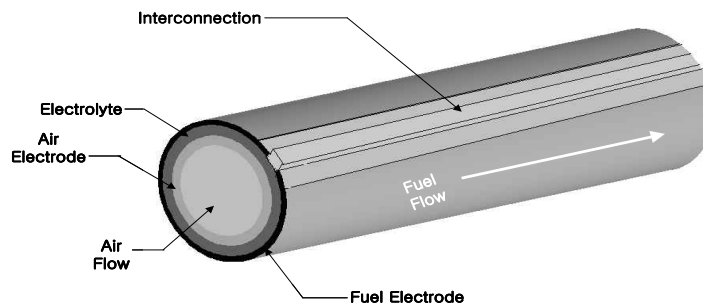


## 원통형 고체산화물 연료전지(SOFC)

가. 고체산화물 연료전지(SOFC) 원통형 셀 부품 소재의 정의 및 특성

- 전력과 운송수단의 에너지를 발전하는 시스템에서 SOFC 원통형 stack 모듈을 이루는 원통형 셀을 말하고 이 원통형 셀이 적층되어 스택이 완성됨.
- SOFC의 원통형 셀과 스택에 필요한 기계적 안정성을 제공하기 위하여 기판이 사용되는 'Supported' 방식과 양극과 음극을 다른 요소들을 위한 지지구조로 사용할 수 있는 'Self-Supporting' 방식으로 나누거나, 셀의 형태에 따라 Siemens Westinghouse에 개발된 원통형과 Sulzer-Hexis에 의해 연구되고 있는 평판으로 나누어짐.
- 원통형은 자체 밀폐기능이 있어 열적 안정성을 향상시켜 주며 밀봉제가 필요치 않음. 이 구조는 가스 흐름이 수평인 것과 수직인 것이 있음.
- 판상형은 전류경로가 짧고 상호연결이 용이하여 원통형에 비해 더 효율적이고 제조단가가 저렴하기는 하나 밀봉재나 상호 연결부 재료로 적합한 물질을 찾는 것이 어려움.
- 원통형 및 평판형 셀 등 그 형태에 상관없이 전해질, 공기극, 연료극, 연결재로 이루어짐.[그림. 1.]



( 원통형 )

그림. 1. 원통형 셀의 형상

### 1) SOFC 원통형 셀의 문제점

- 현재 제조하는 SOFC 원통형 셀은 전해질, 음극, 양극, 연결재에서 생성되는 스트레스에 의해 신뢰성이 저하되어 연료전지의 수명을 단축시키고, 낮은 출력을 나타냄.
- 원통형 셀의 저항을  $0.5\Omega \cdot \text{cm}$  이하로 만들어야 하는데 이러한 요구는 cell 부품의 선정과 가공에 많은 영향을 미치는데 전해질의 소결밀도를 100%에 가깝게, 두께를 수 십  $\mu\text{m}$  이하로 제조하여야 하고, 효율적인 다공성 전극구조를 만들어야 하나, 현재 가스의 제조공정으로는 원통형 셀 제조 시 전해질의 소결밀도를 높이고 두께를 얇게 제조하는 것과 전극의 기공률을 높이고, 기공분포를 조절하는 기술이 쉽지 않음.
- 현재 스택을 이루는 가스의 제조단가는 매우 높은 편으로 소재개발 및 양산기술 개발을 통해 \$20/kW 수준으로 낮추어야 함.

표. 1. 원통형 셀에 있어서 고장형태 및 메커니즘

구성요소	고장 형태	퇴보 메커니즘	퇴보 요인
전해질	크랙, 휘어짐/ 구부러짐 표면 파괴	높은 열응력, 재료강 도의 저하	다른 구성요소와의 열팽창계 수 불일치, 유해한 재료상호 작용
	크랙, 휘어짐/ 구부러짐 표면 파괴	기계적 응력(재료가 평평하지 않음)	셀 스택에 너무 높은 압력 또 는 재료의 너무 높은 취성
	크랙, 휘어짐/ 구부러짐 표면 파괴	높은 응력	전해질과 접촉된 Sealing재료
음극	낮은 출력, 성능 저하	높은 분극	Site에서 O <sub>2</sub> 의 낮은 활동성/ 압력
양극	낮은 출력, 성능 저하	높은 분극	연료의 낮은 활동성, Site에서 의 낮은 압력
	낮은 출력, 성능 저하	높은 분극농도	연료농도/Site에서 반응성 없 음
계면	크랙	열에 대한 변화도	연료농도/연료가 번갈아 가 면서 진행 또는 방해 받음.
연결자	크랙	계면에서의 열에 대 한 변화도	연료가 번갈아 가면서 진행 또는 진행이 방해 받음.

