

# DMFC의 연료극에서 GDL의 Microporous layer의 두께와 연료흐름과의 관계

이 은숙<sup>1)</sup>, 양 경훈, 임 종만

## Relationship between the Thickness of Microporous Layer and the Flow of Fuel at the Anode GDL of DMFC

Eunsuk Lee<sup>1)</sup>, Kyoungun Yang, Jongman Lim

**Key words** : Fuel Cell, DMFC, GDL, Anode, Microporous Layer

**Abstract** : 본 연구에서는 다양한 두께, loading 및 기공 구조를 갖는 MPL을 형성하여 DMFC용 확산층을 제조하였다. 본 실험에서 제조한 확산층의 경우, 두께가 증가하면서 기공이 micro-pore에서 meso-pore 영역으로 옮겨감을 확인할 수 있었으며, 또한 기공 구조에 따라 공기 투과도 특성이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 각각의 확산층은 서로 다른 운전 조건에서 우수한 성능(혹은 안정적인 성능)을 갖는 것으로 확인되었으며, 이는 용도에 따른 확산층의 적합한 구조 설계가 요구됨을 의미한다.

### Nomenclature

Micro-pore: 2 $\mu$ m 이하의 기공  
Meso-pore: 2 $\mu$ m 이상의 기공

### subscrip

## 1. 서 론

연료전지의 전기화학적 반응이 일어나는 전극은 연료와 반응 기체 및 반응 부산물의 유,출입이 일어나는 확산층을 갖는다. 이 확산층은 촉매층에 대한 연료와 반응기체의 원활한 접근이 가능한 물질이 적합하며, 전기화학 반응시 생성되는 전류를 bipolar plate나 monopolar plate를 통해서 외부의 전기회로와 연결하는 역할을 한다.

이 확산층은 탄소종이(carbon paper)나 탄소 섬유직물(carbon fiber fabric) 등을 기재로 하여 그 위에 다양한 형태의 구조를 갖는 microporous layer(MPL)를 형성함으로써 요구 특성에 맞게 제작하여 사용한다.

이러한 확산층의 MPL을 제작할 때 사용하는 carbon의 종류, carbon의 loading 및 binder의

종류에 따라 전기 그 성능은 다양하게 나타나며<sup>[1]</sup>, MPL의 평균 기공 크기가 그 성능에 중요하게 작용한다는 사실이 발표되었다<sup>[2]</sup>.

이러한 MPL은 동일한 물질을 사용한다 하더라도 제조하는 공정에 따라 다양한 두께, loading 및 기공 구조를 갖도록 할 수 있다. 본 연구에서는 다양한 두께, loading 및 기공 구조를 갖는 MPL과 연료흐름과의 관계에 관하여 논의하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 슬러리 제조

본 실험에서 사용한 슬러리는 wetting, hard mixing, soft mixing의 공정을 통하여 제조하였으며, 제조 시 사용한 물질의 조성비를 조절하여 점도가 서로 다른 슬러리를 제조하였다. 본 실험에 사용한 FA14와 FA15 슬러리는 각각 10,000cP, 100,000cP의 점도를 갖는다.

1) 진우엔지니어링

E-mail : eslee@jinwooeng.com

Tel : (031)353-5285 Fax : (031)353-5231

## 2.2 MPL 제조

본 실험에서 사용한 확산층은 본사에서 개발한 coater를 이용하여 제조하였으며, Ballard사의 carbon cloth와 본사에서 제조한 두 가지 형태의 슬러리를 사용하여 Table 1과 같은 다양한 형태의 확산층을 제조하였다.

## 2.3 MEA 제조 및 Cell 평가

본 실험에서 제조한 확산층을 anode용 확산층으로 적용하여 MEA를 제조하였다. Anode용 촉매로는 4mg/cm<sup>2</sup>의 PtRu black(Johnson & Matthey, HiSpec 6000)을 사용하였고, cathode용 촉매로는 4mg/cm<sup>2</sup>의 Pt black(Johnson & Matthey, HiSpec 1000)을 사용하였으며, membrane은 Dupont사의 Nafion 117을 사용하였다. Cathode 확산층은 본사에서 제조한 JNA40AL을 사용하였다.

Unit cell 평가 시, 활성 면적은 9cm<sup>2</sup>으로 제조하였으며, cell 온도 70°C에서 1M 메탄올과 air를 사용하였다.

