

연료전지 버스용 (200kW급) 막가습기 개발

이 무석¹⁾, 강 충석²⁾, 윤 영서³⁾, 김 경주⁴⁾, 윤 준기⁵⁾

Development of Membrane Humidifier for Fuel Cell Bus (200kW)

Mooseok Lee, Chungseok Kang, Youngseo Yoon, Kyoungju Kim, Joonkhee Yun

Key words : Membrane humidifier, Hollow Fiber, Dry-jet wet Spinning, Polyetherimide

Abstract : An object of the present study is to provide a hollow fiber membrane humidifier capable of improving the humidification efficiency while lowering the pressure loss, and is suitably usable for PEMFC(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell). The performance of PEMFC is decisively dependent on the humidity of the electrolyte membrane(fluorinated membrane) and a humidifier plays an important role in moisturizing electrolyte membrane. Especially, this humidifier is adaptable for lower price to promote the commercialization of fuel cell vehicles and is passive type to be power free and to be volumetrically optimized. In this research, we propose the substitutes for the expensive fluorinated materials and the optimum dry-jet wet spinning conditions of hollow fiber membrane to get the fuel cell humidifier. In addition to that, we established the standard method of evaluating the moisturizing performance of the humidifier of various materials.

1. 서론

본 연구의 목적은 다른 연료전지에 비해 상대적으로 높은 출력 밀도, 고효율, 낮은 작동 온도 등의 장점 등으로 인해 연료전지를 장착한 버스나 승용 전기 자동차의 주 동력원으로 부각되고 있는 고체 고분자 전해질 연료전지(Proton Exchange Membrane Fuel Cell 또는 Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell, 이하 PEMFC)의 운전 중 연료전지의 가습을 위한 막 가습기(membrane humidifier)를 개발하는 것이다¹⁾.

특히, 현재 일부 상용화된 고가 소재의 가습기 중공사막을 상대적으로 저가 소재로 개발, 상용화함으로써 연료전지 자동차 부품의 국산화에 기여하는데 또 다른 목적이 있다.

본 연구를 통하여 개발하고자 하는 연료전지용 막 가습기는 중공사막(hollow fiber)을 이용한 기체-기체 막 가습기(Gas to Gas Membrane Humifier)로써, 접촉 표면적이 넓은 중공사막의 고집적화가 가능하여 적은 설치 공간으로 연료전지의 가습이 충분히 이루어질 수 있고, 가습기를 통하여 연료전지에서 고온으로 배출되는

미반응 가스에 포함된 수분과 열을 회수하여 재사용할 수 있으므로 연료전지의 가습에 들어가는 별도의 수분과 에너지를 절약할 수 있는 장점이 있다.

고체 고분자 전해질 연료전지의 운전 중 성능에 가장 직접적인 영향을 미치는 요인 중의 하나는 연료전지의 핵심구성 요소인 막-전극 접합체(Membrane-Electrode Assembly, MEA)의 전해질막과 촉매층 내의 이오노머(ionomer)에 일정량 이상의 수분을 공급하여 함수율을 유지하게 함으로써 전해질막과 촉매층 내의 이오노머(ionomer) 자체가 보유하고 있는 이온 전도도의 최대 성능을 얻는 것인데, 상기에서 개발하고자 하는 막 가습기는 연료전지에서 고온으로 배출되는 미반응 가스에 포함된 수분과 열을 막 표면을 통하여 연료전지에 공급되는 상온의 건조한 반응가스에 공급함으로써 연료전지의 가습과

1)-5) 코오롱 중앙기술원 / 화학연구소

E-mail : leems@kolon.com

Tel : (031)280-8672 Fax : (031)280-8999

온도 유지에 이용된다.

이에 본 연구에서는 고가의 불소계 소재를 대체할 친수성의 비불소계 소재 중공사막을 개발하고 이를 위해 최적 고분자 및 조성을 선정하여 건조식 방사(Dry-jet wet spinning)를 통해 중공사막으로 제조하여 성능을 평가하였다.

2. 막가습기 개념 설계

2.1 막가습기의 원리

막가습기는 친수성의 중공사막을 통해 연료전지 스택을 통해 배출되는 수분과 열에너지를 교환하는 역할을 하며 이때 막가습기에서 수분 이동에 대한 기전력(Driving force)은 기체의 분압차(Partial pressure difference)이며 수분이 타 기체에 비해 상대적으로 높은 투과 속도를 보이므로 선택적으로 분리막을 통과하게 된다.

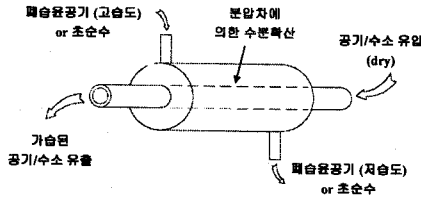


Fig. 1 Schematic of membrane humidifier

위 그림의 경우 스택에서 배출되는 고습도의 습윤공기(혹은 초순수)가 중공사막의 외부로 흐르고 중공사막 내부로 건조공기가 공급되어 막을 경계로 수증기의 분압차가 발생되어 막외부의 수분이 건조공기 측으로 이동하여 공급공기 가습된다. 이때 가습원의 종류 및 수분의 이동 방향에 따라 막가습기는 아래와 같이 분류된다.

