

연료전지 분리판의 형상설계를 위한 유동해석

박 정 선* · 정 혜 미*

(2001년 5월 29일 접수, 2002년 6월 26일 심사완료)

Flow-Field Analysis for Designing Bipolar Plate Patterns in a Proton Exchange Membrane Fuel Cell

Jungsun Park and Hyemi Jeong

Key Words: Proton Exchange Membrane Fuel Cell(고분자 전해질형 연료전지), Bipolar Plate (분리판), Pressure Distribution(압력분포), Velocity Distribution(속도분포)

Abstract

A numerical flow-field analysis is performed to investigate flow configurations in the anode, cathode and cooling channels on the bipolar plates of a proton exchange membrane fuel cell (PEMFC). Continuous open-faced flow channels are formed on the bipolar plate surface to supply hydrogen, air and water. In this analysis, two types of channel pattern are considered: serpentine and spiral. The averaged pressure distribution and velocity profiles of the hydrogen, air and water channels are calculated by two-dimensional flow-field analysis. The equations for the conservation of mass and momentum in the two-dimensional fluid flow analysis are slightly modified to include the characteristics of the PEMFC. The analysis results indicate that the serpentine flow-fields are locally unstable (because two channels are cross at right angles). The spiral flow-fields has more stable than the serpentine, due to rotational fluid-flow inertia forces. From this study, the spiral channel pattern is suggested for a channel pattern of the bipolar plate of the PEMFC to obtain better performance.

기호설명

- A_c : 단면적 [m^2]
 P_m : 질량평균압력 [Pa]
 s_m : 질량 소스(source) [kg/s]
 u_m : 질량평균속도 [m/s]
 u_i : 절대유체속도 [m/s]
 \tilde{u}_j : 국부좌표에서의 유체의 상대속도 [m/s]
 x_i : 직교좌표
 \sqrt{g} : 텐서의 행렬식

1. 서론

고분자 전해질형 연료전지는 연료(수소) 및 산소가 가지고 있는 화학에너지를 전기화학반응에 의해 곧바로 전기에너지로 변환시켜 주는 첨단 발전 방식으로 현재 널리 쓰이고 있는 디젤 기관 발전, 증기가스 발전 등과는 달리 연소과정이나 기계적 일이 필요 없는 직접적인 에너지변환방식이다. 즉 연료전지는 연료가 가지고 있는 자유에너지를 직접 이용하기 때문에 에너지 손실이 적어 총 발전 효율이 최고 80% 정도로 매우 높다. 그리고 터빈과 같은 대형회전자(rotor)가 없기 때문에 소음이 아주 적다. 또한 발전 시스템의 모든 구성품이 모듈형태로 제작되므로 대량 생산이 가능하다. 또한 신속한 조립설치가 가능하여 전력이 필요한 장소에 소규모로 설치할 수 있다.

* 책임저자, 회원, 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

E-mail : jungsun@mail.hankong.ac.kr

TEL : (02)300-0283 FAX : (02)3158-3189

* 한국항공대학교 대학원 항공기계공학과

이러한 이유로 석유의 대체에너지로 우리나라를 비롯해 여러 선진국에서 여러가지 연료전지의 개발이 활발히 이루어지고 있다.⁽¹⁾ 특히 고분자 전해질형 연료전지의 경우에는 짧은 시동시간에 고출력을 낼 수 있고 전류밀도가 높으며, 일반 가솔린이나 디젤 자동차와 비교하여, NO_x 의 배출량은 1/500, SO_x 의 배출량은 1/10,000으로 환경친화적인 고효율 발전시스템이다. 특히 고분자 전해질형 연료전지는 저공해 자동차 동력원으로서의 전 세계적으로 개발이 활발히 이루어지고 있다.^(1,2)

고분자 전해질형 연료전지 시스템의 개발 사업은 인산형 연료전지보다 약 10년 정도 뒤져 있지만, 인산형에 비해 저온에서 동작되며, 기술이 인산형과 유사하여 응용 기술의 적용이 쉽기 때문에 현재는 고분자 전해질형 연료전지의 이용 규모가 적지만 상업화에는 유리한 편이다. 더욱이 현재 몇 개의 시범용 고분자 전해질형 연료전지 전원을 사용한 자동차의 실험 결과에서 우수성이 입증되어 더 많은 연구가 진행 중에 있다.

