

막전극접합체의 물리적 손상이 고분자연료전지 특성에 미치는 영향

임 수진²⁾, 박 구곤¹⁾, 박 진수³⁾, 박 석희⁴⁾, 윤 영기⁵⁾, 이 원용⁶⁾, 이 영무⁷⁾, 김 창수⁸⁾

Effect of the physical damages in MEAs on the properties of PEFCs

SOO-JIN LIM, GU-GON PARK, JIN-SOO PARK, SEOK-HEE PARK, YOUNG-GI YOON,
WON-YONG LEE, YOUNG-MOO LEE and CHANG-SOO KIM

Key words : PEFC(고분자전해질연료전지), durability(내구성), pin-hole(구멍), gas cross-over(기체 투과도)

Abstract : 고분자전해질연료전지의 효율과 수명은 고분자 전해질 막과 밀접하게 관련되어 있다. 연료전지 상용화를 위해 내구성과 안정성은 반드시 확보되어야 한다. 본 연구에서는 고분자전해질연료전지용 막전극접합체에 대해서 제작과정, 체결과정 및 운전 중에 발생할 수 있는 물리적 손상이 연료전지에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 실제 고분자전해질연료전지 조건에서 구멍이 생기는 경우를 모사하기 위해 막전극접합체에 다양한 크기 및 형상의 물리적 손상을 형성시켰다. 또한 여러 위치에서의 손상도 비교하였다. 손상시킨 막전극접합체에 대해 단위전지 성능평가와 순환전압전류 실험을 비교 분석하였다. 막전극접합체의 결함이 커질수록 수소기체투과도는 증가하고, OCV와 성능은 감소하였다. 또한 성능과 수소기체투과도는 서로 관련이 있음을 알 수 있었다.

1. 서론

최근 고분자전해질연료전지의 상용화를 위한 연개개발이 자동차용 및 휴대용 연료전지를 중심으로 급속히 진행되고 있다. 이에 따라 연구개발의 중심은 점점 더 연료전지의 내구성 쪽으로 옮겨가고 있다. 특히 MEA의 내구성에 대해서는 많은 연구들이 진행되고 있다.

본 연구에서는 고분자전해질연료전지용 MEA에 대해서 제작과정, 체결과정 및 운전 중 발생할 수 있는 물리적 손상이 셀의 성능 및 내구성에 미치는 영향을 실험적으로 확인하고자 하였다. 임의의 구멍에 따른 성능 변화 및 재료의 물성변화를 비교 확인하여, 손상에 의한 성능저하 시작점을 확인하고, 이의 극복방안을 제시하고자 하였다.

2. 실험방법

물리적 손상에 따른 성능변화를 확인하기 위해, MEA에 여러 변수들로 구멍을 뚫은 후 I-V 성능, CV, 수소투과도 변화 등을 확인하였다.

먼저, MEA에 다양한 길이의 물리적 손상을 준 후, 셀의 성능 및 전기화학적인 물성변화를 조사하였다. 전기화학반응 특성 및 활성금속의 표면적 변화를 확인하기 위해 CV를 이용했으며, MEA

의 물리적 손상에 의한 기체의 섞임 정도를 확인하기 위해, 수소투과도의 변화를 측정하였다.

