

## 고분자 전해질 연료전지용 복합수지 분리판 개발

강 현민<sup>1)</sup>, 한 인수<sup>2)</sup>, 임 찬<sup>3)</sup>

### Development of Composite Bipolar Plate for PEMFC

Hyunmin Kang, Insu Han, Chan Lim

**Key words** : Bipolar plate(분리판), PEMFC(고분자전해질연료전지), Composite(복합재료)

**Abstract** : Graphite/polymer composite bipolar plates for PEMFC are successfully developed, and their typical properties are superior to commercially available ones. Thermal property of the developed bipolar plate was evaluated by dynamic mechanical analyzer, and the results were compared to commercial ones. The specimens were immersed into the deionized water bath at 80°C for 1500hrs to evaluate dimensional stability and durability. Dimension, weight of the specimens as well as extraction conductivity was measured as each 500hrs. Fully molded bipolar plates without any machining or milling were also prepared using a specially developed mold, and they were applied to the fuel cell performance test. Results were compared to the machined commercial bipolar plate.

#### 1. 서 론

고분자 전해질형 연료전지(PEMFC, Polymer electrolyte membrane fuel cell)에서 분리판은 연료와 산화제를 공급해 주는 통로를 제공하는 동시에, 연료극에서 생성된 전자를 공기극 쪽으로 전도해 주는 집전 역할을 수행하고, 전지 운전 중에 생기는 물을 제거해 주는 통로 역할을 한다.

또한 분리판은 MEA를 지지해 주는 본체로서 스택(stack)을 이룰 수 있도록 하며, 반응열을 제거하여 스택 온도를 일정하게 유지하기 위한 냉각수 통로 역할도 수행한다. 상기 냉각수 통로는 스택에 사용되는 모든 분리판에 형성하기도 하고, 일부에만 형성하기도 한다. 냉각수 통로가 형성되는 경우, 한쪽에는 연료가 공급되고 반대쪽에는 산화제가 공급되며, 분리판 중간으로 냉각수가 공급된다. 이 경우, 한 면에는 가스 유로가 형성되고 다른 면에는 냉각수 유로가 형성된 분리판 두 장을 냉각수 유로면에 마주하여 접합함으로써 분리판을 완성하게 된다.

이와 같은 분리판은 강도를 유지하면서도 가벼워야 하고, 생산되는 전자를 효율적으로 전달해야 하므로 우수한 전기 전도성을 가져야 한다. 또한, 내부식성, 견고성이 우수해야 하고, 얇고 가벼워야 하며, 또한 가공성이 좋고, 저렴하면서도 수명이 길어야 한다. 또한, 가습된 반응 가스의 원활한 공급을 수행하여야 하며, 전기화학 반응에 의해 생성되는 물의 제거가 용이해야 한다.

분리판으로는 금속 분리판, 흑연 분리판 등이

사용되었지만, 금속 분리판은 가공성, 부식성 등의 문제로 사용이 제한되고 있으며, 흑연 분리판은 기계 가공에 의한 유로 성형 비용이 높은 문제점을 가지고 있다.

이에 따라, 이를 해결하고자 고분자 복합수지 분리판에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 고분자 복합수지 분리판은 흑연 분말 및 고분자 수지를 적절히 혼합한 후 압축 성형 및 사출 성형을 통해 제조할 수 있으며, 유로를 포함한 분리판을 기계가공 없이 대량으로 저렴하게 생산할 수 있는 장점이 있다.

고분자 복합수지 분리판을 사용하는 일반적인 고분자 전해질형 연료전지의 작동온도는 대부분 100°C 이하이다. 이 경우, 상기 작동온도를 120~150°C로 올리게 되면, 분리막의 수소 이온 전도도가 증가하여 막 가습 단계를 줄일 수 있으며, 촉매의 활성이 증가하여 사용되는 촉매량 및 CO 피독 현상을 줄일 수 있는 장점이 있다. 기존의 고분자 연료전지의 고분자 복합수지 분리판은, 100°C 이하에서는 안정적으로 작동하지만, 100~150°C 이상에서 굽곡 강도(flexural strength) 및 모듈러스(modulus) 등과 같은 분리판의 기계적 물성이 급격히 감소함으로 인해 분리판으로서 기능을 상실하는 문제점을 가지고 있다. 즉, 분리판에 존재하는 기존의 고분자 성분이나 함량으로는 고온에서의 원활한 작동이 어려운 상태이다. 따라서, 이를 위해 고온 안정성 및 내구성이 우수한 재료의 개발 요구가 가속화되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 이와 같은 요구에 부

응하고자 고온 안정성 및 내구성이 뛰어난 연료전지용 고온형 복합수지 분리판 개발을 실시하였다.

