

SOFC prereformer 기술개요 및 현황

가. Prereformer 부품소재 산업의 현황

1) 산업의 특성

Prereformer는 SOFC 시스템의 연료공급을 담당하는 핵심 부분으로 중간 생산재라 할 수 있다. 따라서 prereformer 산업은 SOFC 산업발전에 따라 결정되게 되는데, SOFC 시스템 또한 일반적인 소비재는 아니며 전력생산 시스템이라는 기능을 하는 기본 subsystem으로 그 응용분야에 따라 그 시장성도 결정된다. SOFC 시스템은 연료전지 중에서도 상대적으로 고효율과 긴 수명을 가지기 때문에 발전시스템에 적절하여 중형 발전시스템 및 분산형 전원 등에 이용 될 수 있고 작게는 가정용 전원이나 자동차의 APU 등으로의 사용도 주목 받고 있다.

SOFC 시스템의 고효율을 위한 시스템 설계에서 prereformer는 중요한 요소를 이루기 때문에 SOFC 스택과 떨어져서 고려되기 어렵다. 따라서 대부분의 SOFC 스택관련 연구를 수행하는 회사들은 prereformer도 함께 연구를 하고 있거나 다른 개질 전문 회사와 협력하여 SOFC 시스템 개발을 하고 있다. 이렇듯 Prereformer는 SOFC 시스템에 따라 그 설계인자가 제시되는 밀접한 관계를 가지고 있기는 하나 개질개념 자체는 SOFC 이외의 다른 연료전지 분야 혹은 다른 화학 관련 산업에서도 널리 사용되는 기술로써 prereformer 관련된 기술은 비단 SOFC 뿐 아니라 다른 산업에도 큰 영향을 줄 수 있다는 특징도 가지고 있다.

2) 산업의 현황

SOFC 및 prereformer는 현재 활발히 연구가 진행되고 있으며 그 실용성을 실증화하는 단계로써 산업화 예는 극히 적다. 본격적인 산업화에 앞서 연료 개질기를 포함하는 연료전지 시스템의 개발 및 시험의 필요성이 대두되고 있는 상황이다. 모든 연료전지관련 개질기술 현황을 보면 연료전지 기술 관련 회사 중 50%가 자체적으로 연료개질 기술을 개발하고 있다. 시스템 시험평가는 이미 이루어지고 있으나 아직 상업적으로 성공할 만한 개질기의 개발은 상당한 시간을 요할 것으로 보인다. 2004년 1월 기준으로 49개의 회사가 연료 개질기를 개발하고 있는 것으로 알려졌다. 37개의 회사는 프로토타입과 상업적으로 팔리는 생산품을 가지고 있다고 하였다. 이 중 SOFC와 관련하여 prereformer를 개발하고 있는 회사들의 현황을 살펴보도록 한다. 이들 회사들은 주로 정부 주도하에 수소 기술개발 프로그램이 활발히 이루어지고 있는 나라, 특히 미국에 중점적으로 분포되어 있다.

자동차와 전기통신 등을 위한 전원시스템을 생산하는 대표적인 기업인 Cummins Power Generation(CPG)은 최근 연료전지 개발 사업을 시작하였다. 10년간의 DOE(U.S. Department of Energy) SOFC 개발 사업에 선정된 CPG(Combined Power Generation)는 McDermott Technology와 손잡고 SOFC라는 joint venture 회사를 설립하여 프로판을 연료로 하는 10kW급의 개질기-SOFC 시스템을 개발하고 있다.

Delphi Automotive systems와Battelle Memorial Institute는 2001년에 미국 DOE의 SECA project를 시작했고 군용과 상업용의 대량 생산 가능한 SOFC APU를 개발, 평가 중에 있다. 2010년까지의 목표는 시

스텝 설치비용으로 \$400/kW이다. Delphi는 현재보다 안정적이고 시장요구에 맞는 2세대의 SOFC APU를 개발하고 있으며 디젤, 천연가스, 석탄 등 다양한 연료가 사용될 수 있도록 개질기가 개발되고 있다. 개질 유닛은 내연기관 엔진과도 연계되어 배기가스를 줄이는 역할을 하게 될 가능성도 검토되고 있다.

Siemens Westinghouse Power Corporation은 DOE의 national energy technology laboratory로 10년 계약 하에 모듈식의 저비용 고효율을 갖는 7~10kW SOFC 발전 시스템을 가정용 전원용으로, 자동차의 APU용으로 3~10kW SOFC system을 개발하고 있다. 또한 최근에는 5kW의 가정용 SOFC 전력시스템을 개발해 왔고, 테스트 중이다. 현재 천연가스 개질기를 채택하고 있으나 SECA 프로젝트의 지원으로 디젤, 등유 등의 여러 가지 연료가 사용가능한 다양한 응용분야에 쓰일 수 있는 SOFC 시스템을 만들기 위해 연구 중이다.

