

자동차용 25kW급 PEMFC 스택 개발

Development of 25kW class PEMFC stack for transportation

이종현, 김수환, 조일화, 임태원, 조원석

현대자동차 선행개발센터

1. 서론

환경문제는 21세기 초반 인류의 최대 관심사로서, 북미의 SULEV, ZEV 의무 판매와 같은 각종 배기규제, 지구 온난화 방지를 위한 이산화탄소 총량규제는 모두 환경을 지키고 인류의 복지를 증진하기 위한 각국 정부 및 UN정책의 결과라고 할 수 있다.^{1, 2, 5)} 환경문제가 자동차 산업에 미치는 영향은 매우 커서, 21세기에는 환경친화적 자동차 기술의 보유 유무가 자동차 회사의 운명을 좌우할 것으로 예측되기도 한다.^{3, 4)}

연료전지 자동차 개발은 출력밀도가 높아서 소형화가 가능하고 안정성이 우수한 고체 고분자 전해질형 연료전지(이하 PEMFC, Proton Exchange Membrane Fuel Cell)를 중심으로 여러 선진국에서 활발히 진행되고 있는데, 환경친화성과 연료 공급 편의성을 겸비한 것으로 차세대 자동차 중에서도 실용화의 가능성이 매우 높은 것으로 평가 받고 있다. 또한, 연료전지자동차의 궁극적인 연료는 수소로 예측되고 있으나, 수소 인프라 구축 문제로 액체연료, 즉 메탄올 또는 가솔린을 사용하는 연료전지자동차가 초기 상업화의 중심이 될 것으로 전망된다.^{6, 7)} 액체연료를 사용하는 연료전지자동차의 경우 응답성 및 시동시간 등을 개선하기 위해 2차전지/연료전지 하이브리드 형태로 개발되는 추세이다.^{8, 9)}

본 고에서는 이러한 연료전지자동차에 대한 현대자동차의 여러 가지 노력들 중에 차량동력발생부인 연료전지스택에 대한 독자개발현황 및 그 성과를 살펴보고 향후 개발방향을 소개하고자 한다.

2. 현대자동차(주)의 자동차용 PEMFC스택 개발 현황

현대자동차(주)의 PEMFC스택 개발은 1998년 11월부터 차세대 자동차 기술개발 사업의 하나인 “연료전지 하이브리드 추진차량 설계기술 개발”과제에 참여하면서부터 본격적으로 추진되기 시작하여, 1999년 9월에 발표된 2kW급 스택기술을 기반으로 2000년 10kW급 스택을 개발하여 Sportage 연료전지 하이브리드 차량에 적용하였으며, 2001년 개발된 25kW급 스택을 기본으로 2002년 성능이 개선된 25kW급 스택을 SantaFe 연료전지 하이브리드 차량에 적용할 예정이며, 향후 50kW급 및 80kW급 스택의 독자개발을 통하여 자동차의 동력발생원인 스택에 대한 기술의 자립기반을 확보하고자 많은 노력을 기울이고 있다.

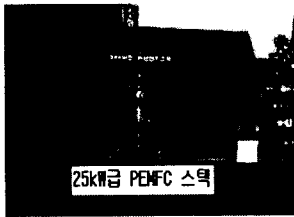
3. 자동차용 25kW급 PEMFC 스택 개발

25kW급 PEMFC 스택은 차량의 운행이라는 특수한 환경에 대한 다양한 요구 조건들을 만족할 수 있도록 다음의 특성을 고려하여 2000년에 개발된 10kW급 연료전지 스택 개발기술을 토대로 개발하였다.

- 구성 부품 경박 단소화를 통한 성능 향상
- 상압 작동 (Pressure Drop 최소화)
- 막정제 방식의 연료개질기와 부합하는 특성
- 가습장치 최소화

스택의 부피당 성능 특성 및 냉각 특성을 개선하기 위해서 Bipolar Plate의 두께를 6mm에서 2.8mm로 줄였다. 또한, 스택을 구성하는 셀간의 균일한 냉각특성을 얻기 위해서 분리판과 냉각판의 조합이 아닌 냉각판만으로 스택을 구성하였다.

스택의 출력을 증가하기 위해서는 전극면적을 증가하는 방법과 구성 단위전지 수를 증가하는 방법이 있다. 연료전지/이차전지 하이브리드 차량의 경우 이차전지와 연료전지간의 전압을 조절해 주는 DC-DC Booster가 필요하며 연료전지의 전압이 증가할수록 그 효율이 증가하고 부피가 감소한다. 따라서, 25kW급 스택의 개발에 있어서는 개발된 스택의 전압을 승압하는 방향으로 설계하여 200개의 단위전지로 구성된 스택을 설계하였으며, 분리판의 두께 감소 및 유로 디자인 변경을 통하여 스택의 성능을 현저히 개선하였다. 단위면적당 전류밀도가 30%이상 증가되었으며, Cathode 입출구에서의 압력차이를 0.13barg 미만으로 억제하여 공기공급기의 Parasitic Loss를 최소화하고, Anode 입출구에 대해서도 30mbar 미만으로 수소생산에 사용되는 막정제방식의 연료개질기 특성에 부합하도록 설계하였으며, 개발된 자동차용 연료전지 스택을 그림 1과 표 1에 나타내었다.



