

열가소성 수지와 carbon 충전체에 따른 PEMFC용 Separator의 전기 전도도 특성 연구

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

Effect of various carbon fillers on the electrical conductivity of PEMFC Separator 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 PP(Polypropylene)를 사용하였으며, 물리적 및 화학적 특성을 증대시키기 위해 주 첨가제로는 Expanded graphite와 보조 첨가제로 Multiwall carbon nanotube를 사용하여 2가지의 복합 소재를 제조 하였다. 제조한 복합소재를 활용하여 compression molding을 하였으며, 각 함량별 시편을 four point probe 장치를 사용하여 전기전도도를 측정 비교 하였다.

1. 서론

고분자 전해질 연료전지(Proton exchange membrane fuel cell)는 1960년대 초 우주선용으로 개발이 시작 되었으나 우주선에 알칼리 연료전지가 사용됨으로써 한 동안 기술 개발이 중단 되었다. 하지만 20세기에 들어와서 화석 연료의 사용량 증가에 따른 환경오염으로 인해 최근 지구 온난화를 방지하기 위한 미래의 친환경 대체 에너지원으로 다양한 형태의 연료전지가 관심이 증가 되면서 활발한 연구가 시작 되고 있다. 고분자 연료전지는 출력 특성이 타 연료전지에 비해 월등히 높고 작동 온도가 낮아 현재 이동 전원이나 분산 전원으로의 이용을 목적으로 전 세계적으로 활발히 개발이 추진되고 있다. 현재 고분자 전해질 연료전지를 상용화하기 위해 제조 원가를 절감하려는 노력이 활발하게 진행되고 있다. 원가 절감을 위해 고분자 전해질 연료전지에서 50%정도에 비중을 차지하고 있는 분리판을 상용화하기 위해 여러 물질이 연료전지 분리판의 소재와 성형법이 연구 되어 왔다. 분리판은 연료와 산화제를 공급해 주는 통로를 제공하는 동시에, 연료극에서 생성된 전자를 공기극 쪽으로 전도해 주는 집전 역할을 수행하고, 전지 운전 중에 생기는 물을 유로를 통해 제거해 주는 통로 역할을 한다. 또한 분리판은 MEA를 지지

해주는 지지체로서 스택을 이룰 수 있도록 하며, 반응열을 제거하여 스택 온도를 일정하게 유지 할 수 있도록 냉각수 통로 역할도 수행한다. 이와 같이 분리판은 우수한 전기전도성과 강도를 가져야 한다. 또한, 가벼워야 하며, 내 부식성, 가공성이 우수하여야 하고 저렴해야 한다.

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 충전체를 고분자와 mixing하여 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.[1,2,3,4]

본 연구에서는 열가소성 고분자인 PP(Polypropylene)를 사용하였으며, 전기전도도를 향상시키기 위해 주 첨가제로는 Expanded graphite(EG)와 보조 첨가제로

는 multiwall carbon nanotube(MWCNT)를 사용하여 복합 소재를 제조 하였다. 제조한 복합소재를 활용하여 compression molding을 하여 시편을 제작하였으며, 각 함량별 시편을 이용하여 전기전도도를 측정 비교 하였다.

2. 실험

2.1 분리판(Separator) 제작 및 전기전도도 측정

복합소재를 제조하기 위해 PP 2종류와 MWCNT를 BRABENDER를 이용하여 mixing하였다. Mixing된 복합소재를 hot press와 cooling press를 이용하여 compression molding하여 14cm*14cm의 정사각형 시편을 제작하였다. 표 1과 표 2는 복합소재의 함량을 나타내었다.

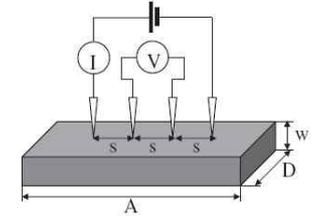
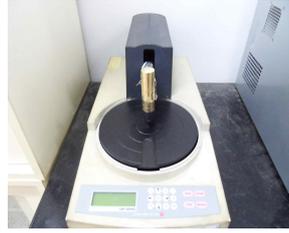
[표 1] Resin 함량

	Base resin	Filler	
	PP(HJ700)	Expanded graphite	MW-CNT
Case 1	50g	50g	
Case 2	35g	65g	
Case 3	25g	75g	
Case 4	15g	85g	
Case 5	50g	49g	1g
Case 6		48g	2g
Case 7		47g	3g
Case 8		45g	5g
Case 9	35g	64g	1g
Case 10		63g	2g
Case 11		62g	3g
Case 12		60g	5g

[표 2] Resin 함량

	Base resin	Filler	
	PP(LICOCENE 1302)	Expanded graphite	MW-CNT
Case 1	50g	50g	
Case 2	35g	65g	
Case 3	25g	75g	
Case 4	15g	85g	
Case 5	50g	49g	1g
Case 6		48g	2g
Case 7		47g	3g
Case 8		45g	5g

전기전도도는 four point probe 기법으로 시편을 총 5 부분으로 나누어 측정하였고, 장치는 그림. 1에 나타내었다.