연료전지의 거동을 모사하기 위해서는 다양한 성능변수들을 고려해야 하기 때문에, 수치적 결과만으로서 연료전지의 성능을 예측하기는 어렵다. 그럼에도 불구하고 현재 대부분의 연료전지 연구는 해석적 접근법을 선택하고 있다. 그 이유는 연료전지 내에서 변수들의 직접적인 상관관계를 명확히 정의할 수 있고, 연료전지 성능을 해석적 표현으로 처리할 수 있기 때문이다. 이와 같은 해석은 일반적으로 단순화된 모델을 사용하여 계산한다. 해석적 모델로부터 얻어진 결과는 실제 실험 모델의 결과와 비교하여 그 타당성을 검증하였다.⁽³⁾

기존에 수행된 연구를 살펴보면, 단순화한 연료전지 형상에 대하여 등온 조건인 경우와 비등온 조건인 경우에 대하여 열전달 현상을 해석한 바 있고,⁽³⁾ 연료전지 분리판의 내부저항과 연료전지 효율을 최적으로 만드는 전해질의 성분비에 대하여 연구를 수행한 바 있다.⁽⁴⁾ 그리고 고체고분자형 연료전지에 대한 냉각효과와 습도조절에 관한 연구 및 고체 고분자형 연료전지 전반에 대한 성능해석을 수행한 바 있다.^(5,6) 또한 3차원 연료전지 형상에 대하여 비정상상태 조건을 주고 열전달과 물질 전달에 대한 해석을 수행하였다.⁽⁷⁾

분리판 내부 채널의 균일한 유동장은 전체 연

료전지의 균일한 화학반응 및 온도분포에 직접적인 영향을 미친다. 그러므로 분리판 채널에서의 유동 해석은 전체 연료전지의 성능해석을 위해 반드시 필요하다. 이에 본 연구는 다양한 변수 중 가장 연료전지의 성능에 영향을 미치는 분리판 채널 형상에 따른 압력 및 속도 분포에 대한 해석을 수행하였다.

2. 이론적 배경 및 지배방정식

2.1 연료전지의 구성 및 작동원리

고분자 연료전지 발전시스템은 연료전지스택(fuel cell stack), 연료개질기(reformer), 직·교류 변환기(DC/AC inverter) 및 제어장치, 그리고 배열이용 시스템 등으로 구성되어 있다. Fig. 1은 연료전지의 구성을 간략하게 보여주고 있다.

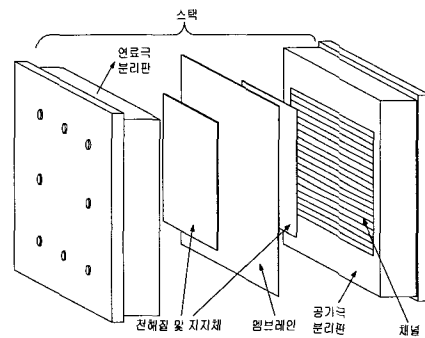


Fig. 1 Expanded view of a typical fuel cell

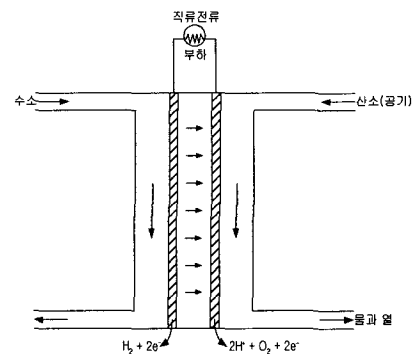
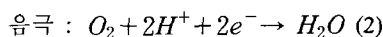
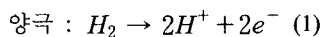


