

## 연료전지용 탄소 bipolar plate 제작에 관한 연구

### Investigation for carbon bipolar plate production in used Fuel Cell

이병록, 정두환, 전문석, 박종수\*, 정승훈\*, 백동현, 송락현, 신동렬  
한국에너지 기술 연구원, 승림카본·금속(주)\*

#### 1. 서론

연료전지는 전해질의 종류와 작동 온도에 따라 알칼리 연료전지, 고분자 전해질 연료전지, 인산형 연료전지 용융탄산염 연료전지, 고체 산화물 연료전지, 직접메탄올 연료전지로 분류할 수 있다. 이 중 운전온도가 낮고 시스템의 소형화, 이동 및 휴대성이 편리한 연료전지는 고분자를 전해질로 사용하는 고분자 연료전지와 직접메탄올 연료전지이다. 특히 직접메탄올 연료전지는 상온 상압에서 작동이 가능하며, 또한 메탄올을 액상으로 직접 사용하므로 연료로부터 수소를 개질장치가 필요 없게 되어 전체 시스템이 간단하며, 연료의 취급이 용이하여 전지로서의 특성이 높고, 환경오염에도 영향을 미치지 않으므로 미래의 초소형 이동용 전원으로서 가장 적합하다고 여겨지고 있다. 현재 높은 촉매 활성화도, 전극, 고체 전해질, membran & electrode assemblies(MEA), 등의 분야에 걸친 개발이 활발히 진행되어가고 있다. 고분자를 전해질로 사용하는 연료전지는 촉매층을 포함하는 지지체와 양극과 음극 및 고분자 전해질, bipolar plate로 구성되어있다. 구성 성분 중에서 연료의 통로역할과 집전체 역할을 하는 부분이 bipolar plate이다. bipolar plate는 연료전지의 용량을 확대하기 위해 단위전지를 적층시킬 때 단위전지 사이의 가스혼합을 방지하고 전기적 회로를 연결하는 역할을 수행한다. bipolar plate는 스택제조방법에 따라 다공성과 치밀성 bipolar plate로 구별되어 제조되며, 낮은 전기적 저항, 높은 기계적 강도, 전해질에 대한 안정성을 필요로 한다. 최근에는 휴대 및 이동의 편리성을 위하여 경량화와 부피감소에도 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>1)2)</sup> 본 연구에서는 가정용, 휴대용, 자동차용등으로 개발이 추진되고 있는 고분자 연료전지 및 직접메탄올 연료전지용 탄소계 bipolar plate의 제조 및 특성 연구에 대해서 기술한다.

#### 2. 실험방법

##### 2-1 원료분말의 제조

흑연분말에 열경화성 수지 결합제인 비스페놀 F형 에폭시 수지와 경화제인 페놀노블락을 배합하고 경화 촉진제로서 트릴페닐 포스핀을 일정 비율로 배합한 후 교반하고 이것을 다시 니드기에 투입하여 80°C 혼합 추출시켰다. 니드기를 통해 배출된 혼합물은 분쇄 공정을 거쳐 분말의 평균크기가 20 $\mu$ m 가 되게 하여 원료 분말을 제조하였다.

## 2-2. 성형 및 탈형

bipolar plate의 성형은 제작된 원료분말을 일정크기를 갖는 몰드에 투입한 후 최종 성형 온도 160℃, 180℃, 200℃ 까지 10℃/min 의 승온 속도로 몰드를 가열한 후 200Kgf/cm<sup>2</sup>의 압력으로 2분간 가압하여 성형공정을 완성하였다. 가압후의 탈형은 플레이트의 휨을 방지하기 위하여 냉각수를 이용하여 몰드를 60℃ 까지 냉각 시킨후 탈형하여 최종 bipolar plate를 얻었다.

## 2-3 분석

자체 제작된 bipolar plate는 굴곡강도, 고유저항, 쇼와경도, 밀도로 분석을 통하여 특성 분석을 실시하였다.

