

PEM 연료전지 분리판용 흑연입자 복합재의 성형성 평가

이희섭*(서울대 대학원 기계항공공학부), 김성근(서울대 대학원 기계항공공학부),
김형중(서울대 대학원 기계항공공학부), 안성훈(서울대 기계항공공학부)

Moldability of graphite composite bipolar plate for PEM fuel cell

H. S. Lee, S. G. Kim, H. J. Kim(School of Mechanical & Aerospace Engineering, SNU)
and S. H. Ahn(School of Mechanical & Aerospace Engineering, SNU)

ABSTRACT

The bipolar plate is a major component of the PEM fuel cell stack, which takes a large portion of stack cost. In this study, as alternative materials for bipolar plate of PEM fuel cells, graphite composites were fabricated by compression molding. Graphite particles mixed with epoxy resin were used as the main substance to provide electric conductivity. Flow channels were fabricated by compression molding, and design of experiments (DOE) was applied to the tests to evaluate moldability. Results showed that land width and channel depth were two significant factors for moldability, and channel width had little influence on the moldability.

Key Words : PEM fuel cell (고분자 전해질 연료전지), Bipolar plate (분리판), Graphite particles (흑연입자), Moldability (성형성)

1. 서론

연료전지는 40% 이상의 높은 에너지 효율과 무공해, 무소음 등의 특징을 가지고 있으며, 보통 사용되는 전해질에 따라 여러 종류로 구분된다. 그 중에서 고분자전해질 연료전지는 높은 전력밀도와 낮은 반응온도, 빠른 시동조건 및 지속적인 연구를 통해 다양한 분야에서 적용이 기대된다.

연료전지 스택(Stack)은 수소와 산소의 화학반응을 통해 전기를 발생시키는 여러 개의 단위전지가 직렬로 적층된 형태를 이루고 있다. 이 중에서 분리판(Bipolar plate)은 스택 내에서 (1) 각각 셀 간의 분리, (2) 연료와 공기, 그리고 물이 지나가는 통로 역할, (3) 단위전지 속에서 전류를 흐르게 하는 역할, (4) MEA (Membrane Electrode Assembly)의 지지 역할 등 다양한 기능을 담당하고 있다¹.

이러한 다양한 조건을 만족시키기 위해 여러 가지 소재를 사용하여 분리판을 제작하려는 연구가 진행되고 있다².

본 연구에서는 입자와 수지의 혼합으로 간단한 채널형상을 가진 복합재를 다구찌기법을 적용하여 제작하고, 이 소재의 성형성을 평가해 보았다³.

2. 실험

실험은 에폭시수지(YD-128)와 경화제, 경화촉진제는 (주)국도화학의 제품을 사용하였으며(Table 1),

흑연입자는 (주)카보닉스의 제품을 사용하였다(Table 1, Fig. 1).

흑연입자 복합재의 제조 방법은 우선, 에폭시수지와 경화제 그리고 경화촉진제를 일정한 비율로 혼합한 뒤 흑연입자를 원하는 부피비율로 첨가하여, Hot-press를 이용한 압축성형방법으로 제작하였다.

Table 1 Properties of epoxy resin, graphite particle

Material	
Property	Epoxy resin (YD-128)
Density	1.17 g/cc
Viscosity	11500-13500 cps at 25 °C
Graphite particle (P-15)	
Density (Apparent bulk density)	0.9 g/cm ³
Diameter	18.8 μm

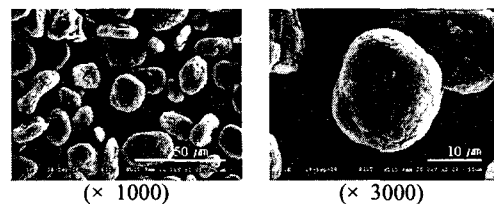


Fig. 1 SEM (Scanning Electron Microscope) pictures of graphite particles used in this study

3. 결과

흑연입자 복합재의 성형성에 영향을 미치는 인자들은 여러 가지가 있다. 우선 채널의 깊이와 넓이를 중요한 인자로 들 수 있으며, 다른 인자들로는 채널과 채널사이의 넓이(land width), 모서리의 곡률(roundness), 제작온도, 압력 등이 있다. 하지만 압축 성형조건은 기존의 실험에서 찾은 (90 vol% graphite, 10MPa, 120°C) 조건으로 정하고, 나머지 채널의 깊이, 넓이, 채널과 채널사이의 넓이, 모서리 곡률을 영향인자로 정하였다⁴(Fig. 2). Table 2는 이 네 가지 인자들과 그것의 수준을 나타낸 표이다.