Fig. 2 Schematic view for chemical reaction in a fuel cell

기본적으로 단위전지는 Fig. 1과 같이 전해질 (electrolyte)에 의하여 분리된 연료극 및 공기극의 두 분리판으로 구성되어 있다. 두 분리판 사이에 있는 고분자 전해질 막의 양쪽 면은 기공도를 갖는 carbon cloth로 다공성 확산층의 역할을 한다. 이와 같은 다공성 확산층은 수소 및 공기가 통과하여 확산 될 수 있도록한다. 연료극 분리판 쪽의 다공성 확산층은 전자를 잃은 수소가 공기극 분리판 쪽으로 이동할 수 있도록 한다. 연료전지 내부에 설치되어 있는 분리판은 전도체의 성질을 갖는 탄소판으로 되어 있어 전기전도체의 역할을 수행할 뿐 아니라 내부에 연료 및 산화제를 공급할 수 있는 채널이 성형가공되어 있어 화학반응에 필요한 가스를 다공성 확산층 쪽으로 공급시켜 주는 역할을 한다.

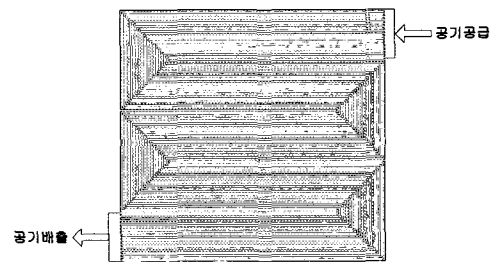
연료전지의 성능을 향상시키기 위해 연료전지에 공급되는 반응가스를 공급하는 장치인 연료개질장치, 연료전지의 저전압, 고전류 특성에 맞는 직·교류 변환장치 및 배열을 이용하여 열효율을 향상시키는 배열이용시스템 등의 연료전지 발전시스템의 개발이 필요하다. 그리고 연료전지시스템 성능 향상을 위해 분리판 내부 유동장에 대한 연구가 필요하다. 분리판 채널 길이에 따른 압력강하 정도는 화학반응에 의해서 생성되는 수분의 배출문제와 직접적인 상관관계를 갖는다. 또한 분리판 채널 내부의 균일한 유동장의 형성은 균일한 화학반응을 발생시키어 균일한 전류밀도를 얻을 수 있게 하기 때문에 안정된 연료전지의 성능에 영향을 미치어, 이에 대한 연구는 연료전지의 핵심기술 중 하나이다.

연료전지의 작동원리는 수소와 산소의 반응에 의하여 생성되는 전자의 이동으로 설명할 수 있다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 수소는 연료극 다공성 확산층을 통과하면서 식 (1)과 같이 수소이온으로 변환된다. 이 수소이온은 식 (2)와 같이 산소와 전기화학반응을 일으켜 물과 전류를 발생시킨다.^(3~6)

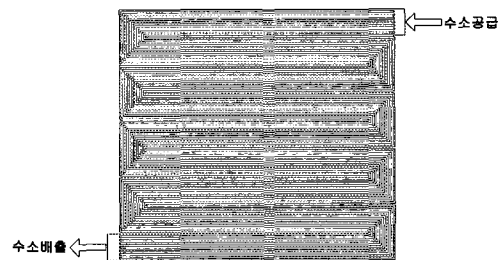


본 연구에 사용한 공기, 수소, 물의 분리판 내 채널의 형상은 Fig. 3과 같이 구불구불한

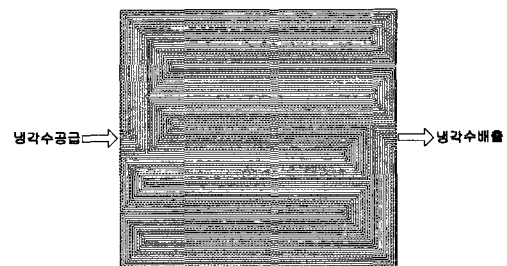
(serpentine) 형태이다. 이 분리판은 활성면적 400 cm² 내부에 서로 평행하게 마주보고 있는 채널들이 놓여져 있는 형상을 하고 있다. Fig. 3의 serpentine형태의 채널들은 모두 1mm의 폭을 갖는다. 각 채널의 깊이는 공기판의 경우 1.5mm, 수소판과 냉각판의 경우 1mm로 하였다. 공기판에 인접한 영역에서 화학반응이 일어나기 때문에, 공기판의 두께를 수소판 및 냉각판에 비하여 두껍게 설계하였다.