항목	25kW급	10kW급	비고
셀 수	200	100	
작동 전압	120~210V	50~100V	
Bipolar Plate	소재	금속판	분리판/냉각판+1:1
	가열·냉각	320 × 150 w	320 × 150w
	두께	2.8mm(2점)	6(분리판)/6(냉각판)
폭 × 길이 × 높이(mm)	320 × 195 × 300	320 × 200 × 625	
부피(L)	46	40	스택냉각방식인 경우와 호환
중량(kg)	33	56	
출력(kW)	25	10	
전류 밀도(A/cm²)	520	250	상압 H ₂ /Air=1.5/2

그림 1. 연료전지 스택

표 1. 스택 사양 및 특성

이상에서 살펴본 바와 같은 기술개발을 통하여 25kW의 스택 출력성능과 520W/ℓ의 출력밀도를 달성하였으며, 이러한 성과는 2000년도에 개발된 10kW급

스택에 비해 체결 기구의 부피 및 무게 경량화를 통하여, 거의 비슷한 무게, 20%의 부피증가로 2.5배의 출력 특성을 얻을 수 있었다.

다음의 그림 2는 이러한 25kW급 PEMFC스택의 차량탑재를 위해 개발된 Breadboard의 탑재상태를 나타내고 있으며, 개발된 스택의 성능은 그림 3에 나타내었다.

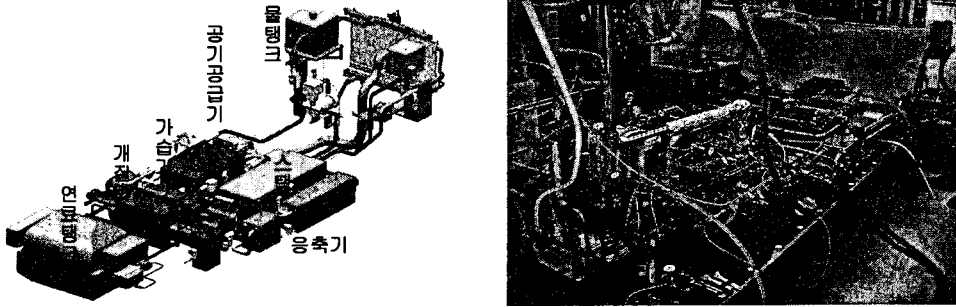


그림 2. 차량탑재용 Breadboard

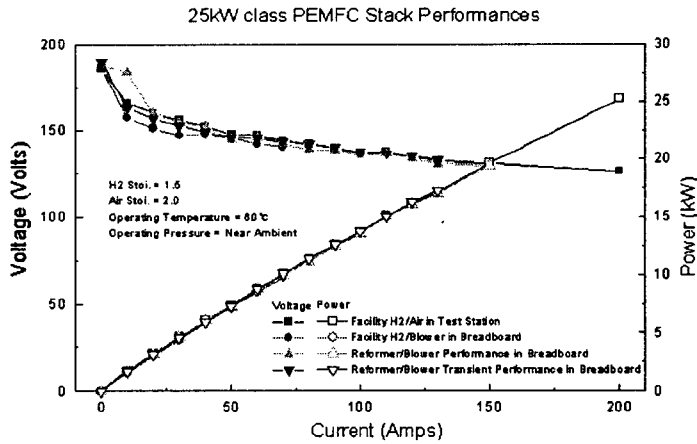


그림 3. 25kW급 PEMFC스택 성능

4. 향후계획 및 결론

1998년부터 본격화 된 현대자동차(주)의 차량용 PEMFC스택은 Ballard나 UTCFC와 같은 선진 연료전지업체의 스택과 비교하면 아직까지 미흡한 부분이 있으나, 차량의 정속주행에 소요되는 18~25kW정도의 동력을 제공할 수 있는 수준까지 독자설계 및 제조기술의 개발이 완료되어 하이브리드형 차량의 개발을 위한 독자적인 PEMFC스택 기술을 확보하고 있다.

또한, 현대자동차(주)는 이러한 기술개발성과를 바탕으로 선진업체와 동등수

준 이상의 성능을 확보한 50kW급 및 80kW급 이상의 차량용 PEMFC스택의 개발을 지속적으로 추진하고 있으며, 이를 통해 수소에너지를 기본으로 하는 본격적인 연료전지자동차 시대의 개막에 대비하고 있다.

참고문헌

1. Shogo Watanabe, "The Progress of FCV Technologies and a New Japanese National Program for a Standardization of FCV", International Symposium on Fuel Cells for Vehicles, pp. 86~87, Nov. 2000
2. California Fuel Cell Partnership, "Bring Fuel Cell Vehicles to Market", Oct. 2001.
3. Hiroshi Yoshida, "Current status of the PEFC program at NEDO", International Symposium on Fuel Cells for Vehicles, pp. 54~55, Nov. 2000
4. K. Kordesch and G. Simader, "Fuel Cells and Their Applications", VCH, Weinheim, Germany, 1996
5. Nicolas E. Vanderborgh and Michael A. Inbody, "Fuel Cell Vehicles-the ZEV Option", International Symposium on Fuel Cells for Vehicles, pp. 74~75, Nov. 2000
6. Paul J. Berlowitz and Charles P. Darnell, "Fuel Choices For Fuel Cell Powered Vehicles", Fuel Cell Power for Transportation 2000, pp. 15~25, March 2000
7. Yasuo Takagi, "Fuel Selection in FCVs, Hydrogen, Methanol or Gasoline", International Symposium on Fuel Cells for Vehicles, pp. 78~79, Nov. 2000
8. Karl-Heinz Hauer, D. J. Friedmann, R. M. Moore, S. Ramaswamy, A. Eggert and P. Badrinarayanan, "Dynamic Response of an Indirect-Methanol Fuel Cell Vehicle", Fuel Cell Power for Transportation 2000, pp. 83~93, March 2000
9. Takashi Moriya, "Honda Fuel Cell Vehicle Development", International Symposium on Fuel Cells for Vehicles, pp. 82~83, Nov. 2000