SOFCo-EFS는 McDermott Technologie, Inc.의 자회사로 연료 개질기 개발에 주력하고 있으며 전문분야는 SOFC 시스템의 디자인 및 개발이다. 1994년부터 SOFCo는 천연가스부터 디젤에 이르기까지 많은 연료의 개질 관련연구를 수행해 왔다. DOE의 지원 아래 SECA(Solid State Energy Conversion Alliance) 프로그램의 일환으로 RV의 APU, 혹은 업무 차량, 혹은 비상전원을 위한 10kW SOFC 시스템을 생산해 왔고, DOE와의 수많은 계약 하에 여타 회사들과 공동연구를 수행하고 있다. 현재는 액체 프로판과 천연가스를 사용하기 위한 개질기 개발이 이루어지고 있는데, 스팀이 필요 없는 단순한 디자인과 크기, 무게, 비용을 줄이기 위해 POX가 채택되었다. 2001년 초에는 SOFCo는 Siemens Westinghouse power corporation, Phillips Petroleum Company와 함께 디젤 구동의 SOFC 시스템이 가능한지를 평가하였다. 디젤은 천연가스가 공급되지 않는 오지에서 사용될 잠재성을 가지고 있다. 결국 개발 테스트로 디젤을 사용하는 20kW의 40% 이상의 효율을 가지는 시스템을 제안했다.

스위스의 Sulzer Ltd.의 자회사인 Sulzer-Hexis사는 1kW급 가정용 전원을 개발해 2001년부터 유럽 여러 나라에 설치하고 있는, SOFC 시스템을 상용화한 거의 유일한 회사이다. 유럽전역에 걸쳐 천연가스 공급망으로 천연가스의 steam reforming을 prereformer로 채택하였으나 heating oil이나 biogas 등의 다른 연료의 개질도 연구하고 있다. 독일의 Aral 등과 같이 시스템의 heating oil 가동을 시험하기도 했다.

3) 산업의 발전비전

앞으로의 SOFC 시스템의 발전방향에 따라 약간 달라질 수는 있으나 화석연료를 SOFC에 직접 공급하여 가동하는 것은 현실적으로 어려운 것으로 여겨지고 있고, 특히 소형시스템의 경우 열 균형의 이유로 prereformer는 SOFC의 필수적인 요소이므로 prereformer 산업은 SOFC의 산업에 비례해서 발전하게 될 것이다. 따라서 SOFC의 향후 발전 방향을 통해 prereformer의 그것 또한 미루어 짐작해 볼 수 있다.

BCC(Business Communications Company Inc.)에 따르면 SOFC의 시장은 매년 평균 22%씩 증가하여 전 세계적으로 2008년까지 3억4천7백만 달러에 이를 것으로 예상되고 있다. 높은 효율과 다양한 연료를 사용할 수 있는 점 때문에 SOFC는 정치형, 운송, 군사, 휴대용 등 가능한 전 영역의 응용분야를 위해 개발되고 있다. 현 시점으로 볼 때 SOFC의 상용화가 가장 빠를 것으로 기대되는 분야는 가정용 CHP나 혹은 좀 더 큰 규모의 정치형 발전으로의 응용이다. 이 시장은 매해 24%씩 증가할 것으로 보인다. 정치형 SOFC를 위한 개질기의 경우 그 소형화 내구성 및 천연가스 등의 가벼운 연료를 사용할 수 있다는 점에서 별 어려움 없이 개발되고 실용화될 수 있을 것으로 보인다.

이외에 새롭게 떠오르는 시장으로는 자동차용 APU분야가 있으나 10년은 지나야 실용화가 가능할 것으로 예측되고 있다. SOFC가 APU로 사용되면 엔진의 효율이 2배 이상 높아지고, 수명 역시 혁신적으로 늘어나는 등 그 이점이 매우 커 연구의 동기가 매우 큰 응용분야이다. 자동차용 응용분야는 prereformer의 적용 역시 어려운 분야로 소형화와 고강도 등이 담보되어야 한다. 높은 에너지 밀도를 요구하는 자동차의 특성상 액체 연료 특히 디젤 등의 연료를 개질 할 필요성이 커지는데, 디젤 개질은 매우 어려운 기술로 현재 DOE의 SECA에서도 중점적으로 연구하는 분야이다. 즉 어려운 기술이기는 하나 상용화 되었을 때의 그 여파는 매우 클 것으로 생각되며 prereformer 기술의 발전 없이는 SOFC의 응용분야가 매우 제한될 것으로 보인다.