2) 고체산화물 연료전지(SOFC) 원통형 셀의 부품소재 개발의 목적

가) 고효율을 갖는 원통형 셀 제조를 위한 공정개발

○ 실행 기술 개발을 통한 출력 증가 및 신뢰성 향상

- 기공이 많은 전극 지지체의 강도, 열팽창계수 차이, 가스 확산과 내부반응, 결함이 없고 높은 밀도를 갖는 Film 제작, 내부에서 개선된 음극, 낮은 온도의 양극 제조, 동시 소결에서 수축 차이, 각각의 공정의 통합 등을 통한 원통형 셀 제조로 출력을 증가시키고 장시간 사용에 따른 신뢰성을 향상

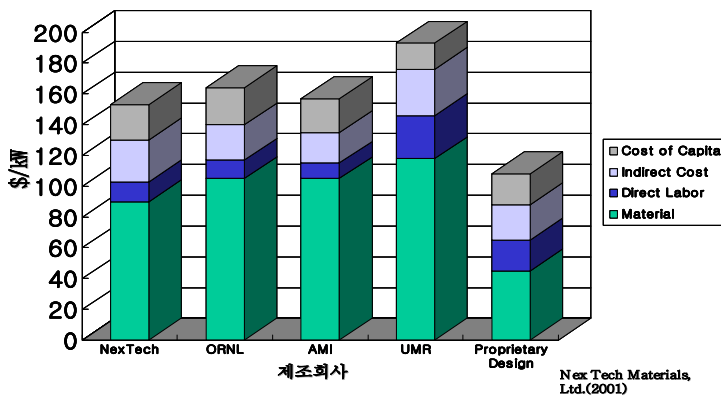
나) 제조단가가 저렴한 원통형 셀 제조를 위한 공정개발

- 세계적인 제조업체의 경우 고체산화물 연료전지의 실용화를 위해 제작하는 연료전지의 비용은 제조사에 따라 약간의 차이는 있으나, 재료가 차지하는 비용이 전체 비용의 55~70%인 80~100\$/kW로 많은 부분을 차지하고 있는 실정 임.[그림. 2.]

- 실제 SOFC가 실용화를 위해 제작되어야 하는 예상 단가는 약 95\$/kW이며, 이때 재료가 차지하는 부분은 전체 비용의 약 40%인 30\$/kW 임.

- 전체 SOFC에서 재료가 차지하는 높은 비중은 원통형 셀 제조공정의 개발을 통하여 제조 가격을 낮출 수 있음.
- 제조 방법 개선을 통한 가격 절감
- 전극 지지체의 두께, Tape-cast 층의 적층, 큰 체적에서 출발원료 가격, 공정에서의 수율, 내부 또는 외부의 개선, 작동온도, 수용액과 수용액이 아닌 공정 등의 개발을 통해 저렴한 가격의 원통형 셀을 제작하여 SOFC의 제조단가 절감 유도.

그림. 2. 제조회사별 SOFC 제조 시 소요 비용률



다) 고효율이고 낮은 제조단가를 갖는 원통형 셀 제조기술을 통하여 대체에너지 실용화를 촉진

#### 나. 국내·외 기술개발 동향·분석

##### 1) SOFC 원통형 셀 관련 부품기술의 국내·외 동향

###### 가) 국외동향

- 미국의 Siemens Westinghouse사는 20여 년 동안 SOFC 기술을 개발시켜 왔으며, Westinghouse형 SOFC에는 길이 1~2m의 튜브형 공기극이 지지형(Air Electrode Supported : AES)으로 220kW 급의 연구가 진행되고 있고, 원통형의 SOFC 디자인 개발의 마지막 단계에 있음.
- 특히 Siemens Westinghouse사는 기존의 EVD 공정이 갖는 고가의 문제점을 해결하고 셀 제조 단가의 절감을 통하여 실용화를 앞당기기 위한 연구를 수행 중.
- NexTech Material Ltd.에서는 저가의 YSZ membrane을 제작하여 기공이 많은 양극 튜브를 제조하는 연구를 수행 중.
- 그 외 TOTO/Kyushu 전력(일본, 10kW급), RFNCVNITF(러시아), 미쓰비시사 및 전원개발(일본, 25kW급), ETL(일본), TOHO(일본), RWE(독일), 신니폰스틸(일본) 등의 회사에서 개발을 수행하고 있음.

###### 나) 국내동향

- 국내에서의 고체산화물 연료전지 개발은 1994년 시작된 대체 에너지 개발 사업으로 정립되었

으나 참여기업의 구조조정 등 내부사정으로 현재 제 1단계 사업이 종료된 상태에서 1998년 개발이 중단됨.

- 한국에너지기술연구원에서는 저온에서 작동하는 원통형 셀(음극 지지체형)을 개발하고 있으며 현재 원통 지지체 제작 및 전해질 코팅 기술이 완료단계에 있고 소형 100W급 스택을 제작하여 운전 중임.
- 요업기술원에서는 전해질 지지형으로 800℃에서 운용이 가능한 전해질 개발과 그에 따른 양극의 재료에 대한 개발을 통해 수소와 산소분위기 작동조건에서 각각 0.4W/cm<sup>2</sup>의 출력을 낼 수 있는 원통형 셀을 제작한 바 있음.
- 그 외 서울대, 연세대를 비롯한 대학에서는 고체산화물 연료전지 구성 요소의 특성에 대한 연구가 이루어졌으며 전극 재료 및 반응에 관한 좋은 연구 결과를 산출한 바 있고 밀봉 재료, 저온형 전지 재료에 대한 기본 연구가 수행된 바 있음.