## 2. 실험

### 2.1 Characterization of BPP

개발된 분리판의 굴곡강도 및 관통저항은 각각 ASTM D790, ASTM C611에 의거하여 측정되었다. 분리판의 온도에 따른 모듈러스 변화 및 유리전이 온도 측정은 DMA(Dynamic Mechanical Analyzer)를 이용하였으며, 측정 조건은 승온 속도 2°C/min, 10Hz, 50 $\mu$ m(amplitude)로 사용하였다.

### 2.2 Durability test

분리판에서 용출되어 나온 이온들이 연료전지 성능 저하의 원인이 될 수 있어, 이를 고찰하고자 탈 이온수에 개발된 분리판 조각을 넣은 후, 80°C에서 1500시간 동안 유지시키면서 추출이온 전도도를 측정하였다. 또한, 내구성 고찰을 위해 분리판 시편을 pH 1의 황산수용액에 넣고 온도를 80°C 유지시키며 굴곡강도와 무게 변화를 관찰하였고, 모든 결과는 상용 분리판과 비교 분석되었다.

### 2.3 Unit cell performance test

개발된 분리판 재료를 활용하여 압축성형 기술을 통하여 유로성형 단위전지 분리판이 성형되었고, 성형된 단위전지 분리판을 후가공 없이 단위전지 성능 테스트에 적용되었다. 비교를 위하여 기계 가공된 상용분리판 C를 이용하여 단위전지 성능 테스트를 실시하였다. 각 실험은 동일 MEA를 이용하여 2번씩 번갈아 가며 실시되었다.

Table 1. Conditions for cell performance test

Scanning	Down scan				
Materials	3M 7 Layer GEN 1 (active area = 50cm <sup>2</sup> )				
Humidification	Electrode	Gas	Cell Temp (°C)	Line Temp (°C)	Flow rate (lpm)
	Anode	H <sub>2</sub>	70	70	0.5
	Cathode	Air	70	70	1.8

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 Characterization of BPP

상용 분리판 A, B, C 세 종류의 개발 분리판인 GSC-LT, GSC-HT의 굴곡강도, 전도도(z-plane)를 측정 비교하였으며, 자체 개발된 분리판은 기존 상용제품에 비해 높거나 동등한 수준을 보임을 확인할 수 있었다.

또한, 분리판 고온 안정성의 지표로 DMA 결과를 바탕으로 한 상대 모듈러스(Relative modulus = modulus at 150°C/modulus at 25°C)가 사용되었으며, 고온형 분리판으로 개발된 GSC-HT는 타 분리판에 비해 상대 모듈러스가 매우 높음을 알 수 있었다(Figure 1).

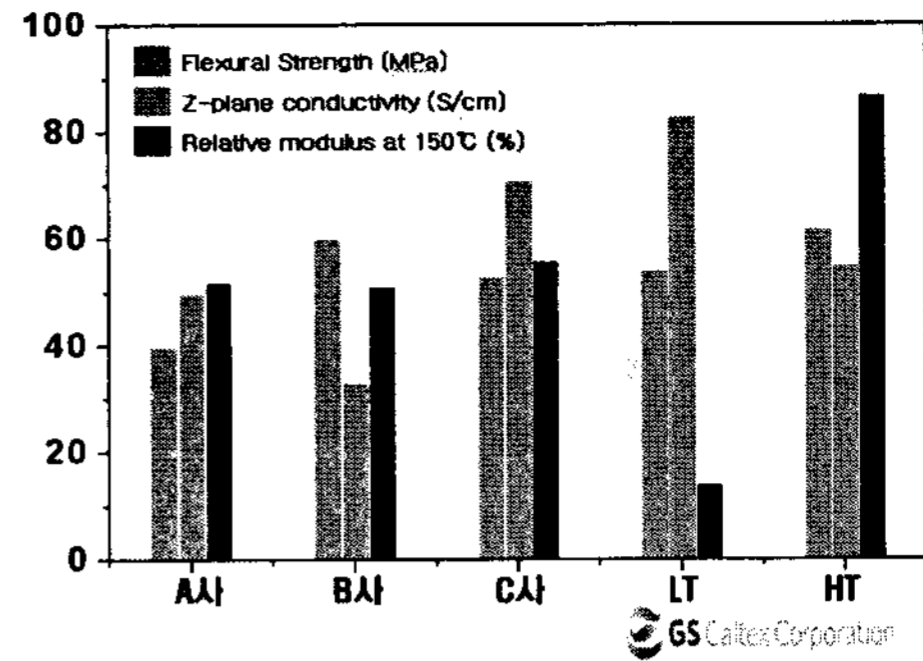


Figure 1. Typical properties of various BPP

이에 따라, 개발된 분리판의 기본 물성은 충분히 갖추어졌다고 판단할 수 있고, GSC-HT는 타 분리판에 비해 높은 열적 안정성을 지닌 것으로 볼 수 있다.