Fig. 2 Geometric parameters studied for moldability

Table 2 Levels of selected factors

Factor \ Level	0	1	2
Channel depth (mm)	1	1.5	2
Channel width (mm)	1	1.5	2
Land width ((mm)	1	1.5	2
Roundness (mm)	0	0.2	0.4

다구찌 방법의 강건설계는 잡음인자의 영향을 최소화하고 품질을 강건하게 유지시키기 위해 SN비(signal to noise ratio)를 사용한다. SN 비는 신호대 잡음의 비율로 입력신호의 크기와 잡음이 주는 영향의 크기의 비율로 나타난다. 따라서 각각의 조절인자의 SN 비를 크게 만드는 값을 그 인자의 값으로 결정하면 그 값은 잡음에 대해 강건한 성질을 갖게 된다. SN 비는 목적함수, 즉 특성치에 의해 그 정의가 달라지는데, 본 연구의 목표특성인 채널의 성형성은 오차가 작을수록 좋으므로 망소특성을 갖는다. 망소특성의 경우 손실함수의 기댓값 $L=kE(y^2)$ 을 최소화시키는 SN비를 생각하여 준다(식 1).

$$SN = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

여기서 n 은 측정값의 수를, y_i 는 측정된 특성값을 나타낸다. 단위는 데시벨이다.

Table 3은 실험결과와 4인자 3수준계의 $L_9(3^4)$ 형 직교배열표를 나타내고(Fig. 3), Table 4는 성형성 실험에 대한 응답특성 표이다.

성형성 실험결과 A0, B2, C1, D0(depth=1 mm, width=2 mm, land width=1.5 mm, roundness=0) 조건에서 가장 좋은 특성을 나타내었다. 채널과 채널 사이의 간격, 채널의 깊이, 모서리의 곡률, 채널의 넓이 순으로 채널의 성형성에 영향을 미침을 알 수 있었다.

Table 3 Orthogonal arrays and experimental results of moldability

Exp. No.	A	B	C	D	Error (%)				SN ratio
					1	2	3	4	
1	0	0	0	0	12.42	13.04	13.73	8.40	-21.64
2	0	1	1	1	4.32	13.38	13.12	5.39	-19.02
3	0	2	2	2	1.98	12.00	11.13	4.16	-17.62
4	1	0	1	2	14.74	15.43	15.77	19.13	-23.30
5	1	1	2	0	21.30	24.14	24.67	16.09	-25.81
6	1	2	0	1	68.21	69.84	67.94	67.75	-35.74
7	2	0	2	1	41.33	57.03	39.54	8.24	-31.20
8	2	1	0	2	67.65	72.71	66.33	57.03	-35.44
9	2	2	1	0	10.30	10.24	8.46	3.42	-17.70

Table 4 Response table for moldability

Factors	Levels			Deviation	Percentage contribution (%)
	0	1	2		
A	-58.28	-84.85	-84.34	26.57	29.72
B	-76.14	-80.27	-71.05	9.22	10.31
C	-92.82	-60.02	-74.63	32.80	36.69
D	-65.14	-85.96	-76.37	20.81	23.28

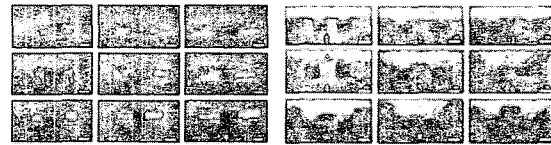


Fig. 3 Cross section of molds and parts (x 40)

4. 결론

간단한 채널 형상이 가공된 흑연입자 복합재의 성형성을 평가해 본 결과 land width와 channel depth가 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

후기

이 논문은 서울대학교 ERC(Micro Thermal System Research Center)의 지원으로 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Mehta, V., and Cooper, J. S., "Review and analysis of PEM fuel cell design and manufacturing," Journal of Power Sources, Vol. 114, pp. 32-53, 2003.
2. Heo, S. I., Yun, J. C., Jung, C. K., and Han, K. S., "Fabrication and Characterization of graphite reinforced conductive polymer composites," Proceeding of the KSCM Spring annual Meeting, pp. 147-150, 2004.
3. 박성현, "현대실험계획법," 민영사, pp. 631-657, 2001.
4. Lee, H. S., Kim, S. G., Ahn, S. H., Jeon, U. S., Ahn, S. Y., and Ahn, B. K., "Evaluation of fiber-reinforced bipolar plate for PEM fuel cell," Proceeding of the KSNRE Fall annual Meeting, 2005.