

Micro Fuel Processor의 소개

한국에너지기술연구원

이승재

연료로부터 수소를 생성하기 위한 마이크로 반응기를 소위 micro fuel processor라고 부른다. Micro fuel processor와 관련된 수많은 발표자료들은 작은 크기의 micro fuel processor에 사용되기 위한 각각의 소형화된 구성요소들의 개발을 다루고 있다. 기본적인 micro fuel processor의 구성은 그림 1에서 나타난 바와 같다. 먼저 액체 탄화수소는 연료 증발기를 통하여 기체상태의 연료로 만들어지며, 기화된 연료는 부분산화 반응과 수증기 개질 반응 혹은 두가지 반응들의 조합으로 이루어진 자열개질 반응을 이용하여 수소와 일산화탄소로 이루어지는 합성가스로 전환된다. 일산화탄소는 연료전지 전극을 피독시키는 것으로 알려져 있어, 수성가스 전환 반응을 이용하여 생성된 합성 가스로부터 일산화탄소를 줄이고 연료전지 전극으로 공급되는 수소의 양을 증가시킨다. 마지막으로 소량의 일산화탄소는 선택적 산화반응을 통하여 제거된다.

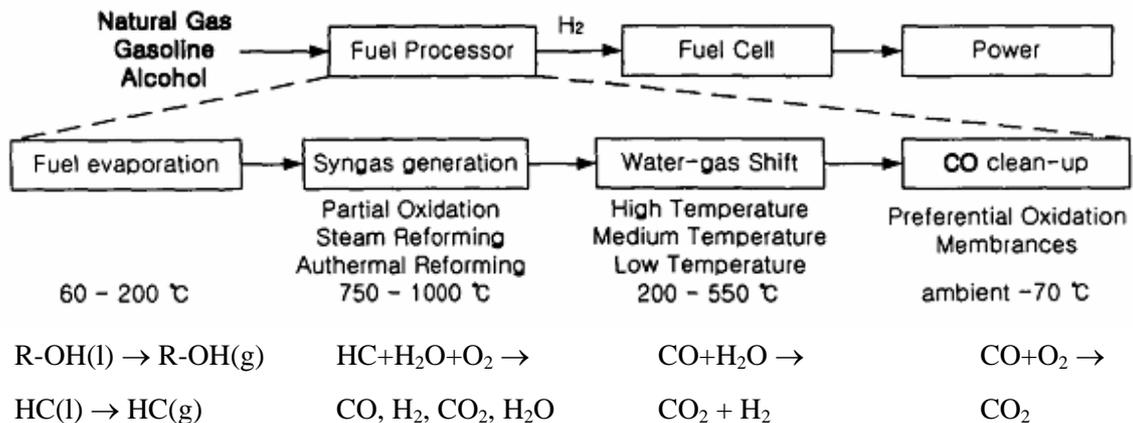


그림 1. 연료로부터 고순도 수소를 제조하기 위한 연료 프로세서의 개념도

1. Microdevices for vaporization of liquid fuels

열전달을 개선하기 위한 적절한 증발기를 설계하는데 있어서, 증발기의 크기와 무게를 줄이는 것이 관건이다. 그러기 위해서는 증발기 장치의 성능 향상이 무엇보다

다 필요함에 따라, 전달 현상에 대한 마이크로 장치에서의 특성이 크게 주목 받기 시작하였다. 또한 마이크로 장치의 이용은 마이크로 증발기의 각 부품을 대량생산 하고 완제품을 자동 생산함으로써 비용을 절감할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

미국의 Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)은 판형의 열교환 구조를 가지는 마이크로 채널 증발기를 개발하였다 (그림 2 참고). 이 장치에서는 증발을 위한 열 에너지를 얻기 위하여, 연료전지 양극으로부터 나오는 희석된 수소를 촉매 연소시킨다. 팔라듐 촉매를 이용하여 연소를 상온에서 개시함으로써, 촉매연소를 위한 부가적인 예열 장치가 필요 없게 된다. 먼저 촉매 연소된 뜨거운 연소 가스는 그림 2 에서 나타난 바와 같이 열교환 판의 바깥쪽에서 안쪽으로 흘러 들어와, 열이 판을 통하여 액체의 연료에 전달된다. 이때 연소가스와 액체연료의 입구 위치를 서로 다르게 배열함에 따라, 연소가스와 액체 연료가 서로 역류로 흐르게 하여 열 효율 면에서 이점을 얻을 수 있다.