또한, 구멍의 위치에 따른 셀 성능 및 전기화학반응의 영향을 알아보기 위해 연료극 입구, 출구, 중앙에 5 mm의 구멍을 펀치로 뚫은 MEA를

- 1) 한국에너지기술연구원 고분자연료전지연구단
E-mail : gugon@kier.re.kr
Tel : (042)860-3782 Fax : (042)860-3104
- 2) 한국에너지기술연구원 고분자연료전지연구단
E-mail : sjlim@kier.re.kr
Tel : (042)860-3007 Fax : (042)860-3104
- 3) 한국에너지기술연구원 고분자연료전지연구단
E-mail : park@kier.re.kr
Tel : (042)860-3306 Fax : (042)860-3104
- 4) 한국에너지기술연구원 고분자연료전지연구단
E-mail : skipark@kier.re.kr
Tel : (042)860-3048 Fax : (042)860-3104
- 5) 한국에너지기술연구원 고분자연료전지연구단
E-mail : ygyoon@kier.re.kr
Tel : (042)860-3506 Fax : (042)860-3104
- 6) 한국에너지기술연구원 고분자연료전지연구단
E-mail : wy82lee@kier.re.kr
Tel : (042)860-3574 Fax : (042)860-3104
- 7) 한양대학교 화학공학과
E-mail : ymlee@hanyang.ac.kr
Tel : (042)860-3573 Fax : (042)860-3104
- 8) 한국에너지기술연구원 고분자연료전지연구단
E-mail : cskim@kier.re.kr
Tel : (042)860-3573 Fax : (042)860-3104

준비하여 동일한 실험을 반복하여 결과를 비교해 보았다.

성능평가의 조건은 Table 1에 나타내었다. 또한 CV는 0.01-1.2V영역에서 측정하였다.

Table 1. Detailed conditions of I-V performance evaluation

Operation temp. of cell [°C]		70
Relative humidity [%]		100
gas utilization	Anode [%]	75
	Cathode [%]	50

3. 결과 및 고찰

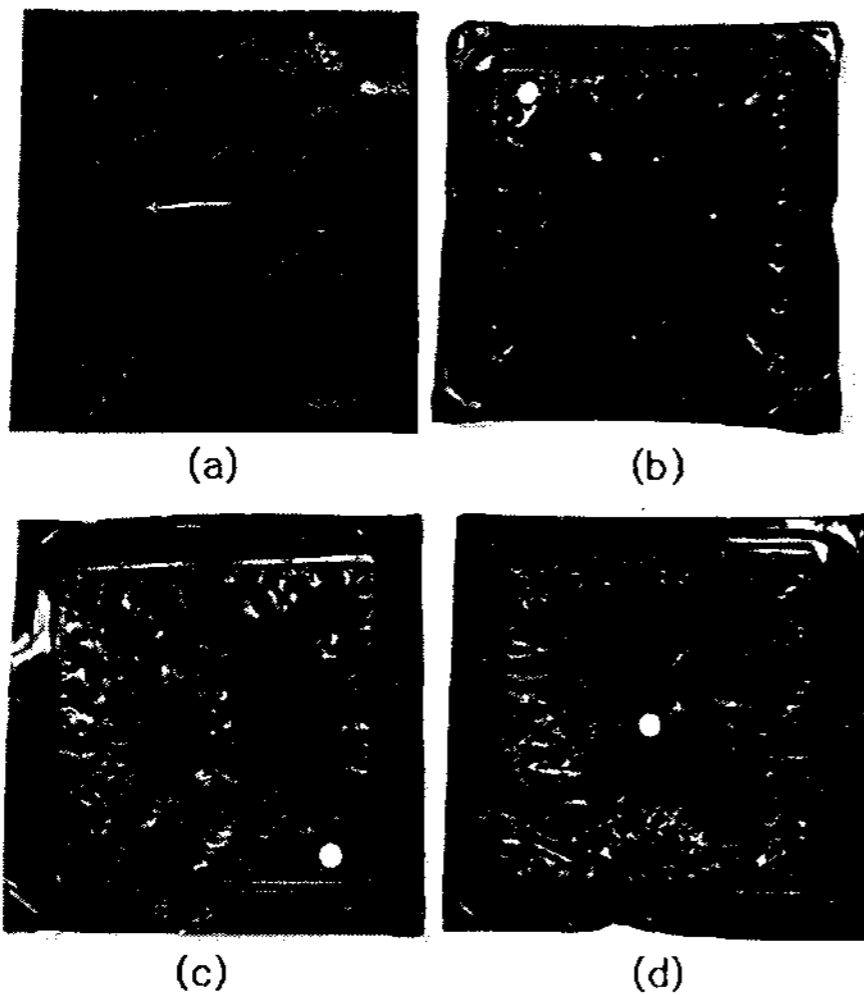


Fig. 1. Photo images of prepared MEAs. (a) 20 mm crack, (b) 5mm pin-hole at input side of hydrogen supply, (c) 5mm pin-hole at output side of hydrogen supply, (d) 5 mm pin-hole at center of hydrogen supply.