### 3.2 Durability test

고온 안정성 및 신뢰성 확인을 위하여 Table 1과 같은 조건으로 추출전도도 측정 및 노화실험을 진행하였다. 추출전도도 실험은 분리판에서 이온이 용출되어 연료전지 성능저하 및 내구성 저하의 원인으로 작용할 수 있어 그의 영향을 고찰하기 위해 실시되었으며, 노화실험은 시간에 따른 분리판 물성 및 무게 변화를 관찰하여 실시되었다.

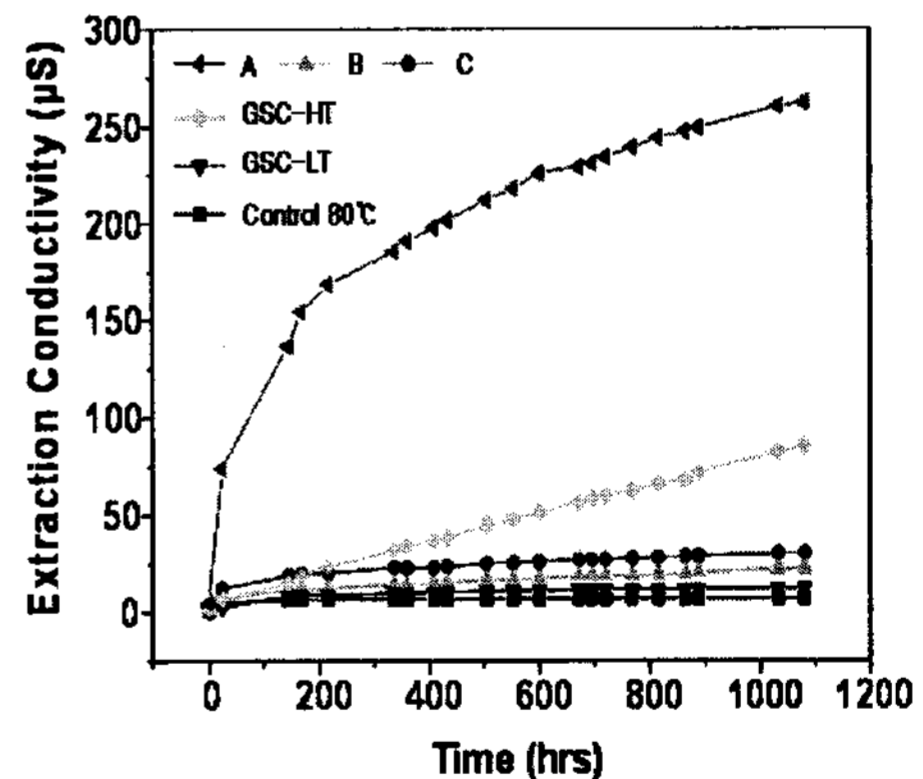


Figure 2. Extraction conductivity of Bipolar Plates

상용 분리판 A는 타 분리판에 비해 추출전도도가 매우 높음을 확인할 수 있었으며, 이는 연료전지 스택에 적용 시 장기성능 및 내구성에 영향을 미칠 가능성이 높은 것으로 사료된다. GSC-HT는 시간에 따라 추출전도도가 높게 나타나는데 이는 특정 성분에 의한 것으로 파악되어, 현재 이를 개선하기 위한 실험을 실시하는 중이다. 분리판 B, C 및 GSC-LT는 매우 낮은 추출전도도를 보이고 있음이 확인되었으며, 이는 분리판에서 용출되는 이온이 적어 연료전지 스택 적용 시 내구성 저하에 미치는 영향이 적을 것으로 사료된다. (Figure 2)

#### 4. 결론

1. PEMFC 스택에 사용가능한 복합수지 분리판이 성공적으로 개발되었으며, 기본 물성 및 내구성 실험결과 상용 분리판과 동등하거나 우수한 결과를 보였다.
2. 단위전지 성능테스트 결과 자체 개발된 유로성형 복합수지 분리판을 적용한 단위전지가 기계 가공된 복합수지 분리판이 적용된 것에 비해 고전류 영역에서 더 높은 성능을 나타냄을 확인하였다.