Table 1 Coater를 이용하여 제조한 GDL

Model	A1-1	A1-2	A2	A3
Lot No.	CPWC1A060928	CPWA1A060912 - No2-500	CPWA2A060913	CPWA3A060913
1st coating Slurry	FA15	FA15	FA15	FA15
2st coating Slurry	-	-	FA15	FA14

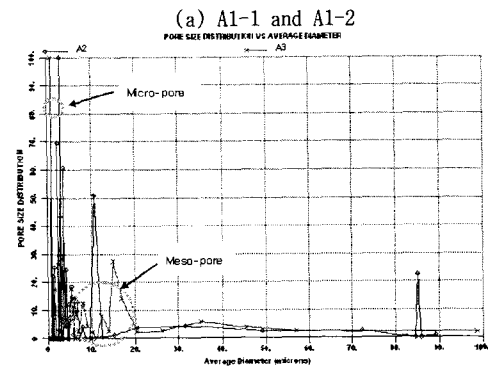
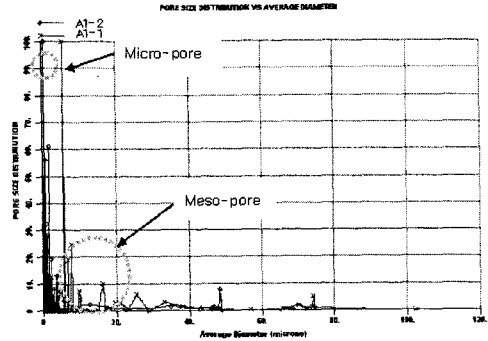


Fig. 2 MPL 두께에 따른 기공 구조의 변화

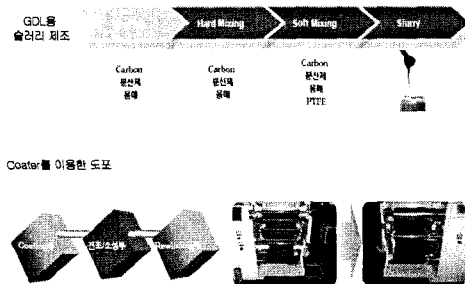


Fig. 1 슬러리 및 GDL 제조

## 3. 결과

### 3.1 확산층의 물성

제조한 확산층의 분석 결과를 아래에 나타내었다. 실험에서 제조한 확산층은 MPL의 두께가 증가하면서 meso-pore 영역의 기공이 micro-pore 영역으로 옮겨가고 공기 투과도 특성이 변화함을 확인할 수 있는데, 그 물성은 제조하는 공정에 의하여 조절할 수 있다. 그 결과를 Fig.2와 Table 2에 나타내었다.

Table 2 GDL 물성 분석

Model	A1-1	A1-2	A2	A3
Lot No.	CPWC1A060928	CPWA1A060912 - No2-500	CPWA2A060913	CPWA3A060913
Areal Weight (g/m <sup>2</sup> )	150±5	154±0	163±1	162±1
두께(mm)	340±10	354±6	364±6	366±1
Mean Pore (D50, μm)	32.9	12.8	50.4	37.2
Air Permeability (ml/cm <sup>2</sup> sec@0.5psd)	106.8	30.0	44.6	64.6

### 3.2 Unit cell test

실험에 사용한 A1-1과 A1-2 모델의 확산층은 서로 다른 coating gap을 적용하여 제조한 것으로, MPL 두께가 증가하면서 meso-pore 영역의 기공이 micro-pore 영역으로 옮겨감을 확인할 수 있다.

A1-1과 A1-2 모델의 확산층을 사용하여 unit cell 평가를 진행한 결과, 저전류 영역에서는 두께와 areal weight가 높고 micro-pore가 발달한 A1-2의 성능이 우수하였으며, 전류 영역이 증가할수록 meso-pore가 발달한 A1-1의 성능이 우수함을 확인할 수 있었다. A1-2는 A1-1에 비하여 전류전달에 유리한 구조를 갖는 것으로 판단되며, 이로 인하여 저전류 영역에서 더욱 우수한 성능을 나타내었을 것으로 예상된다.

그러나, 고전류 영역으로 가면서 필요한 메탄올의 양이 증가하게 되고 또한 반응 부산물인 CO<sub>2</sub> 가스의 발생량이 증가하게 된다. 이 경우, 더욱 낮은 물질 전달 저항이 요구되며 이로 인하여 meso-pore가 발달한 A1-1을 사용하였을 때 더욱 우수한 성능을 나타내는 것으로 판단되며, 이는 사용하고자 하는 전류 영역에 따라 기공 구조를 서로 다르게 설계할 필요가 있음을 의미한다.