(a) The configuration of channels on bipolar plate for air



(b) The configuration of channels on bipolar plate for hydrogen



(c) The configuration of channels on bipolar plate for cooling water

Fig. 3 Conceptually configuration of channels on bipolar plates

Fig. 3(a)에 보여진 공기관은 15개의 채널을 갖고 있다. 이 채널들은 입구에서 출구까지 모두 동일한 길이를 갖고 있기 때문에 각각의 채널은 동일한 압력 강하량을 갖는다. Fig. 3(b) 및 (c)의 경우에도 입구에서 출구까지 각각의 채널의 길이가 모두 동일하므로 각 채널 당 압력 강하량은 동일하다.

이와 같은 분리판 채널 내부의 유동해석과정은 Wolf & Wilemski의 모델⁽⁸⁾을 참조하였다. 이 모델은 2차원, 정상상태의 가정을 도입하여 전치 단위전지에 대한 열 발생 및 유동, 에너지 전달을 해석하고 있다.

2.2 지배방정식 및 경계조건

연료전지의 지배방정식들은 반응기체의 특성, 전극표면에서 기체의 반응률, 동작전압, 전류밀도, 온도분포 등이 동시에 고려된 편미분 방정식으로 매우 복잡하다. 이 지배방정식들을 동시이 풀기는 불가능하므로 본 연구에서는 몇 가지의 기본가정을 도입하여 지배방정식을 단순화하였다. 수소 및 공기는 이상기체, 그리고 냉각수인 물은 비압축성로 고려하였다. 또한 수소 및 공기에 대한 화학반응을 고려하지 않았기 때문에 채널의 전 구간에 걸쳐 농도구배가 일정하게 유지된다고 가정하였다. 채널은 적은 유량이 흐르는 비교적 작은 관이므로 채널 내 흐름은 층류이다. 이와 같이 작은 관의 경우 깊이 방향으로의 속도 성분은 무시할 만큼 작으므로 그 영향은 무시하였다.

본 해석에 사용된 질량보존방정식과 운동량 보존 방정식을 직교 좌표계의 텐서표현법으로 쓰면 식 (3)과 식 (4)와 같다.

$$\frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial t} (\sqrt{g}\rho) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = s_m \quad (3)$$

$$\frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial t} (\sqrt{g}\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \tilde{u}_j u_i - \tau_{ij}) = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + s_i \quad (4)$$

위의 식에서 같은 첨자가 중복되어 있는 항은 합을 의미한다.

Table 1 Inlet boundary conditions and fluid properties

	유체 밀도	입구 질량 유량
냉각판	$\rho=998.2 \text{ kg/m}^3$	$\dot{m}=3.824 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
공기관	$\rho=1.205 \text{ kg/m}^3$	$\dot{m}=2.678 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
수소관	$\rho=0.0812 \text{ kg/m}^3$	$\dot{m}=4.511 \times 10^{-6} \text{ kg/s}$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = \frac{\partial (\rho u_1)}{\partial x_1} + \frac{\partial (\rho u_2)}{\partial x_2} \quad (5)$$

위의 질량 및 운동량 보존방정식을 사용하여 수치적 계산을 수행할 때의 경계조건 및 물성치는 Table 1과 같다.

본 연구에서는 공기, 수소, 물의 출구 압력을 동일하게 상압(1기압)으로 하였다. 모든 분리판은 출구 압력을 기준으로 채널 당 전체 압력 손실을 계산한 후, 수분배출문제 및 균일한 유동장 구성에 대한 적합성 문제를 판단하므로 이와 같은 출구압력조건을 사용하였다.

실제 연료전지 내부에서는 화학반응이 진행됨에 따라 분리판에 공급된 수소 및 산소가 화학반응에 의해 소비되어 그 양이 감소하게 된다. 본 연구에서는 이와 같은 화학반응에 의한 공급 가스의 감소 효과를 고려하지 않았기 때문에 실제 현상과 다소 차이가 있음을 명시한다.