4) 개발시스템의 정의 및 분류

가) prereformer의 정의

연료전지를 위한 가장 좋은 연료는 수소이나 수소는 지구상에는 자연적으로 존재하지 않아 다른 에너지원로부터 생산해야 한다. 현재 가장 손쉽게 이용할 수 있는 에너지원은 기존산업에서 널리 사용하고 있는 화석 연료들이다. 이런 화석 연료들을 해당 연료전지에 공급 가능한 형태로 바꾸는 장치를 일반적인 의미의 prereformer로 볼 수 있다.

SOFC시스템의 Prereformer는 화석연료를 SOFC에 알맞은 형태로 변환하여 공급하는 장치라 할 수 있는데 보통 황을 제거하는 탈황 부분과 탄화수소로 이루어진 연료를 반응시켜 주성분이 수소 및 일산화탄소, 이산화탄소의 혼합가스로 변환하는 reforming 부분으로 이루어진다. PEM과 같은 저온 연료전지의 경우 일산화탄소를 제거하는 부분도 포함되어야 하나, SOFC의 경우 고온작동으로 일산화탄소도 스택 내에서 연료로 사용될 수 있어 일산화탄소 제거공정이 필요 없어 prereformer가 pem에 비해 간단한 것이 특징이자 SOFC 시스템의 한 장점이기도 하다. 더 나아가 SOFC는 고온 작동으로 메탄 등의 탄화수소를 그대로 공급하였을 경우에도 직접적인 전기화학 반응이나, 내부 개질 반응을 통하여 전기를 생산할 수도 있는 것으로 알려져 있어 prereformer 부분을 완전히 없애려는 시도도 일부 이루어지고 있으나, 실제적으로는 carbon formation과 SOFC 스택의 온도유지 등의 문제로 prereformer는 현재 SOFC에서 반드시 필요한 구성요소이다.

나) 분류

개질은 주된 반응에 따라 크게 수증기 개질(steam reforming), 부분산화 개질(partial oxidation), 자열 개질(autothermal reforming)의 방법이 있다. 응용분야 및 사용되는 연료에 따라 알맞은 개질 방법을 적용해야 하며 개질 방법에 따라 개질기 구조 및 특성이 달라진다. 수증기 개질은 연료와 수증기를 반응시켜 수소를 생산하는 방법으로 생성물 내 수소 비율이 높고 오랫동안 화학공장에서 사용되어 온 방법이다. 그러나 흡열반응으로 반응에 필요한 열을 공급하는 장치가 필요하여 반응기 구조가 복잡하고 소형화하기에 어려운 점이 많아 정치형 발전 같은 비교적 크기가 큰 시스템에 적절하다. 부분산화 개질은 연료와 산소 즉 공기만을 반응시켜 수소를 생산하는 방법인데 일단 물을 필요로 하지 않으므로 간편하고, 반응자체가 발열반응으로 열 공급이 필요 없어 시스템이 간단하여 소형화에 유리하다. 또한 빠른 반응으로 응답 속도가 빠르다는 장점도 가지고 있으나, 상대적으로 carbon formation의 위험이 높아 그 수명 및 안

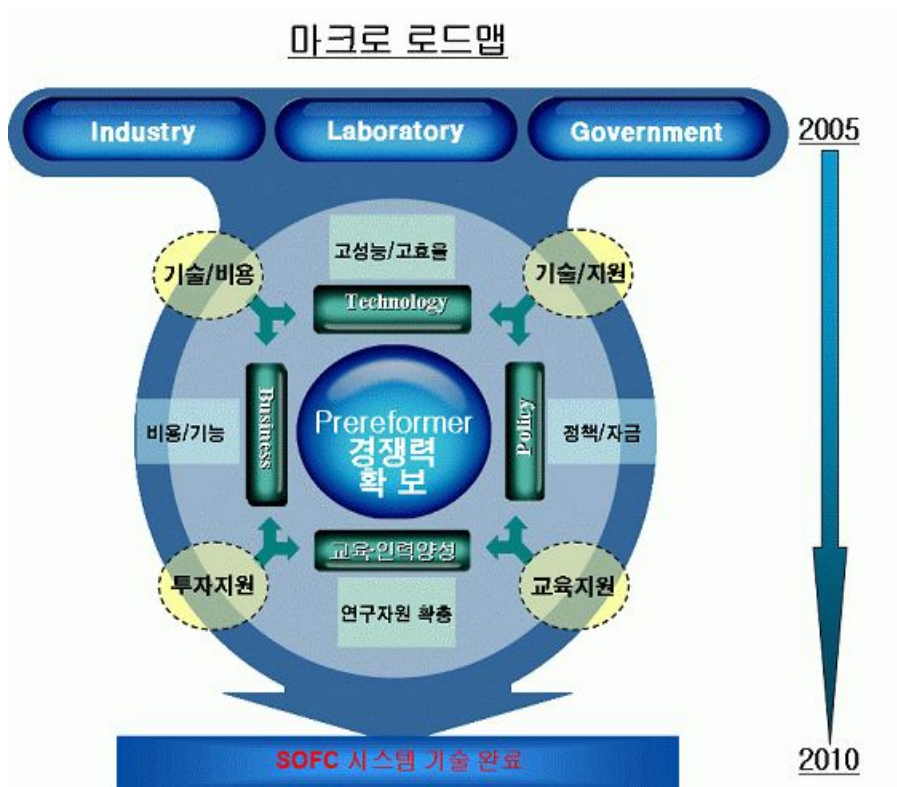
정성에 단점을 가지고 있다. 자연 계절은 위의 두 방법의 혼합으로 각 장점을 취하여 그 장점 및 단점이 위의 두 방법의 중간에 위치한다고 할 수 있다.

