

연료극 지지체형 SOFC 단전지 및 스택의 성능 특성
Performance of Anode-Supported Single Cells and Stacks
for Solid Oxide Fuel Cells

유영성, 고준호, 임희천, 박진우*, 이채현*
 한전 전력연구원(KEPRI), *배재대학교 신소재공학부

연료전지(Fuel Cell)는 고효율의 신 발전방식으로 환경친화적인 분산형 발전전원 또는 차세대 전기자동차의 신전원 등으로 이용 가능성이 기대되는 분야이다. 이에 알카리형(AFC, Alkaline Fuel Cell), 인산형(PAFC, Phosphoric Acid Fuel Cell), 용융탄산염형(MCFC, Molten Carbonate Fuel Cell), 고체산화물형(SOFC, Solid Oxide Fuel Cell), 고체고분자형 연료전지(PEMFC, Proton Exchange Membrane Fuel Cell, or PEFC, Polymer Electrolyte Fuel cell), 그리고 직접메탄올 연료전지(DMFC, Direct Methanol Fuel Cell)가 있다. 이중 고체산화물 연료전지(SOFC)는 주로 지르코니아(8 mol% Y_2O_3 안정화 ZrO_2 , 8YSZ)와 같은 산화물 이온전도체를 전해질로 이용하고 여기에 양극(공기극)과 음극(연료극)이 부착되어 있는 형태를 취한다. 특히 SOFC는 전해질을 포함한 대부분의 구성요소가 세라믹스(ceramics)로 되어 있어 상대적으로 작동온도(약 $550^{\circ}C \sim 1000^{\circ}C$)가 높은 반면에, 수소 외의 탄화수소계 가스를 직접 연료로 사용할 수 있는 장점이 있다.

SOFC는 단전지의 형태에 따라 평판형, 튜브형, 일체형 등으로 개발되고 있으며, 이중 평판형 SOFC 스택(Stack)은 연료극(Ni-Cermet)과 전해질($ZrO_2+8mol\% Y_2O_3$), 공기극($LaSrMnO_3+YSZ$)으로 이루어진 단전지(single cell)와 이들을 서로 연결하는 분리판($LaSrCrO_3$ 혹은 내열금속 등) 그리고 집전체와 밀봉소재 등의 구성요소들로 적층된다. 또한 평판형 SOFC에서의 단전지는 지지체가 전해질인지 혹은 전극인지에 따라 자립형 구조와 지지체형 구조로 나눌 수 있는데, 최근에는 $800^{\circ}C$ 이하에서 운전될 수 있는 중온형(intermediate-temperature) SOFC를 개발하기 위한 목적으로 전해질의 두께를 $20 \mu m$ 이하로 조절하여 제조하는 연료극 지지체형 구조의 SOFC에 대한 연구가 활발한 실정이다.

본 연구에서는 이러한 중온 평판형 SOFC를 개발할 목적으로, 먼저 연료극으로써 다공성 NiO+YSZ 지지체를 만들고, 여기에 약 $20 \mu m$ 의 두께로 치밀한 8YSZ 전해질 후막층과 다공성의 공기극($LaSrMnO_3+YSZ$)을 형성시켜 $5 \times 5 cm^2$ 의 단전지를 제조하고, 이의 성능을 측정하였다. LSM계 공기극을 사용하여 제조된 단전지는 수소를 연료로 사용할 경우 $1000^{\circ}C$ 에서는 초기의 개회로 전압(OCV)으로 1.08V를 보였고 약 $1000 mW/cm^2$, $750^{\circ}C$ 에서는 1.09V의 개회로 전압(OCV)과 약 $300 mW/cm^2$ 의 최대출력을 나타냈다. 또한 $750^{\circ}C$ 에서 $200 mA/cm^2$ 의 전류밀도로 약 16,000 여시간을 장기 운전하는 동안에 안정된 성능을 보였다. 특히 이들 $5 \times 5 cm^2$ 크기의 연료극 지지체형 단전지를 수직으로 적층한 소형 스택(2단~15단)을 제작하고 $750^{\circ}C$ 에서 수소(H_2 , 150 sccm/cell)와 공기(Air, 450 sccm/cell)에서 출력 성능 및 열사이클 운전 시험을 하였다. 또한 스택의 면적을 증가시키기 위해 각각의 단전지를 2×2 격자방식으로 배열(array)하고 수직으로 15단까지 적층한 중저온형 SOFC 스택을 제작하였으며, 이를 $750^{\circ}C$ 에서 수소(H_2 , 120 sccm/cell)와 공기(Air, 300 sccm/cell)를 사용하여 약 200 W의 출력 성능으로 1,000여시간 동안 연속 부하 운전하였다.