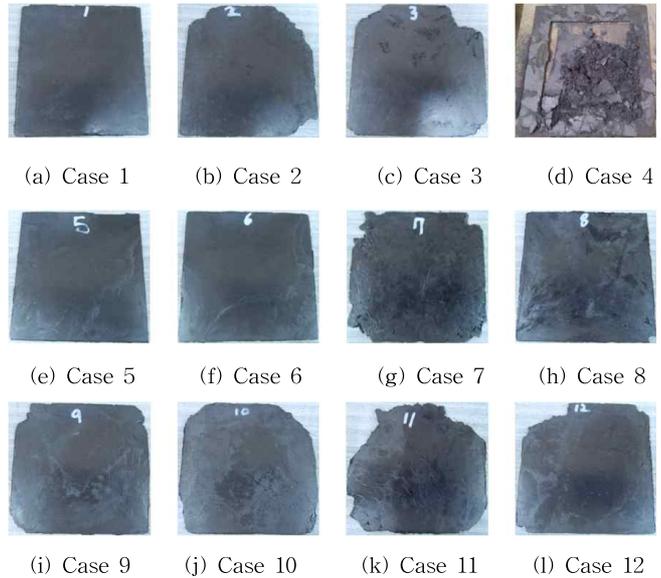


[그림 1] Four-point probe 전기전도도 측정 장치

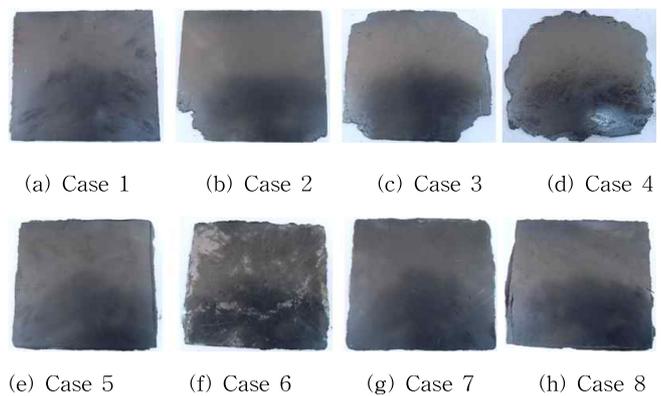
3. 결과 및 고찰

3.1 분리판(Separator) 제작

시편 제작은 표. 1과 표. 2와 같은 함량으로 제작되었으며, 표. 1과 같은 함량으로는 12가지의 시편을 제작하였고, 표. 2와 같은 함량으로는 8가지의 시편을 제작하였다. 그림. 2와 그림. 3은 제작한 시편을 나타내었다.



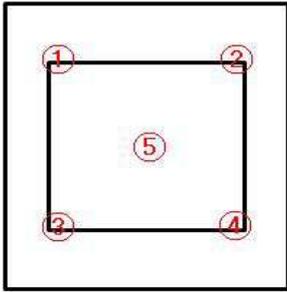
[그림 2] Specimen(PP-HJ700)



[그림 3] Specimen(PP-LICOCENE 1302)

3.2 전기전도도 특성 평가

시편의 전기전도도 측정을 위한 위치는 그림. 4에 나타내었다. 전기전도도 측정값은 위치별로 측정하여 평균값으로 계산 하였으며, 표. 3과 표. 4에 나타내었다.



[그림 4] 전기전도도 측정 위치

[표 3] Specimen(PP-HJ700)의 전기전도도 (S/cm)

시편	전기 전도도(S/cm)
Case 1	2.1
Case 2	41.5
Case 3	60.6
Case 4	측정 불가
Case 5	2.2
Case 6	7.1
Case 7	12.1
Case 8	13.1
Case 9	28
Case 10	26.7
Case 11	19
Case 12	41.4

[표 4] Specimen(PP-LICOCENE 1302)의 전기전도도 (S/cm)

시편	전기 전도도(S/cm)
Case 1	3.88
Case 2	41.32
Case 3	96.09
Case 4	131.45
Case 5	7.54
Case 6	11.70
Case 7	12.84
Case 8	12.89

4. 결론

본 논문에서는 2 종류의 PP에 따라 성형성 및 filler의 분산성을 확인 할 수 있었다.

Expanded graphite가 85 wt%가 들어갔을 때의 성형성을 본다면 일반적인 HJ700 PP보다 왁스 type의 LICOCENE 1302 PP가 성형성이 우수하다는 것을 볼 수 있다. 이는 binder역할을 하는 PP와 filler의 mixing이 원활하게 잘 이루어졌다고 볼 수 있다.

전기전도도 측정은 four point probe기법으로 시행

되었으며, PP의 종류에 따라 제작된 시편으로 측정 비교 하였다. 비교 결과 왁스 type의 LICOCENE 1302 PP가 함유된 복합소재 시편의 전기전도도가 더 우수한 것을 확인 할 수 있었다. 이는 binder역할을 해주는 PP가 filler와 얼마나 mixing이 잘 되느냐에 따라 물성적인 측면에 영향을 줄 수 있다는 것을 보여준다.

따라서 점도가 낮고, MI가 높은 resin일 수록 mixing하기가 어려운 carbon계의 filler와 mixing이 원활하게 이루어져 분산성을 높일 수 있어 시편 전체적인 물성을 향상시키는 데 유리한 것을 확인 할 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] 김현선, 홍성욱, 최원석, 김정현. “고분자 전해질 연료전지용 탄소 복합체 Bipolar Plates의 기체 투과 특성 연구”, 국립한밭대학교 화학공학과, 한국타이어 중앙연구소, Membrane Journal, Vol. 15, No. 2 June, 2005, pp. 141-146.
- [4] 강현민, 한인수, 임찬. “고분자 전해질 연료전지 복합수지 분리판 개발”, 한국신·재생에너지학회 2007년도 추계학술대회논문집, pp. 5-7.
- [5] 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.
- [6] 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.

- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.