

# 열가소성 복합재의 충전된 첨가제에 따라 사출성형 한 PEMFC Separator의 전기전도도 특성 연구

윤용훈\*, 임승현\*, 김동학\*  
\*순천향대학교 나노화학공학과  
e-mail:dhkim@sch.ac.kr

## Effect of various fillers on the moldability and electrical conductivity of PEMFC Separators made of thermoplastic composite

Yong-Hun Yoon\*, Seung-Hyun Lim\*, Dong-Hak Kim\*  
\*Dept of Chemical Engineering, SoonChunHyang University

### 요 약

본 논문에서는 Base resin으로 열가소성 고분자인 PPS(Poly(phenylene sulfide))를 사용하였으며, 물리적 및 화학적 특성을 증대시키기 위해 주 첨가제로는 Expanded graphite와 보조 첨가제로 Glass fiber와 Carbon fiber를 사용하여 2가지의 복합 소재를 제조 하였다. 제조한 복합소재를 활용하여 최적의 사출 조건(사출 압력, 가열시간, 금형온도 등)으로 사출을 하였으며, 각각의 최종 시편을 four point probe 장치를 사용하여 전기전도도를 측정 비교 하였다.

### 1. 서론

연료전지는 20세기에 들어와서 화석 연료의 사용량 증가에 따른 환경오염으로 인해 최근 지구 온난화를 방지하기 위한 미래의 친환경 대체 에너지원으로 관심이 증가되면서 활발한 연구가 시작되었다. 40%이상의 에너지 효율이 높고, 연료 사용량은 적으며 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 등 환경 오염물질을 거의 배출하지 않고, 소음 또한 적다. 이와 같은 가치와 앞으로의 가능성을 인정받아 선진국을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있으며 현재는 중·소형 발전시스템, 전기자동차용, 휴대 전자 장비용 및 가정용 등의 다양한 범위로 응용 연구가 진행되고 있다.

현재 많은 연구가 진행 중인 고분자 전해질 연료전지는 수소이온교환특성을 갖는 고분자막을 전해질로 사용하는 연료전지로서 Solid polymer electrolyte fuel cell(SPEFC), Solid polymer fuel cell(SPFC), Polymer electrolyte fuel cell(PEFC), Proton-exchange membrane fuel cell(PEMFC) 등의 다양한 이름으로 불리고 있다. 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)는 높은 에너지 밀도를 가지고 높은 에너지 효율, 낮은 작동온도 및 빠른 구동 속도로 인하여 소형 발전 시

스템, 가정용 연료전지 및 자동차 분야에 폭넓게 사용 될 수 있어 많은 연구가 진행 되었다.

현재 PEMFC를 사용화하기 위해 제조 원가를 절감하려는 노력이 활발하게 진행되고 있다. 원가 절감을 위해 PEMFC에서 60%에 해당하는 무게 비중과 30%에 해당하는 가격 비중을 차지하고 있는 분리판(Separator)을 사용화하기 위해 여러 물질이 연료전지 분리판의 소재와 성형법이 연구되어 왔다. 초기에 연구된 흑연 평판에 채널을 가공한 기계가공 분리판은 깨지기 쉽고 두께를 줄이기 어려웠으며 시간이 오래 걸려 가공비용이 많이 소요되었다. 그리고 금속을 이용할 경우에는 밀도가 높고 가공비용이 많이 들며 부식에 약한 단점이 있었다.

이러한 단점을 보완하기 위해 흑연과 같은 전도성이 뛰어난 탄소계열의 충전제를 고분자와 blending하여 복합재료를 제조하는 연구가 수행되고 있다. 탄소/고분자 복합재료는 제조비용이 적고, 경량화가 가능하며 제조공정이 간단하여 제조시간을 줄일 수 있다. 또한 고분자 수지의 사용으로 인해 흑연 평판을 가공한 분리판 보다 높은 연성을 가질 수 있다. 하지만 연료전지를 보급하기 위해서 분리판(Separator)의 경량화와 낮은 가격 및 연속공정을 통한 경제성

확보가 시급한 실정이다.

본 연구에서는 열가소성 고분자인 PPS (Poly(phenylene)sulfide)를 사용하였으며, 물리적 및 화학적 특성을 증대시키기 위해 주 첨가제로는 Expanded graphite(EG)와 보조 첨가제로는 Synthetic graphite(SG), Glass fiber(GF)와 Carbon fiber(CF)를 사용하여 2가지의 복합 소재를 제조 하였다. 제조한 복합소재를 활용하여 최적의 사출 조건(사출압력, 가열시간, 금형 온도 등)으로 사출을 하였으며, 각각의 최종 시편을 이용하여 전기전도도를 측정 비교 하였다.[1],[2]

## 2. 실험

### 2.1 E-MOLD 금형

본 연구에서 사용된 금형은 channel을 갖는 PEMFC용 분리판(Separator) 제작을 위해 설계 및 제작 되었으며, 금형구조는 그림. 1에 나타내었다.