Fig. 1에서는 다양한 물리적 손상을 입은 MEA의 사진을 보여준다. 세로로 찢은 것과 구멍으로 뚫은 두 종류의 MEA를 준비하였다. 또한, 위치에 따른 영향을 보기위해 다른 위치에서 5 mm 구멍을 뚫은 MEA도 준비하였다.

3.1 물리적 손상의 크기에 따른 전기화학적 분석

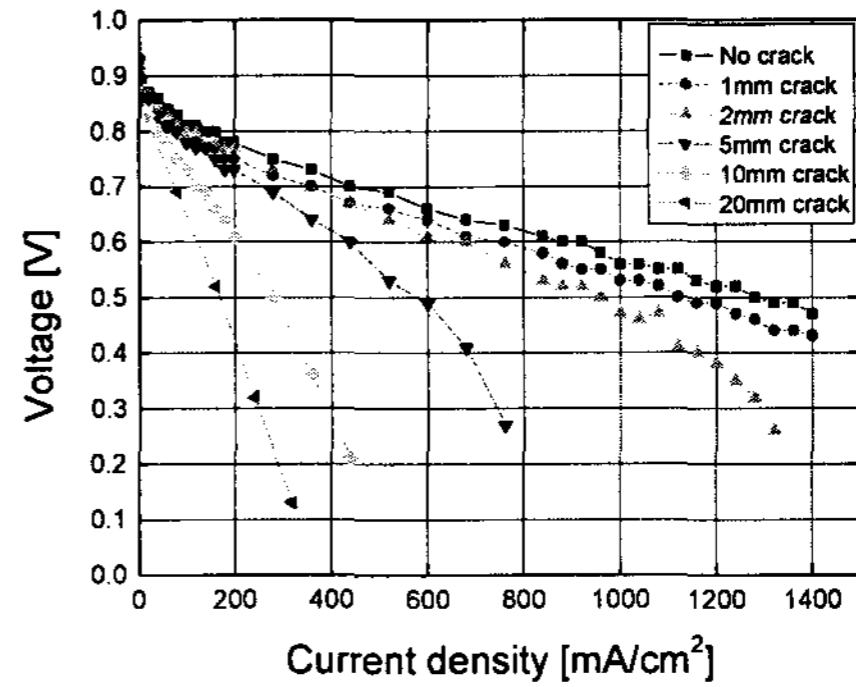


Fig. 2. I-V performance of MEAs with various physical damages.

Table 2. OCV changes with the length of cracks

Length of crack	OCV (Open Circuit Voltage) [V]
No	0.93
1 mm	0.92
2 mm	0.92
5 mm	0.89
10 mm	0.87
20 mm	0.86

Fig. 2에서는 MEA 찢어진 구멍 크기에 따른 성능변화를 보여준다. 찢어진 구멍 크기가 커질수록 성능이 감소함을 알 수 있다. 또한, Table 2에서는 open circuit voltage(OCV)변화를 보여준다. 구멍의 크기가 커질수록 기체가 섞여 OCV가 줄어들음을 알 수 있다.

