

기공 형성제를 이용한 고분자 전해질 연료전지 기체확산층 기공도 제어

진정환, 박기태, 조동현, 김성현*
고려대학교 화학생명공학과
(kimsh@korea.ac.kr*)

Management of porosity of micro porous layer (MPL) in polymer electrolyte membrane fuel cell (PEMFC) by using pore forming agent

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

서론

고분자 전해질 연료전지 (PEMFC)의 기체확산층 (GDL)은 원료가스가 촉매층에 고르게 전달 되도록 하는 이동 통로를 제공하며, 운전 중 촉매층에서 생성된 물의 배출 통로로 이용된다. 연료전지를 고전류밀도 영역에서 운전하게 되면 다량의 물이 촉매층에서 생성되게 되고 이때 생성된 물이 빠르게 배출되지 않으면 원료가스의 이동을 방해하여 전지 성능의 감소를 초래하게 된다 [1]. 이에 따라 촉매층에서 생성된 물의 배출을 용이하게 하기 위하여 기체확산층을 다공성기체 (GDM)와 미세기공층 (MPL)의 이중 구조로 제조한다. 기체확산층 내의 미세기공층은 보통 카본 파우더와 테프론 (PTFE)의 혼합물로 이루어져 있다. 촉매층과 접촉하는 미세기공층은 접촉저항을 최소화 하기 위하여 표면이 매끄럽고, 촉매층에서 생성된 물을 빠르게 제거하기 위하여 소수성이 강하여 접촉각이 크다. 지금까지 미세기공층의 구성물질 및 함량이 미세기공층의 물성과 전지성능에 미치는 영향을 분석하는 실험이 진행되어 왔다 [2]~[6]. 미세기공층을 통해 물과 원료가스가 이동하기 때문에 미세기공층의 기공도와 기공 분포는 전지성능과 밀접한 관련이 있다.

이 연구의 목적은 미세기공층의 기공도와 기공 분포를 기공생성제를 사용하여 제어하는 데 그 목적이 있다. 이때 사용된 기공생성제는 열처리 과정에서 분해 또는 기화가 가능하여 열처리 후 잔류물질이 없어야 하며, 제조 과정에서 유해한 물질이 발생해서는 안 되는 특성을 지녀야 한다. 수은 기공도계를 사용하여 기공생성제 첨가 유무에 따른 기공도 변화를 측정 하였다.

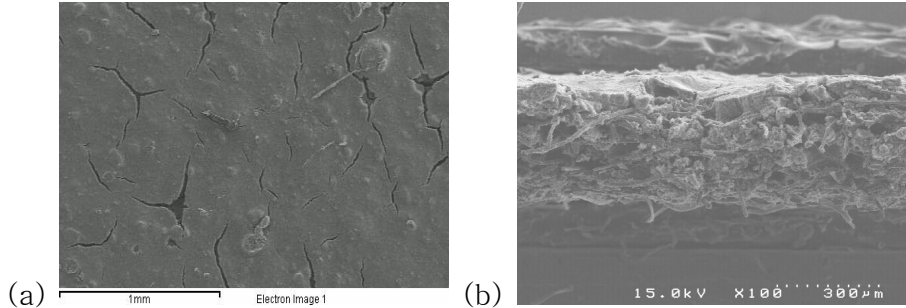
실험

증류수와 프로필렌글리콜을 혼합한 용매에 카본파우더와 테프론 현탁액을 첨가하여 미세기공층 슬러리를 제조한다. 제조된 미세기공층 슬러리는 Fig. 1 과 같다.



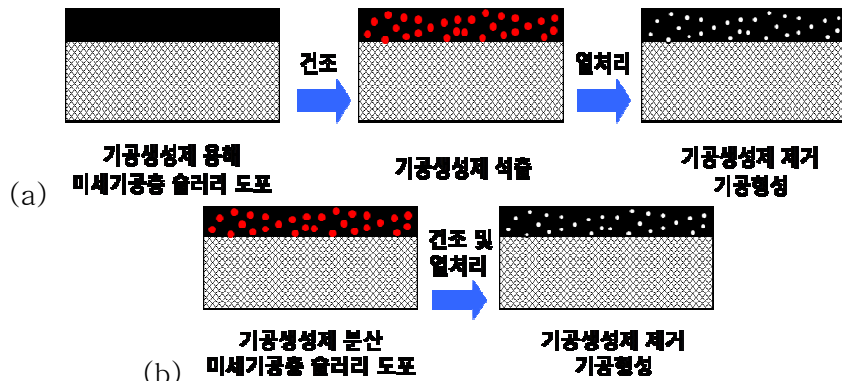
< Fig. 1 미세기공층 슬러리 >

이렇게 제조한 슬러리를 다공성기재로 사용된 카본페이퍼 위에 도포한다. 도포가 완료 되면 150℃에서 건조과정을 통해 용매를 제거하고, 350℃에서 열처리를 실시한다. 열처리가 끝나면 Fig. 2 와 같은 기체확산층이 만들어 진다.



< Fig. 2 기체확산층 : (a) 표면, (b) 단면 >

기공생성제는 미세기공층 슬러리 제조 과정에서 첨가한다. 기공생성제의 종류에 따라 2가지 방식으로 기공을 형성하게 된다. 기공생성제가 미세기공층 슬러리 용매에 용해될 경우 건조과정을 통해 석출 시키고 열처리과정에서 제거한다 (Fig. 3 (a)). 기공생성제가 미세기공층 슬러리 용매에 녹지 않을 경우 슬러리 내에 기공생성제를 분산시켜 석출과정 없이 바로 열처리를 통해 제거한다 (Fig. 3 (b)).