### 2-3-1 굴곡강도

굴곡강도는 압축강도 시험기 (KYEONGDO / 597051016)로 측정을 하였다. 시편의 제작은 제작 표준서에 따라 육면체의 시험편을 만들어서 M/Meter로 두께(T), 폭(W)을 1/100mm 단위까지 측정된 후 하기의 식에 따라 굴곡강도를 산출하였다.

$$\text{굴곡강도 (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{3 \times P(\text{kgf}) \times L}{2 \times W(\text{cm}) \times H^2(\text{cm})}$$

### 2-3-2 고유저항

고유저항 측정은 Micro OHM Meter (SOKEN / B-09-0038 / DAC-MR-IS) 로 측정을 하였다. 시편의 제작은 제작 표준서에 따라 육면체의 시험편을 만들어서 M/Meter로 두께(T), 폭(W)을 1/100mm 단위까지 측정된 후 아래의 식에 의하여 저항값을 산출하였다.

$$\text{비저항 } (\mu\Omega\cdot\text{cm}) = \frac{T(\text{cm}) \times W(\text{cm}) \times R(\text{m}\Omega)}{L(\text{cm})} \times 1000$$

### 2-3-3 쇼와경도

쇼와경도의 측정은 SHORE 경도기 ( SATO SEIKI / 1725 / MODEL :D )로 측정을 하였으며, 물리특성 측정용 시험편 제작 표준서에 따라 육면체의 시험편을 만들어서 측정을 하였다.

밀도의 측정은 물리특성 측정용 시험편 제작 표준서에 따라 버니어캘리퍼스로 두께(T), 폭(W), 길이(L)를 1/100mm 단위까지 측정하고 1/1000g단위까지 저울로 중량(M)을 측정한다. 그리고 하기의 공식에 의거하여 겉보기 밀도를 산출하였다.

$$\text{겉보기 밀도 (g/cm}^3\text{)} = \frac{M(\text{g})}{T(\text{cm}) \times W(\text{cm}) \times L(\text{cm})}$$

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. 입도분포

원료의 입도 분포는 성형 후 제품의 강도 및 전도도를 결정짓는 중요한 요소 중의 하나이다. 그림 1과 그림 2는 원료 흑연 및 최종 분쇄후의 입도의 분산도이다. 그림에서 나타나고 있는바와 같이 원료 흑연의 입자는 10 $\mu\text{m}$ 를 중심으로 분포되어 있었으며, 일차 hand mill을 사용하여 분쇄한 결과 60 $\mu\text{m}$ 에 분포 되어 있었다. 이의 입자는 Z-mill 등의 기기를 이용하여 20 $\mu\text{m}$  이하로 입도를 조절하여 최종 제품을 얻었다.

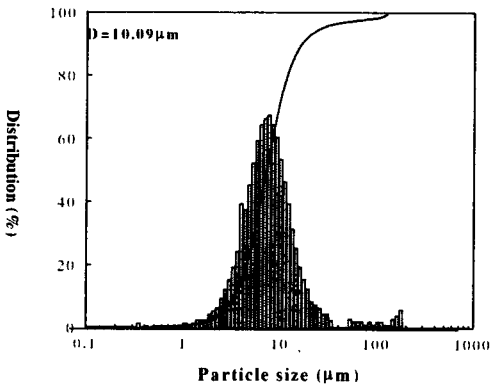


그림 1. 원료 흑연의 입도 분포

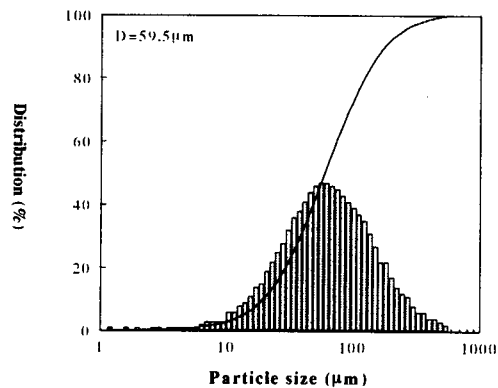


그림 2. hand mill을 이용한 원료 입자의 입도 분포

#### 3-2. 물리적 기계적 특성

자체 제작된 bipolar plate의 밀도, 고유저항, 굴곡강도, 쇼와경도에 대한 분석결과는 표 1에 나타내었다. Sample 1, Sample 2, Sample 3은 각각 160 $^{\circ}\text{C}$ , 180 $^{\circ}\text{C}$ , 200 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에 따라 성형이 되어진 bipolar plate이다.

