	245
G200P30	200	30	1.89	249
G200P40	200	40	2.07	256
G380P10	380	10	2.04	424
G380P20	380	20	2.28	421
G380P30	380	30	2.20	421
G380P40	380	40	2.32	423

제조된 GDL 샘플의 전기전도도 및 접촉각을 측정하였다. 물성 측정 장비는 Fig. 2와 같다. Through-plane 전기전도도는 GDL 샘플을 두개의 gold plate 사이에 놓고 50 ~ 400 N/cm^2 의 압력을 가해주면서 측정하였다. 접촉각은 Sessile drop method를 사용하여 측정하였다 [5].

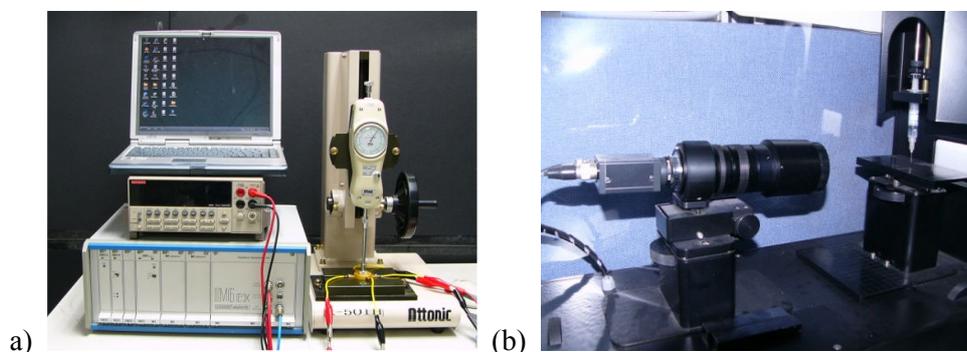


Fig. 2. GDL 물성측정 장비; (a) 전기전도도, (b) 접촉각

단위 전지 측정에는 25 cm^2 의 활성면적을 갖는 셀을 사용하였다. 셀 운전 온도는 65°C, 원료 기체의 가습조건은 cathode와 anode 모두 100%RH 이며, stoichiometry는 cathode는 2.0, anode는 1.5로 하여 전지성능을 측정하였다.

결과 및 토론

직접 제조한 GDL 샘플의 물성 측정 결과는 Fig. 3과 Fig. 4에 나타나 있다. 접촉각의 경우 Fig. 3을 보면 PTFE의 함량이 증가할수록 접촉각이 증가하는 것을 확인 할 수 있다. 접촉각은 MPL 표면의 성질이므로 GDM 두께에 의한 영향이 없다는 것 Fig. 3의 a)와 b)를 비교하면 알 수 있다. Through-plane 전기전도도 측정 결과 MPL 내의 PTFE 함량이 커질수록 전기전도도가 저하 되는 것을 Fig.4 를 통해 알 수 있다. 또한 200 μm 두께의 GDM을 사용하였을 경우가 380 μm 두께의 GDM을 사용하였을 경우보다 전기전도도가

우수한 것을 Fig. 4 의 a)와 b)를 비교하였을 때 확인할 수 있다.