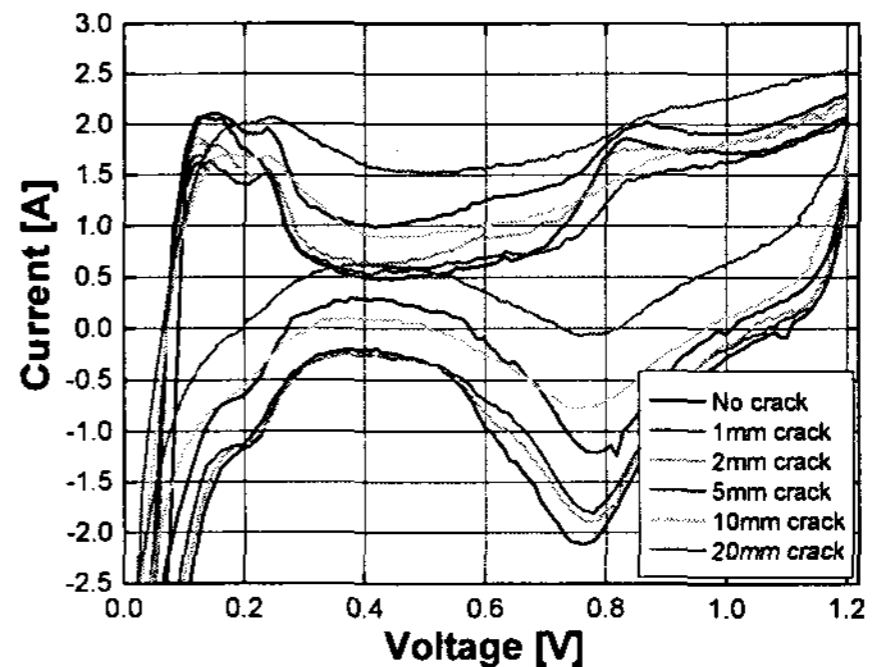


Fig. 3. CV for the different length of cracks in MEAs.

Table 3. Change of electrochemical surface area(ECSA) of MEA with crack

Length of crack	Normalization ECSA
No	1
1 mm	0.698
2 mm	0.644
5 mm	0.619
10 mm	0.607
20 mm	0.391

Fig. 3에서는 구멍 크기에 따른 CV변화를 보여 준다. Table3에서 볼 수 있듯이 구멍 크기가 커질수록 촉매활성면적은 점점 감소함을 알 수 있다. 이는 구멍이 I-V성능뿐만 아니라, 촉매활성 면적에도 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

3.2 물리적 손상의 위치에 따른 전기화학적 분석

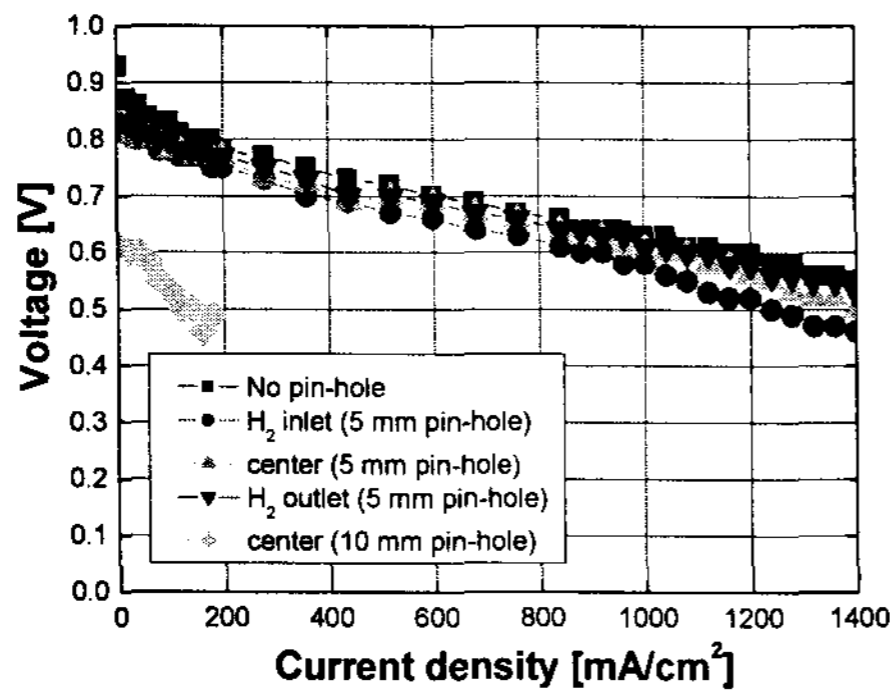


Fig. 4. I-V performance of MEAs with different position of pin-hole.