본 연구에서는 분리판 개채널의 압력, 속도 분포 해석을 수행함에 있어서 범용 전산유체 해석 코드인 STAR-CD를 이용하였다. 그리고 계산 격자 구성을 위한 전처리에는 상용캐드프로그램인 ICEM-CFD의 DDN을 사용하였다.

3. 계산 결과 및 고찰

분리판의 채널 형상 설계에 있어서 가장 고려해야 할 점은 전체 활성면적을 통해 균일한 유량 공급과 균일한 압력 유지가 되도록 하는 것이다. 이와 같은 균일한 유동장은 활성면적(active area) 내부의 균일한 화학반응을 유도하여 채널 길이 방향으로 균일한 전기 및 열 발생이 일어나게 한다. 그러므로 전체 연료전지의 성능을 향상시키기 위해서는 분리판 채널의 형상설계에 대한 연구가 반드시 필요하다.

이에 본 연구에서는 Fig. 3의 분리판 채널 형상에 대한 유동해석을 수행하였다. 본 계산에서는 모든 분리판의 각 채널의 폭을 5개의 격자로 하였다. 채널 내부의 각 격자들에 대한 압력 및 속도는 식 (6)을 이용하여 평균화하였다.

$$\Phi = \frac{\int \Phi d\dot{m}}{\dot{m}} \quad (6)$$

여기서 평균변수 Φ 는 채널 폭 방향을 구성하고 있는 격자 중심점으로부터 얻은 계산 결과를 질량유량에 대하여 평균한 값이다. 채널 내부의 폭과 깊이는 항상 일정하기 때문에 채널의 단면적 A_c 는 일정하다. 그리고 채널 전 구간에 걸쳐 질량유량은 일정하며, 화학반응에 의한 급격한 온도변화가 없기 때문에 채널 내부의 기체밀도가 일정하게 유지된다. 평균변수의 식 (6)을 이용하여 채널 내부의 평균속도 및 평균압력을 다음과 같이 계산하였다.

$$u_m = \frac{\int_{A_c} \rho u^2(x) dA_c}{\rho u A_c} \quad (7)$$

$$P_m = \frac{\int_{A_c} P \rho u_m dA_c}{\rho u_m A_c} \quad (8)$$

채널 입구부터 출구까지의 압력 차이가 전체 연료전지 전기발생량에 직접적으로 영향을 미친다는 사실은 실험적으로 얻어진 다음의 식 (9)로 확인할 수 있다.⁽²⁾

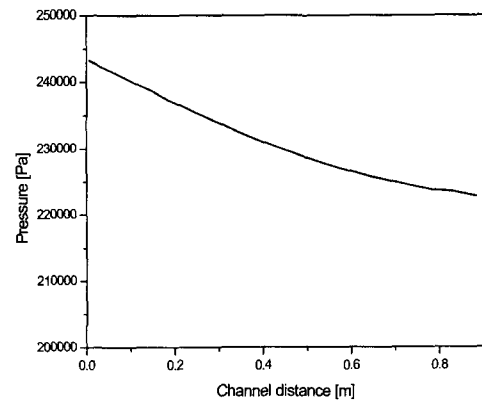
$$\nabla v_p(mV) = 59 \log \frac{P_2}{P_1} \quad (9)$$

유동장이 균일하지 않을 경우 전류분포와 온도 분포가 비균일하여 국부적으로 전기 및 열적으로 과부하 상태가 될 수 있다. 이 경우 전지의 효율 저하는 물론 수명도 단축될 수 있다. 이와 같은 현상을 방지하기 위해서는 분리판의 각 채널 당 입구에서 출구까지의 길이를 모두 동일하게 설계해야 한다. 이 경우 채널의 길이에 비례하여 분리판에 위치한 각각의 채널에서 동일한 압력 강