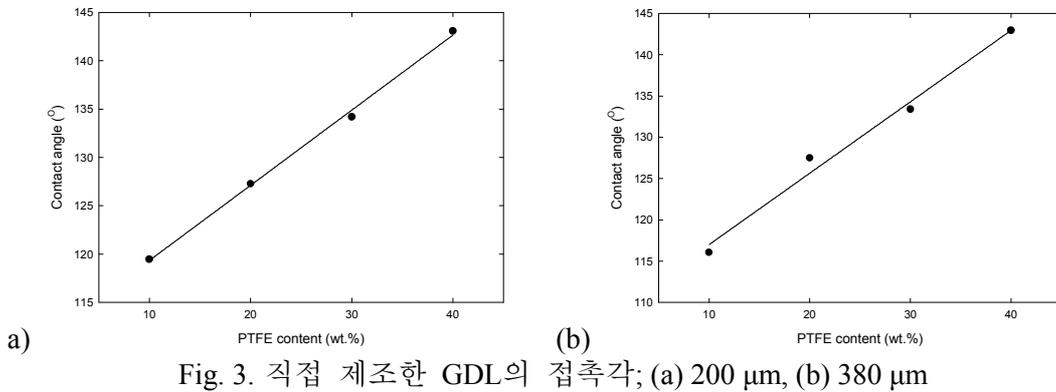


Fig. 3. 직접 제조한 GDL의 접촉각; (a) 200 μm, (b) 380 μm

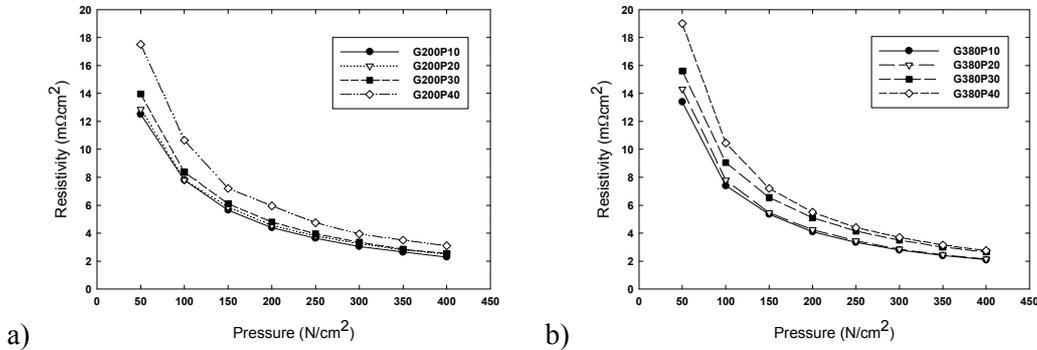


Fig. 4. 직접 제조한 GDL의 전기전도도 ; (a) 200 μm, (b) 380 μm

Fig. 5 는 단위전지 성능 측정 결과를 보여준다. GDM의 두께가 200 μm 일 경우에는 MPL 내의 PTFE 함량이 40wt.%일 때 가장 좋은 전지성능을 보였고, 380 μm 일 경우에는 20 wt.%일 때 가장 우수한 전지성능을 보였다.

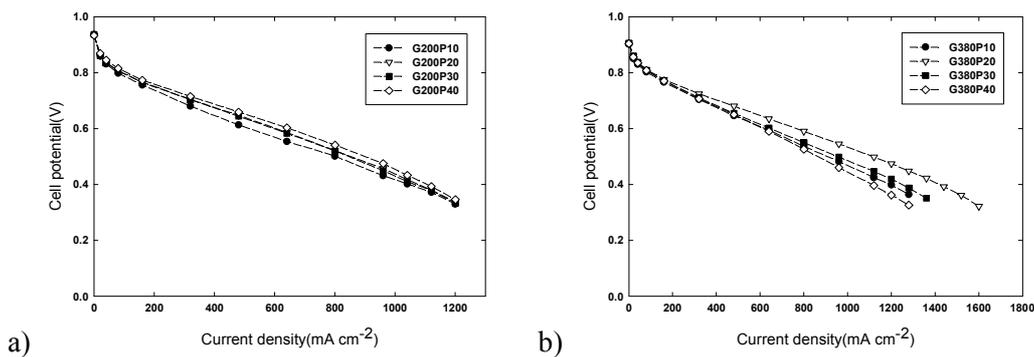


Fig. 4. MPL 내의 PTFE 함량에 따른 전지성능 ; (a) 200 μm, (b) 380 μm

GDM의 두께가 200 μm 일 경우에는 MPL 내의 PTFE 함량이 10wt.%에서 40 wt.%로 증가할수록 전지성능이 증가하는 것을 Fig. 5 a)를 통해 알 수 있다. 이와 달리 380 μm의 두께의 GDM 을 사용한 결과 MPL 내의 PTFE 함량이 20wt.%일 때 최대성능을 나타내고 그 이상 증가할수록 전지성능은 감소 한다는 사실을 Fig. 5 b)가 나타내고 있다. 이처럼 GDM의 두께가 달라짐에 따라 MPL내의 PTFE 최적 함량이 달라지게 된다. GDM의 두께와 MPL내의 PTFE함량은 GDL의 전기전도도와 기공도에 영향을 미친다. 따라서 GDM 두

계가 달라지게 되면 GDL의 전기전도도와 기공도의 최적조건에 맞게 MPL 내의 PTFE 최적 함량도 같이 변하게 되는 것으로 판단된다.

결론

MPL내의 PTFE 함량과 GDM의 두께가 고분자 전해질막 연료전지 성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 10~40 wt.% PTFE 함량의 MPL slurry를 200 μm 와 380 μm 두께의 carbon felt type GDM에 도포하여 실험을 실시하였다. 전지성능 측정에 앞서 제조된 GDL 샘플의 접촉각과 전기전도도를 측정한 결과, MPL 내의 PTFE 함량이 높아질수록 접촉각은 커졌고, 전기전도도는 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 전지성능 측정 결과, 200 μm 두께의 GDM을 사용한 경우 40 wt.%의 PTFE 함량을 가진 MPL slurry를 도포하였을 때 최고의 성능을 보였고, 380 μm 두께의 GDM의 경우 20 wt.%의 PTFE 함량을 가진 MPL slurry를 도포하였을 때 단위 전지의 성능이 가장 좋게 나왔다. GDM의 두께가 바뀌면 GDL 최적조건에 맞게 MPL 내의 PTFE 함량의 최적조건도 변하게 되는 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] J. Moreira, "Influence of the hydrophobic material content in the gas diffusion electrodes on the performance of a PEM fuel cell", *Int. J. Hydrogen Energy*, Vol.28, pp.625-627, Jun. 2003.
- [2] Zhigang Qi, "Improvement of water management by a microporous sublayer for PEM fuel cells", *J. Power Source*, Vol.109, pp.38-46, Jun. 2002.
- [3] Sehyu Park, "Effect of PTFE content in microporous layer on water management in PEM fuel cells", *J. Power Source*, Vol.177, pp.457-463, Mar. 2008.
- [4] Wei-Mon Yan, "Effects of fabrication processes and material parameters of GDL on cell performance of PEM fuel cell", *Int. J. Hydrogen Energy*, Vol.32, pp.4452-4458, Dec. 2007.
- [5] Wolf Vielstich, *Handbook of Fuel Cells*, Vol.3, pp.525-537, John Wiley & Sons, 2003