Table 1 Types of membrane humidifier

가습원의 상태	Gas-to-gas	가습원이 기체 상태 보통 순환후 발생되는 습윤 gas를 재활용
	Water-to-gas	가습원이 액체상태, 초순수 사용 (가습 효율 극대화 가능)
수분흐름 방식	Out-in flow	유입공기가 용공시 내부로 흐름 (막외부 고습도)
	In-out flow	유입공기가 용공시 외부로 흐름 (막내부 고습도)

한편, 여러 가습방식 중 막가습기 방식은 다음과 같은 이유로 연료전지 분야의 가습방식으로 일반화되어 가고 있다. 즉, 기존 가습방식과 달리 막가습기는 Passive Device이므로 별도의 부속품, 동력에너지, 제어장치가 불필요하며 이로 인해 저에너지화, 소형화, 경량화가 가능하게 된다. 반면 다른 가습기에 비해 사용되는 고가의 소재로 인해 아직은 고가라는 단점이 있다.

2.2 최적 가습기 설계

유동해석을 통해 가습기 내부에서의 유체 흐름 현상을 이해하고, 최적 Packing density 및

막구조 설계를 하고자 아래와 같이 가습기 내에서의 핵심인자를 도출하였다. 즉, 성능최적화 면에서 막소재 자체의 친수성 이외에 Packing density나 중공사 내경 등의 구조 인자의 최적화가 막가습기 전체의 성능을 좌우할 수 있다.

$$\Delta P = F_n(\text{FR, Temp., Packing density, Inner Diameter of HF})$$

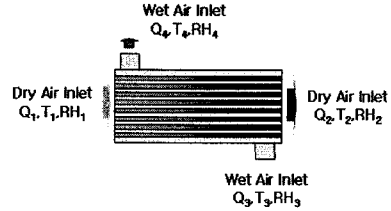


Fig. 2 Key factors of membrane humidifier

3. 비불소계 중공사막 개발

3.1 구성부품 후보 소재 및 특성

가습기 개발에 필요한 구성부품의 후보소재를 조사하여 다음과 같이 그 특성을 파악하였다.

중공사막의 경우 기존 UF/MF에서 널리 사용되는 PSF이나 PES를 사용할 수 있으며 이때 소재 자체의 우수한 내열성 및 기계적 성질은 막가습기로서 장점인 반면 낮은 친수성으로 인해 가습 성능이 저하될 수 있다는 한계점도 가지고 있다. 폴리이미드류의 경우 매우 우수한 내열성 및 친수성으로 인해 불소계 고분자를 대체할 수 있는 가장 유력한 막가습기용 중공사막 소재 후보로 생각된다.

모듈 케이스의 경우 가습공기에 의해 가수분해가 발생할 경우 MEA내에서 성능저하의 원인이 될 수 있으므로 주로 올레핀 계통(PP, PE)을 적용하고 있으나 금형에 의한 사출 생산에 유리한 ABS를 사용하는 경우도 있다.

중공사막 사이사이를 밀봉시키는 동시에 케이스와의 접착성을 고려해야 하는 포팅용 접착제 재료로는 PU가 적용 가능하며 고온 적용성 등을 고려할 경우 에폭시의 선정도 가능하다.

3.2 비불소계 소재 중공사막 제조

불소계 소재를 대체할 가장 적합한 소재로 폴리이미드계 고분자를 선택하였으며 본 연구에서는 폴리이미드계 소재 중 우수한 내열성과 함께 가공성을 가지는 Polyetherimide를 기본으로 건조식 방사(Dry-jet wet spinning)에 의해 중공사막을 제조하였다. 이렇게 제작된 중공사막의 막 기본 특성을 측정하였으며, 가습성능을 측정하기 위하여 평가용 소형 가습기를 제작하였다.

3.3 가습성능 측정

막가습기 개발을 위한 기본 성능 평가를 위해 가습성능 평가 장치를 설계, 제작하였다. 이때 Monitoring factor로는 습도, 온도, 유량, 압력이 있으며 각각을 가습기 전후에서 자동 기록하게 된다. 가습성능은 가습원인 스택 배출 습윤공기와 가습기를 통과한 습윤공기의 Dew point 차이로 측정한다. 특히 장치를 이용하여 소형 모듈의 가습성능 측정이 가능하도록 낮은 유량 범위에서 측정이 가능하도록 설계하였다. 이러한 소형모듈은 막개발 단계에서 조성별, 조건별 중공사막을 용이하게 측정하기 위한 수단으로 막개발에 필수적인 장비로 활용가능하다.

4. 결 론

불소계 소재 막가습기를 대체할 중공사막 개발을 위해 Polyetherimide를 선택하여 건조식 방식에 의해 중공사막을 제조하였고 이렇게 제조된 중공사막을 이용하여 성능 평가용 소형 가습기를 제작함으로써 막가습기의 가습성능을 측정할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산자부 신재생에너지 개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Nozomu Tanihara, 2005, "Fuel Cell Use Humidifier," USP2005/0221133,