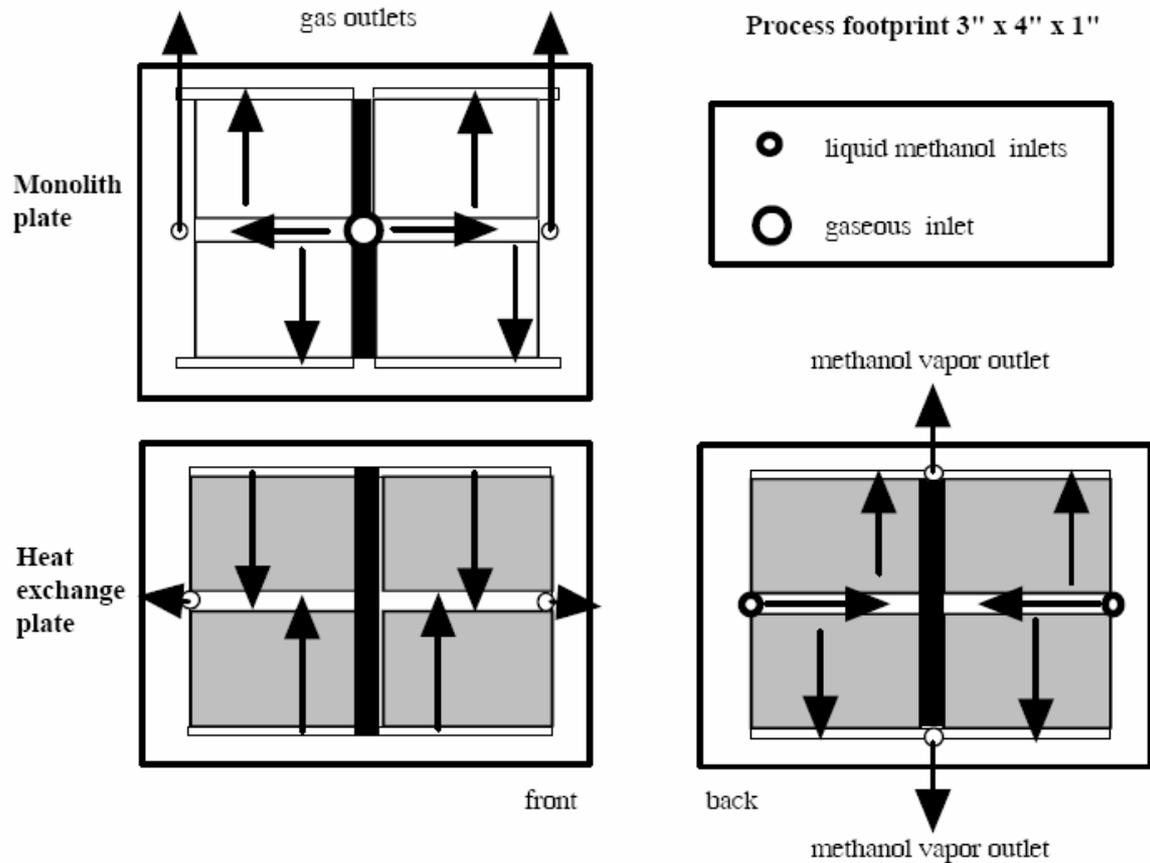


그림 2. 메탄올 증발기의 개념도

2. Partial oxidations in microreactors

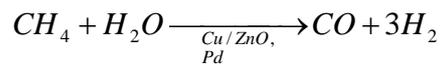
부분 산화 반응은 proton exchange membrane fuel cells (PEMFC)에서 특히 관심이 높은 반응이다. 여기서는 메탄과 천연가스가 주로 연료로 사용된다. 이러한 천연가스는 폭 넓게 퍼져있는 천연가스 배관을 통하여 각지로 천연가스를 공급할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이런 경우, 사용 지점에서 수소를 생산할 수 있는 반응장치가 필요하게 되며, 기존의 고정층 기술은 소형화에 적합하지 않다.

부분산화의 전형적인 특징은 반응속도가 높다는 것이다. 따라서, 충분한 물질 전달만 이루어진다면, millisecond 단위에서 이러한 공정이 이루어질 수 있다. 또한 지엽적인 과열 현상을 방지하기 위해서는 효율적인 열전달이 이루어져야 한다. 이러한 점을 감안하였을 때, 마이크로 반응기가 매우 효과적으로 이용될 수 있다. 게다가 작은 채널과 반응 부피로 인하여, 화염과 폭발에 대한 안정성을 높일 수 있다. 결과적으로 마이크로 반응기를 이용한 수소 생산 반응으로 부분 산화반응이 많이 연구되고 있다.

높은 부분 산화 반응 속도 덕분에, 지지체의 다공성은 크게 문제 되지 않을 것으로 보인다. 마이크로 채널에 관형으로 귀금속물질을 코팅하거나, 촉매성질을 나타내는 니켈을 함유하고있는 stainless steel을 사용함으로써 촉매의 코팅 없이도 사용할 수 있을 것으로 보인다. 따라서, 촉매 물질을 포함하거나 촉매 물질로 구성된 마이크로 반응기를 제작함으로써 촉매를 마이크로 반응기에 담지시키는 추가 공정에 필요한 비용을 줄일 수 있을 것으로 보인다.