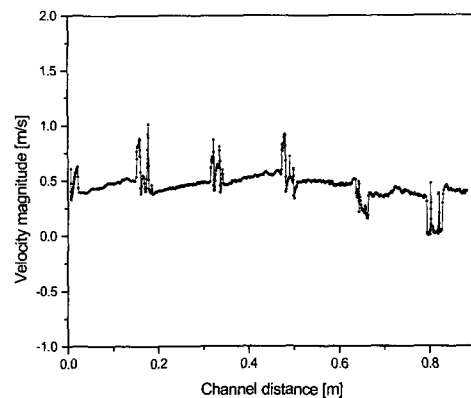
하가 발생하게 된다. 이와 같은 현상을 해석하고 개선책을 제시하고자 본 연구에서는 우선 기존에 설계된 serpentine 채널 형상에 대한 유동해석을 수행하였다.

Fig. 4는 수소판의 채널 길이에 따른 평균압력 및 평균속도분포 계산결과를 보여주고 있다. Fig. 4(a)는 수소 분리판 채널 전 구간에 걸친 압력변화를 나타내고 있다. 이 결과를 살펴보면 채널 당 입구에서 출구까지의 전체 압력강하는 0.202 기압이다. 이와 같은 수소 분리판 채널 길이에 따른 압력변화 결과를 이용하여, 채널 길이에 따른 압력 강하의 보간식을 구하면 식 (10)과 같다.

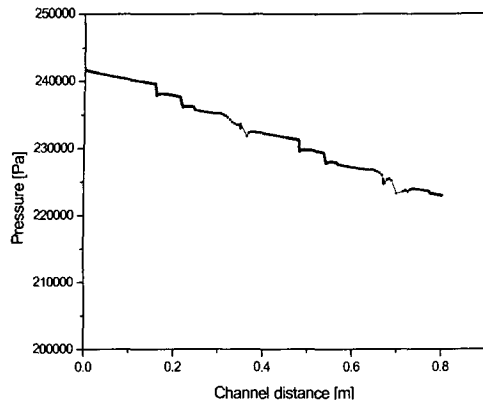
$$P = P_0 + A_1 \exp\left(-\frac{x_1}{t_1}\right) \quad (10)$$



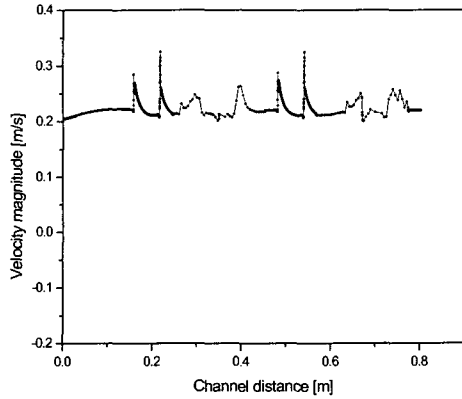
(a) Pressure distribution along hydrogen channel



(b) Velocity profile along hydrogen channel
Fig. 4 Distribution of averaged pressure and velocity in hydrogen flow-field plate



(a) Pressure distribution along air channel

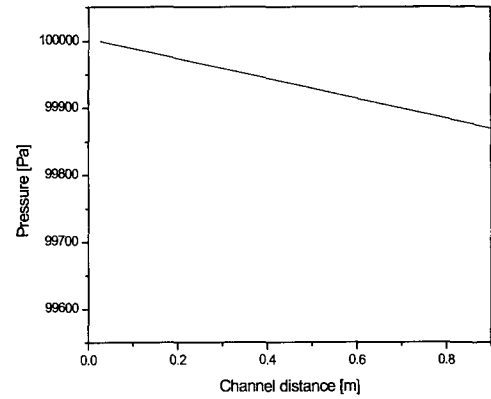


(b) Velocity profile along air channel

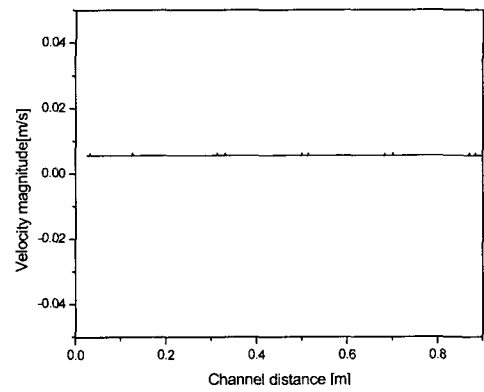
Fig. 5 Distribution of averaged pressure and velocity in air flow-field plate