5) 전략품목 선정

전략품목은 prereformer의 가장 핵심 부분인 catalytic reformer 부분이다. SOFC의 prereformer의 대부분을 이루는 핵심 부분인 동시에 가장 많은 기술적 문제들을 가지고 있다.

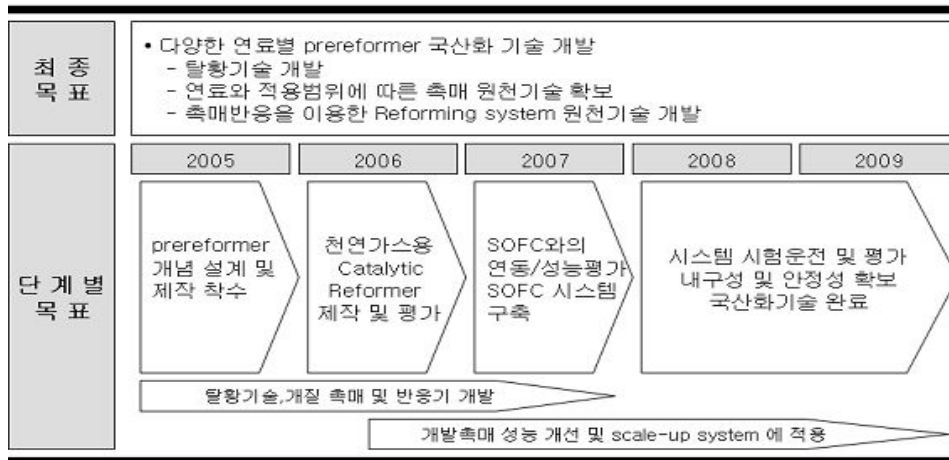
나. Prereformer 부품소재 분야

1) 마크로 로드맵



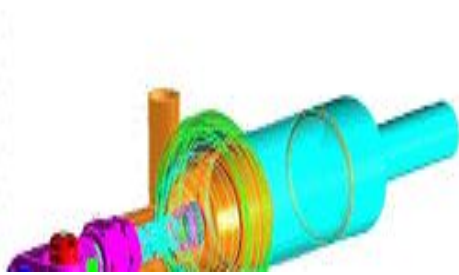
2) 개발 로드맵

Prereformer 기술 개발 로드맵



3) 포트폴리오

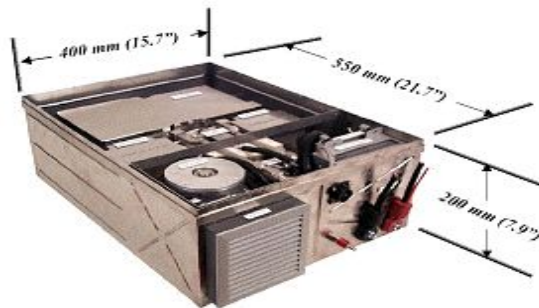
가) Delphi & Battelle



CAD of CPOx reformer



Tubular CPOx reformer



Generation2 SOFC APU

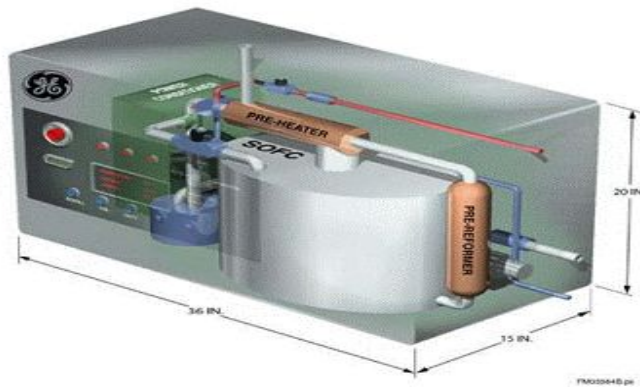


Applications

나) GE Energy



ATR prereformer(New & Early design)



SOFC system concept

다) SOFCo-EFS & Cummins Power Generation