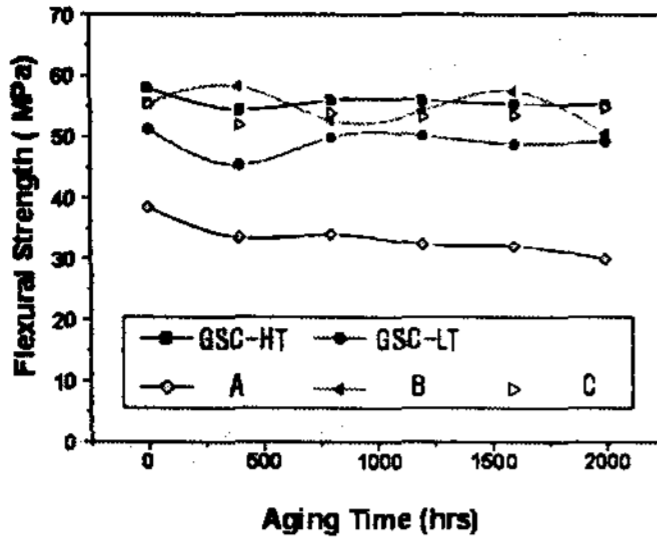


Figure 3-1. Flexural strength change in durability test

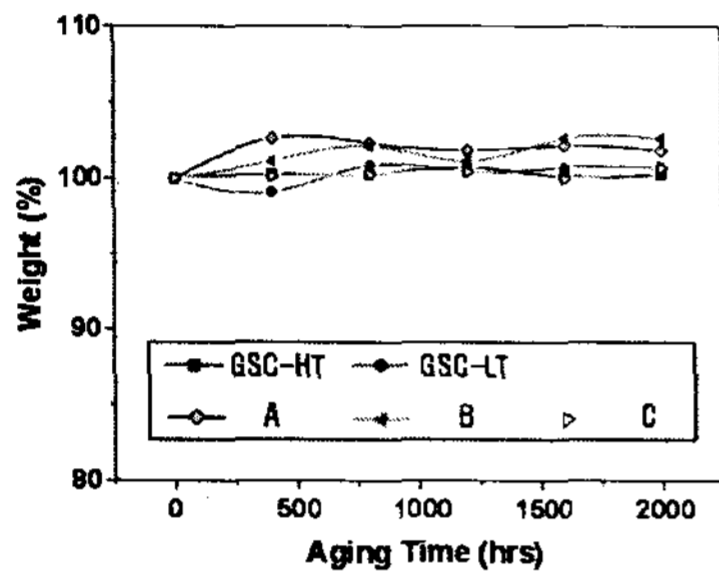


Figure 3-2. Weight change in durability test

다음으로 내구성 고찰을 위해 80°C의 황산수용액(pH 1)에 분리판을 넣고 굴곡강도와 무게 변화를 관찰한 결과, Figure 3-1 및 3-2에서 볼 수 있듯이, A의 상용 분리판을 제외하고는 모든 분리판의 굴곡강도 및 무게 변화는 매우 적은 수준인 것으로 나타났다. 상용분리판 A의 굴곡강도 저하 및 추출전도도 증가는 공통된 경향으로 상용분리판 A가 연료전지 스택에 적용하기에 적합하지 않다는 것을 보여주는 것이다.

#### 3.3 Unit cell performance test

단위전지 성능 테스트에서 고전류 영역에서 기계 가공된 분리판 C를 이용한 단위전지에 비해 개발된 유로성형 분리판을 이용한 단위전지 성능이 더 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 유로성형 분리판의 표면이 기계 가공된 분리판 보다 매끄러워 물 배출이 원활하게 일어난 것에 기인하는 것으로 추측된다.

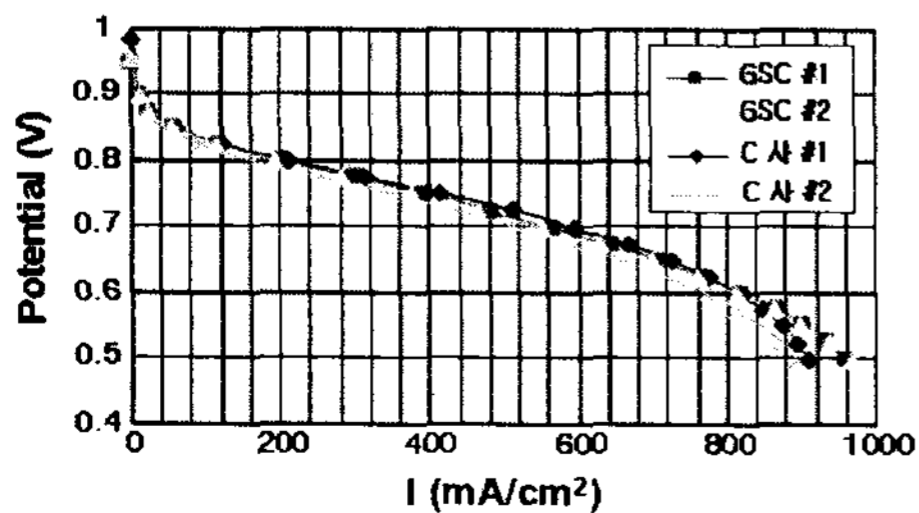


Figure 4. Unit cell performance test