여기서 A_1 은 31227.081, t_1 은 0.753이며, x_1 은 채널의 길이를 나타낸다. 채널 내부에서 “ㄷ”자 형태로 꺾어지는 부분에서의 압력 변동 ΔP 는 전체압력강하에 비하여 그 비율이 0.0075%로 매우 작기 때문에 그 영향을 무시할 수 있다.

Fig. 4(b)는 수소의 평균속도분포를 보여주고 있다. 수소판은 채널이 평행하게 놓여진 구간에서는 비교적 일정한 평균속도 값을 갖는다. 수소판의 경우 전체 채널에 걸쳐 평균속도가 대략 0.585m/s이다. 반면, 채널이 꺾어지는 구간에서는 국부적인 유동의 박리현상이 발생하여 속도의 변동폭이 큰 것을 확인할 수 있다. 이 구간은 채널이 “ㄷ”자 형태로 꺾어지는 부분인데, 이 구간에서 형성된 불안정한 유동은 이후에 평행하게 놓여진 채널 구간을 통과하면서 다소 안정화된다. 본 계산에서는 고체 부분에 인접한 채널 벽면에서는 no-slip 조건을 적용하였다.



(a) Pressure distribution along cooling channel



(b) Velocity profile along cooling channel

Fig. 6 Distribution of averaged pressure and velocity in cooling flow-field plate

Fig. 5는 공기판의 채널 길이에 따른 평균압력 분포 및 평균속도분포의 계산결과를 보여주고 있다. 공기판의 경우 수소의 60배 정도의 유량이 채널을 통과한다. 공기판 채널을 흐르는 대량의 공기 유량은 화학반응에 의해 생성되는 수증기의 배출을 원활하게 하고, 이론당량비 상태로 반응이 일어날 수 있도록 도와주는 역할을 한다.

Fig. 5의 계산결과를 살펴보면 채널 내부의 유동은 일정한 경향성을 갖는데, 채널진행방향에 따라 점차적으로 압력강하가 발생하는 것을 알 수 있다. 공기판의 전체압력강하는 0.168기압이다. Fig. 5(b)의 속도분포를 살펴보면, 채널 길이가 0.156m 되는 지점까지는 채널이 평행하게 놓여진 구간으로 평균속도가 거의 일정하다. 그리고 0.156-0.249m 되는 지점에서는 속도의 변동이 발생하여 유동이 불안정하게 된다. 이 구간은 채널이 “ㄷ”자 형태로 꺾어지는 부분으로 수소판의

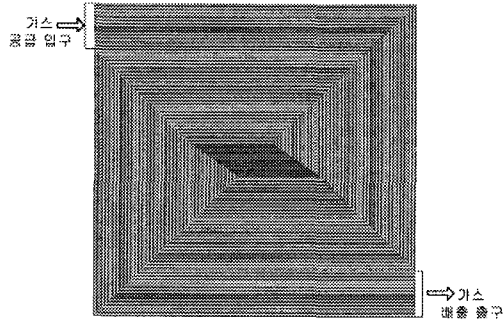


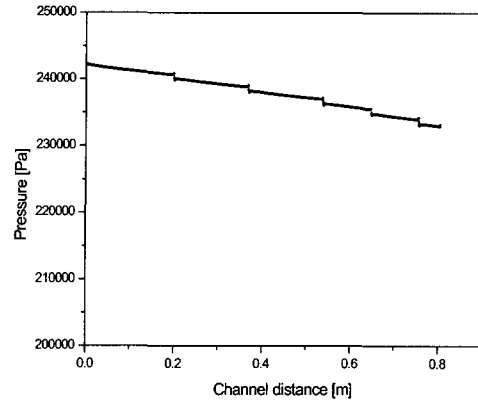
Fig. 7 The spiral Configuration of channels on flow-field

경우와 유사하게 유동이 불안정성을 보인다. 이 유동의 불안정성은 “C”자 형태의 구간을 통과한 이후 영역에도 많은 영향을 미친다. 이와 같은 유동의 불안정은 채널의 길이가 길고 평행하게 놓여져 있는 구간을 통과하면서 다시 안정화되어 간다. 이와 같은 구간에서의 평균속도는 대략 0.223m/s의 값을 갖는다.