표 1. bipolar plate의 밀도, 고유저항, 굴곡강도, 쇼와경도에 대한 분석결과

Sample	밀도 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	고유저항 ( $\mu\Omega\text{cm}$ )	굴곡강도 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	쇼와경도 (Shore)
1	1.68	20433	129	19
2	1.78	13969	171	21
3	1.71	15036	167	22

표 1에서 180 $^{\circ}\text{C}$ 에서 성형이 되어진 bipolar plate는 160 $^{\circ}\text{C}$ 에서 성형이 되어진 bipolar plate에 비하여 고유 저항 7000 $\mu\Omega\text{cm}$ 이 낮게 나타났으며 굴곡강도는 42 $\text{kgf}/\text{cm}^2$ 만큼 높게 나타났다. 또한 200 $^{\circ}\text{C}$ 로 성형이 되어진 bipolar plate와 비교를 해보면 고유저항은 1000 $\mu\Omega\text{cm}$ 만큼 낮으며, 굴곡강도는 4  $\text{kgf}/\text{cm}^2$ 만큼 높게 나타났다.

그림 3의 (a), (b), (c)는 각각 160℃, 180℃, 200℃에서 온도에 따라 성형이 되어진 bipolar plate의 SEM사진이다. 그림에서 (b)는 (a),(c)에 비해서 입자간의 결합력이 우수한 것으로 판단되고 있다. 이는 경화시 가압조건과 온도가 bipolar plate의 성형과 밀접한 관계가 있음을 의미한다. 그림 2는 본 연구원에서 제조된 bipolar plate의 사진이다.

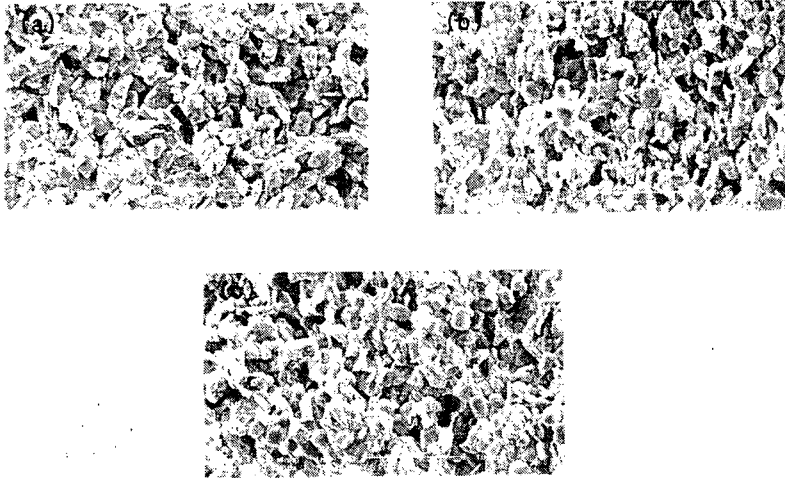


그림 3. 온도에 따라 제조된 bipolar plate의 SEM사진  
(a)160℃ (b)180℃ (c)200℃



그림 4. KIER에서 제조된 흑연 bipolar plate의 사진

#### 4. 결론

한국에너지 기술 연구원에서는 연료전지용 bipolar plate를 개발 중에 있으며 최근 연료전지용으로 직접 응용이 가능한 탄소계 bipolar plate를 개발 하였다. 현재까지는 주로 bipolar plate의 원료분말 개발에 치중하였으며 앞으로는 연료전지에 직접 응용하여 bipolar plate를 제조하여 신뢰성 및 장기 운전 자료를 구축할 예정이다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 小野 浩 日本國特許 特開2002-83608
- 2) 남기석, 박기수 대한민국 특허 특2002-0058385