< Fig. 3 기공생성제 첨가를 통한 기공형성 : (a) 용해, (b) 분산 >

이번 실험에서 사용된 기공형성제의 종류 및 특성은 Table. 1 에 정리하였다 [7].

< Table. 1 기공형성제 종류 및 특성 >

구 분	염화 암모늄	나프탈렌
분 자 식	NH ₄ Cl	C ₁₀ H ₈
분자구조		
분해온도	338℃	218℃
특 징	슬러리 용매에 용해됨 열처리 과정에서 분해됨 분해시 염산 발생	슬러리 용매에 용해되지 않음 열처리 과정에서 기화됨

이번 실험에서는 3종류의 미세기공층을 제조하였다. 기공생성제를 사용하지 않은 경우 (WOPP), 염화암모늄을 기공생성제로 사용한 경우 (WPPA), 나프탈렌을 기공생성한 경우로 사용한 경우 (WPPN), 3 가지 이다. 3 가지 미세기공층을 포함한 기체확산층의 제조 조건은 Table. 2 에 정리하였다.

< Table. 2 제조된 기체확산층 >

구 분	WOPP	WPPA	WPPN
기공생성제	-	염화암모늄	나프탈렌
기공생성제 함량	-	10 wt.%	5 wt.%
두께	410 μm	415 μm	405 μm
카본 함량	2.98 mg/cm^2	2.87 mg/cm^2	3.06 mg/cm^2

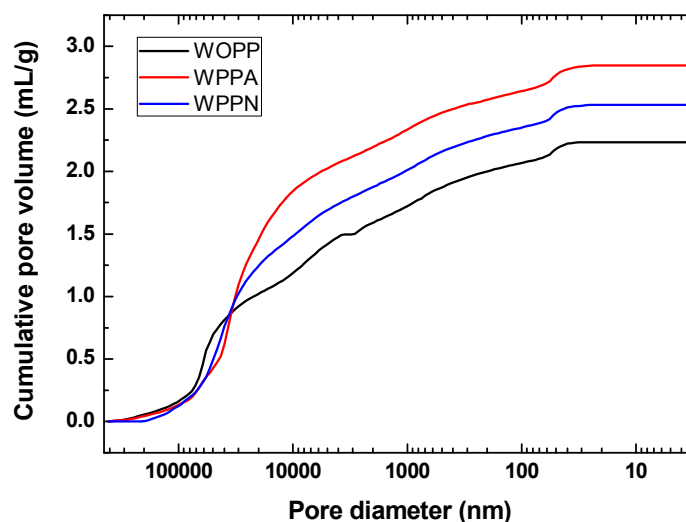
결과 및 토론

수은 기공도계를 사용하여 기공도를 측정한 결과는 Table. 3 과 같다

< Table. 3 제조된 기체확산층의 기공도 >

구 분	WOPP	WPPA	WPPN
기공도	67.6598 %	82.6162 %	83.999 %
평균 기공 직경	566.7 nm	529.7 nm	523 nm

기공도 측정결과 기공생성제를 사용한 WPPA와 WPPN의 기공도가 기공생성제를 사용하지 않은 경우인 WOPP보다 약 15% 크게 나타났다. 기공생성제에 의해 발생한 기공의 크기를 알아보기 위하여 누적기공부피를 측정해 보았다. 이는 Fig. 4 와 같다.



< Fig. 4 기체확산층 누적기공부피 >

누적기공부피 측정결과 수십 마이크로 미터 크기의 기공이 기공형성제를 사용하였을 때 급격하게 증가하는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 기공생성제에 의해 형성된 기공의 크기는 약 수십 마이크로 크기로 짐작된다.

결론

기공생성제를 통한 미세기공층 내의 기공도 제어를 위하여 2 가지의 기공생성제를 선정하여 실험을 실시 하였다. 선정된 기공생성제는 염화암모늄과 나프탈렌으로 염화암모늄은 슬러리 용매에 용해되어 건조과정에서 석출시켜 기공을 형성하고, 나프탈렌은 슬러리 용매에 용해되지 않아 슬러리 내에 입자상태로 분산 시켜 기공을 형성하였다. 열처리 과정을 통해 기공형성제를 제거 시킨 후 기공도를 측정한 결과 기공생성제를 사용하지 않은 경우보다 2 가지의 기공생성제를 사용한 경우가 약 15% 의 기공도 증가를 보였다. 누적 기공 부피를 통해 기공생성제에 의해 형성된 기공의 크기를 예측한 결과 약 수십 마이크로 직경의 기공이 형성된 것으로 짐작된다.

참고문헌

- [1] Passalacqua E, Lufrano F, Sguadrino G, *ElectrochimActa* **43**, 3665 (1998)
- [2] Antolini E, Passos RR, Ticianelli EA, *J. Power Sources* **109**, 477 (2002)
- [3] Jordan LR, Shukla AK, Behrsing T, *J. Power Sources* **86**, 250 (2000)
- [4] Wang XL, Zhang HM, Zhang JL, *Electrochim Acta* **51**, 4909 (2006)
- [5] Jordan LR, Shukla AK, Behrsing T, *J. Appl Electrochem* **30**, 641 (2000)
- [6] Giorgi L, Antolini E, Pozio A, Passalacqua E, *Electrochim Acta* **43**, 3675 (1998)
- [7] 金炳熙 (2000), 한국사전연구소, 成文 理化學辭典