Table 4 OCV changes with the position of pin-holes

Pin-hole position & size	Voltage [V]
No	0.93
H ₂ inlet 5 mm pin-hole	0.83
Center 5 mm pin-hole	0.83
H ₂ outlet 5 mm pin-hole	0.83
Center 10 mm pin-hole	0.61

Fig. 4에서는 구멍의 위치에 따른 성능변화를 보여준다. 구멍이 연료극에 가까워질수록 성능이 감소함을 알 수 있다. 또한, OCV 값의 경우, 구멍의 위치보다는 크기가 더 큰 영향을 미침을 Table 4에서는 확인할 수 있다. 구멍의 크기가 커질수록 기체의 섞임 정도가 커지고, OCV는 줄어들음을 알 수 있다.

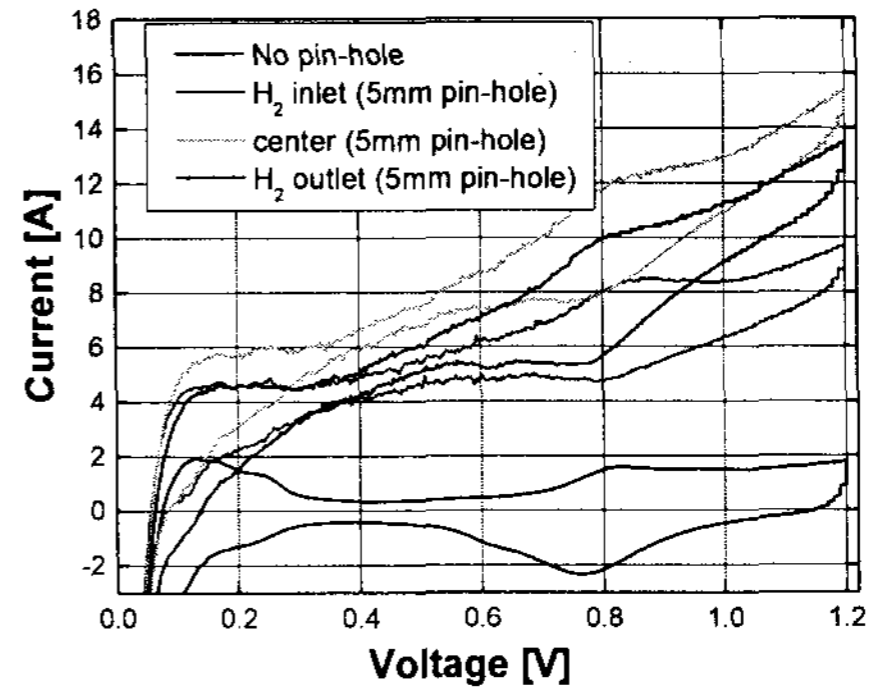


Fig. 5. CV for the different diameter of pin-holes in MEAs.

Fig. 5는 다른 모양의 CV를 보여준다. 기울기가 증가하는 이 그래프는 수소 기체투과도의 증가 및 양쪽 극간에 전기적인 합선이 발생했음을 보여준다.

4. 결론

MEA의 물리적 파손이 고분자 전해질 연료전지의 성능에 어떤 영향을 미치는지 살펴보기 위해, 크기와 위치가 다른 물리적 손상을 MEA에 입혀 성능, CV, 기체투과도 변화를 확인하였다. 그 결과 구멍의 위치보다 찢긴 크기가 성능에 더 큰 영향을 미쳤고, 연료극에 가까울수록 성능감소 정도가 더 크게 나타났다.

시스템 내에 장착된 스택에 대해서, 일반적인 측정 장치로 막의 물리적 손상을 미리 알아내기에는 사용할 수 있는 정보가 너무나 제한되어 있음을 알 수 있었다. 더욱이 일정 수준이상의 물리적 손상이 발생하더라도 운전이 가능하다는 결과는 막에 대한 물리적 손상 정도가 심각해지기 전에 미리 대처할 방안을 찾기가 쉽지 않음을 시사한다.

후 기

본 연구는 산업자원부 신재생에너지 기술개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.