[그림 1] Separator 금형 구조

### 2.2 분리판(Separator) 제작 및 전기전도도 측정

전열가열방식(E-MOLD)을 이용하여 PEMFC용 분리판(Separator)을 제작하였다. 사출성형기는 MD100X-HP/AP를 사용하였고, resin은 PPS(Poly(phenylene sulfide))와 Expanded graphite(EG), Synthetic graphite(SG), Glass fiber(GF) 또는 Carbon fiber(CF)를 사용하였고, 함량은 표. 1에 나타내었다.

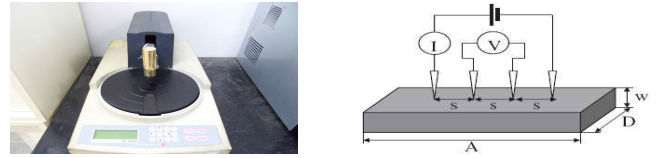
[표 1] Resin 함량

Resin	함량(wt%)
PPS	37
EG	50
SG	8
GF or CF	5

성형은 일반 사출성형, E-MOLD 사출성형, 사출압축성형으로 하였으며, 사출 조건은 사출압력, 가열시간, 금형온도, 사출압축기능에 따라서 성형성을 비교하였다.

전기전도도는 four point probe 기법으로 시편을 총 6~8 부분으로 나누어 측정하였고, 장치는 그림. 3에

나타내었다.



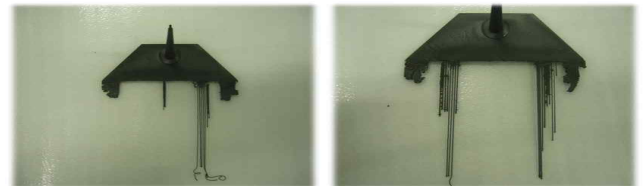
[그림 3] Four-point probe 전기전도도 측정 장치

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 분리판(Separator) 제작

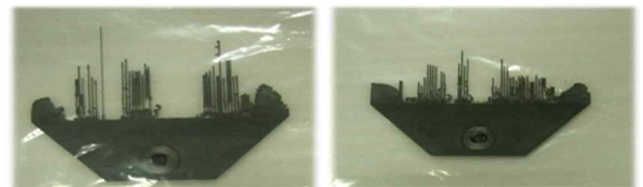
시편 제작은 표. 1과 같은 함량으로 제작되었으며, 성형조건과 보조첨가제에 따른 성형성을 확인하였다. Glass fiber가 들어간 경우에는 사출압력, 금형온도와 가열시간, 사출압축기능, 사출압축기능(V-P절환위치)에 따른 성형성을 보았으며, Carbon fiber가 들어간 경우에는 최적의 사출조건에 맞춰서 성형하였다.

그림. 4는 사출압력에 따른 성형성, 그림. 5는 금형온도와 가열시간에 따른 성형성, 그림. 6은 사출압축기능에 따른 성형성, 그림 .7은 사출압축기능(V-P절환위치)에 따른 성형성을 나타낸다. 그리고 그림. 8은 Carbon fiber가 함유된 사출압축성형을 나타낸 것이다.



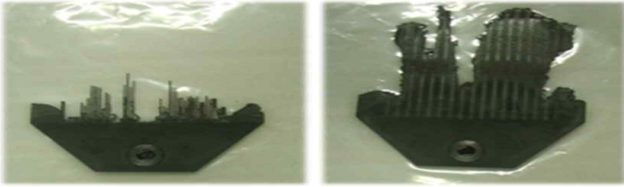
사출속도	100mm/s	사출속도	100mm/s
사출압력	200Mpa	사출압력	300Mpa

[그림 4] 사출압력에 따른 성형성



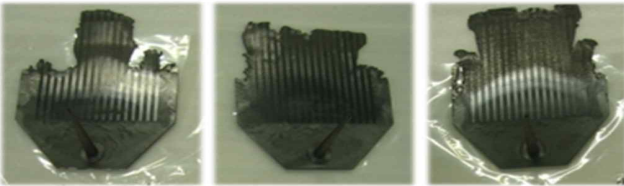
사출속도	100mm/s	사출속도	100mm/s
사출압력	300Mpa	사출압력	200Mpa
가열시간	15sec	가열시간	20sec
금형온도	150℃	금형온도	200℃

[그림 5] 금형온도와 가열시간에 따른 성형성



사출속도	100mm/s	사출속도	100mm/s
사출압력	300Mpa	사출압력	300Mpa
가열시간	15sec	가열시간	15sec
금형온도	150℃	금형온도	150℃
고속사출+E-MOLD		고속사출+E-MOLD+사출압축	

[그림 6] 사출압축기능에 따른 성형성



사출속도	100mm/s
사출압력	300Mpa
가열시간	23sec
금형온도	200℃
고속사출+E-MOLD+사출압축	
V-P 절환 위치	
15mm	12mm
	8mm

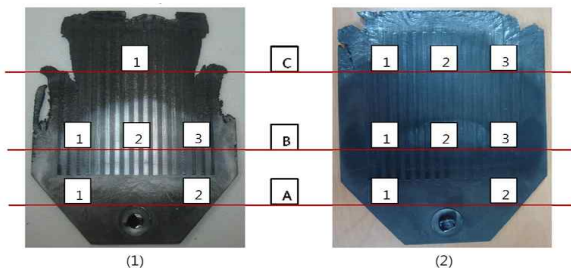
[그림 7]사출압축기능(V-P절환위치)에 따른 성형성



[그림 8] Carbon fiber가 함유된 사출압축성형에 따른 성형성

### 3.2 전기전도도 특성 평가

최종 시편은 그림. 9에 나타내었다. (1)은 Glass fiber를 함유시킨 것이고, (2)는 Carbon fiber를 함유시킨 것이다. 전기전도도 측정값은 표. 2, 표. 3에 나타내었다.