3. Steam reforming in microreactors

독일의 Forschungszentrum Karlsruhe와 Universität Erlangen에서는 메탄올의 수증기 개질 흡열반응을 위한 마이크로 반응기용 촉매를 개발하고 있다. 이러한 촉매 개발은 촉매 입자를 마이크로 채널에 고정화 시켰을 때 메탄올 개질 반응의 성능을 시험하기 위한 연구이며, 대부분 촉매의 소결과 촉매 성분의 최적화에 관련되어 있다. 이들 연구는 마이크로 반응기의 응용을 위한 가스 반응의 한 분야를 개척하는데 그 의미를 찾을 수는 있지만, 메탄올 개질기의 소형화에 의한 이점에 대해서는 불명확하다. 우선 이러한 개질 반응은 반응 속도가 느리고 중온에서 일어나는 공정이며, 따라서 부분산화 반응과 같이 반응 속도가 빠르고 고온에서 일어나는 반응 공정에 마이크로 반응기를 사용했을 때만큼 전달현상 특성이 나타나지 않을 수 있다.



메탄을 개질기의 소형화를 위해 박판을 쌓은 형태의 시스템이 사용될 수 있다. 이러한 작게 축소된 시스템은 자동차에 응용될 수 있다. 개질기에서 생성된 수소가 풍부한 가스는 PEM 연료전지를 이용하여 자동차에 탑재된 상태에서 에너지로 전환될 수 있기 때문이다. 최근 기존의 관형 개질기와 연료전지를 장착한 자동차가 처음으로 개발됨에 따라, 이에 관해 상업적 관심이 높아지고 있다. 이들 개질 장치의 단점은 생성된 수소의 수요 변동에 따라 반응기의 용량을 맞추는데 필요한 응답속도가 느리다는 점이다.

참고문헌

Ehrfeld, W., Hessel, V., and Löwe, H., "Microreactors: New Technology for Modern Chemistry", Wiley-VCH, 2001, p257-269.