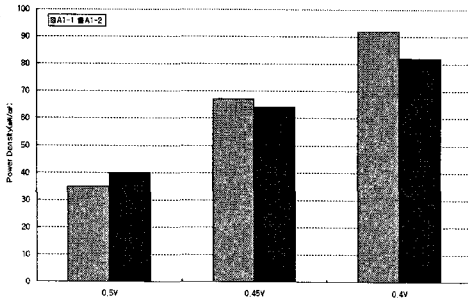


Fig. 3 Unit cell 평가(A1-1 vs. A1-2)

A2와 A3의 경우 A1-1을 변형한 것으로 MPL의 두께를 증가한 확산층이다. A1-1을 기재로 하여 후처리를 함으로써 제조 공정에 따라 다양한 형태의 MPL을 갖도록 할 수 있음을 확인하였다. 이를 사용하여 전지 특성을 평가한 결과 MPL 두께가 증가하면서 전지 성능이 감소하는 것을 알 수 있다. A2와 A3는 A1-1에 비하여 공기 투과도가 감소하였는데 이로 인하여 고전류 영역에서의 물질 전달 저항이 작용하여 전체 전지 성능이 낮아진 것으로 판단된다.

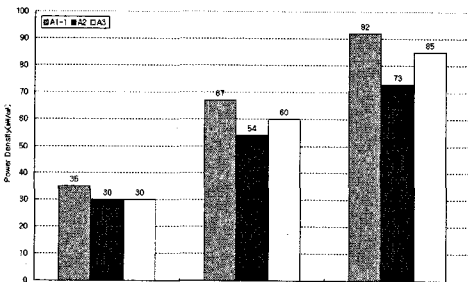


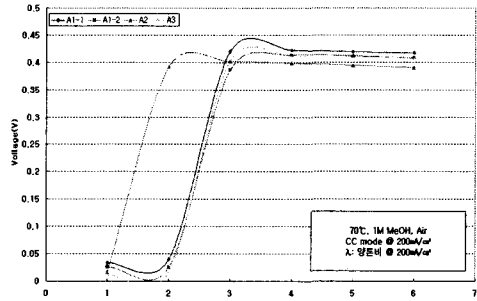
Fig. 4 Unit cell 평가(A1-1 vs. A2 vs A3)

### 3.3 메탄올 흐름과 확산층과의 관계

각각의 확산층을 사용하여 메탄올의 흐름에 따른 성능을 200mA/cm<sup>2</sup>의 정전류 모드에서 평가하였다.

A2는 가장 큰 평균 기공값을 갖는 것으로, 기공이 micro-pore 영역에서부터 meso-pore 이상의 영역까지 고르게 발달한 확산층으로, 이 확산층을 사용하는 경우 전체적인 성능은 다른 확산층에 비하여 낮으나, 메탄올의 유입량이 작은 경우에도

안정적인 성능을 나타냄을 확인하였다. 이러한 확산층은 높은 성능은 필요하지 않으나 메탄올 공급



에 제한이 있을 때 적합할 것으로 기대된다.

Fig. 5 메탄올 흐름과 확산층과의 관계

## 4. 결론

본사에서 개발한 공정을 사용하여 다양한 형태의 MPL을 갖는 확산층을 제조하였다. 동일한 물질을 사용하여도, 제조 공정에 따라 물질, 공기 투과도 및 기공 구조를 다양한 형태로 제조할 수 있음을 확인하였다.

본 연구에서 제조한 확산층의 경우 MPL 두께가 증가함에 따라 공기 투과도가 감소하였으며, 기공 구조가 micro-pore 영역에서 meso-pore 영역으로 옮겨감을 확인하였다.

각각의 확산층은 서로 다른 조건에서 우수한 성능(혹은 안정적인 성능)을 갖는 것으로 확인되었으며, 이는 용도에 따른 확산층의 적합한 구조 설계가 요구됨을 의미한다.

## References

- [1] M. Neergat and A. K. Shukla, 2002, "Effect of diffusion-layer morphology on the performance of solid-polymer-electrolyte direct methanol fuel cells" Journal of Power Sources 104, 289-294
- [2] E. Passalacqua, G. Squadrito, F. Lufrano, A. Patti and L. Giorgi, 2001, "Effects of the Diffusion Layer Characteristics on the Performance of Polymer Electrolyte Fuel Cell Electrodes" Journal of Applied Electrochemistry, 31, 449-454