[그림 9] 최종 분리판(Separator) 시편

[표 2] 시편(1)의 전기전도도 (S/cm)

위치	1	2	3
A	11.84	11.13	-
B	8.71	7.99	8.71
C	15.23	8.71	-

[표. 3] 시편(2)의 전기전도도 (S/cm)

위치	1	2	3
A	9.26	12.31	-
B	11.86	12.55	11.711
C	16.06	19.54	15.56

## 4. 결론

일반 성형에서는 사출압력, 금형온도, 가열시간에 따라서는 성형성이 큰 차이가 없었으나, E-MOLD와 사출압축기능을 접목시켰을 경우에는 미성형이지만 우수한 성형성이 보이는 것을 확인 할 수 있었다. E-MOLD가 접목되면서 온도를 상승시켜 resin의 유동성이 높아져 성형성이 우수해졌다고 볼 수 있고, 사출압축기능이 접목되면서 일부는 사출로 이루어지고 일부는 높은 압력으로 압축성형을 하여 성형성이 우수해졌다고 볼 수 있다.

전기전도도 측정은 four point probe기법으로 시행되었으며, Glass fiber가 첨가된 시편과 Carbon fiber가 첨가된 시편으로 측정 비교하였다. 비교 결과 Carbon fiber의 전기전도도가 더 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 Glass fiber 보다 Carbon fiber가 conductivity path 확보에 더 유리하고, Base resin과 fillers의 상호작용이 일어나는데 더 도움이 되는 것으로 볼 수 있다.

따라서 성형성을 높이기 위해서는 형체력이 높은 사출기 사용과 일반 사출성형 보다는 E-MOLD와 사출압축기능이 접목되는 것이 우수한 성형성을 확보할 수 있는 요소라고 볼 수 있으며, 전기전도도 측면에서는 Glass fiber의 함유 보다 Carbon fiber를 함유시킴으로써 전기전도도를 향상시키는데 유리한 것을 확인할 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

## 참고문헌

- [1] 김남훈. “하이브리드 카본이 충전된 열가소성 복합재 분리판의 특성 연구”, 전북대학교 대학원, 2009.
- [2] 이광용. “고분자 복합재료를 이용한 PEMFC용 분리판의 특성 연구”, 경희대학교 대학원, 2008.
- [3] Shu-Hang Liao, Cheng-Chin Weng, Chuan-Yu Yen, Min-Chien Hsiao, Chen-chi M. Ma, Ming-Chi Tsai, Ay Su, Ming-Yu Yen, Yu-Feng Lin, Po-Lan Liu, “Preparation and properties of functionalized multiwalled carbon nanotubes/polypropylene nanocomposite bipolar plates for polymer electrolyte membrane fuel cells”, *Journal of power sources*, vol. 195, pp. 263~270, 2010
- [4] V.S. Mironov, J.K. Kim, M. Park, S. Lim, W.K. Cho, “Comparison of electrical conductivity data obtained by four-electrode and four-point probe methods for graphite-based polymer composites”, *POLYMER TESTING*, vol. 26, pp. 547~555, 2007
- [5] Chen, S. C., Cheng, C.K., Shin, M.Y., “Effects of Molding Parameters on the Through-Plane Resistance of Injection Molded Composite Polymer Bipolar Plate”, *Journal of polymer engineering*, vol. 29, pp. 121~134, 2009
- [6] CHEN HUI, LIU HONG-BO, LI JIAN-Xin, YANG LI AND HE YUE-DE, “Characteristics and Preparation of Polymer/Graphite Composite Bipolar Plate for PEM Fuel Cells”, *Journal of composite materials*, vol. 43, pp. 755-768, 2009
- [7] L.N. Song, M. Xiao, Y.Z. Meng, “Electrically conductive nanocomposites of aromatic polydisulfide/expanded graphite”, *COMPOSITES SCIENCE AND TECHNOLOGY*, vol. 66, pp. 2156-2162, 2006
- [8] S. C. Chen, M. T. Shin, P. H. Lee, J. S. Huang, S. H. Wang and Y. H. Lin “Effects of Molding Parameters Control on Fiber Orientation and Distribution Leading to High Electrical Conductivities of Injection Molded Bipolar Plates”, *Society of Plastics Engineers ANTEC2009*, pp. 619-623, 2009
- [9] Chao-Kuang Chen, Jenn-Kun Kuo, “Nylon 6/CB Polymeric Conductive Plastic Bipolar Plates for PEM Fuel Cells”, *Journal of applied polymer science*, vol. 101, pp. 3415-3421, 2006