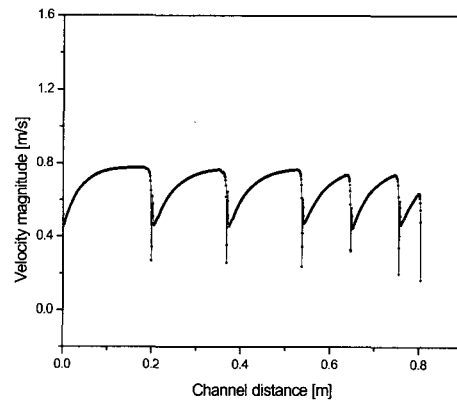
Fig. 6(a)는 냉각판 내부의 채널길이에 따른 평균압력분포를 보여주고 있다. 냉각수로 사용되는 물은 액체상태이기 때문에 점성이 크다. 즉, 물분자가 상대적인 운동을 할 때 분자간, 혹은 물분자와 채널의 고체 벽면 사이에 마찰력을 유발시키는 성질이 기체에 비하여 크다. 또한 냉각수의 유량이 수소 및 공기의 경우와 비교할 때 매우 적으므로 채널의 형상변화에 크게 영향을 받지 않고 전구간에 걸쳐 대부분 균일한 유동장을 형성시킨다. 냉각판 채널입구에서 출구까지 전체압력강하는 0.00384기압으로 매우 적은 양을 갖는다.

Fig. 6(b)의 평균속도분포를 살펴보면, 전 구간에 걸쳐 0.00558m/s로 거의 일정함을 알 수 있다. 일부 채널의 꺾임이 있는 구간에서는 속도의 변동을 관찰할 수 있지만, 대부분의 채널에서는 평균속도가 일정하기 때문에 단위전지의 내부에서 화학반응이 진행되는 동안 발생하는 열회수율이 전 영역에 걸쳐 균일하다. 이상의 계산결과로부터 분리판의 채널형상이 연료전지 내부의 유동장에 직접 영향을 준다는 사실을 확인할 수 있었다. 즉, 분리판 채널형상은 전체 연료전지 성능을 결정하는 주요 인자임을 알 수 있다.

기존의 구불구불한(serpentine)분리판 채널형상



(a) Pressure distribution along air channel



(b) Velocity profile along air channel

Fig. 8 Distribution of averaged pressure and velocity in air flow-field plate

은 채널 간 각도 변화가 심한 국부적 영역에서 발생하는 속도변동이 이후의 평행하게 놓여진 채널 영역에 영향을 미친다는 문제점을 가지고 있었다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 Fig. 7과 같은 나선형(spiral)형태의 채널 형상을 제시하고자 한다. 전체 채널형상을 나선형으로 배치하면 분리판의 바깥쪽에서 중앙으로, 다시 중앙에서 바깥쪽으로 기체가 흐르므로 활성면적 전체에 걸쳐 균일한 가스의 공급이 이루어진다. 분리판 표면의 다수의 채널로 구성된 채널밴드(채널들의 묶음)를 가스(수소 혹은 산소)가 공급되는 입구측 가스 채널밴드와 수소나 산소가 회박해진 출구측 채널밴드가 분리판의 전구간에 걸쳐 인접하게 되어, 분리판 표면 전체의

반응가스의 압력분포가 균일하게 유지된다. Fig. 8은 해석을 통한 나선형채널형상에서의 공기의 압력 및 속도분포를 나타내고 있다. Fig. 8로부터 알 수 있듯이 꺾어지는 구간에서의 속도변동이 내부 유동관성력에 의해서 회복되어 유동이 안정화됨을 알 수 있다.

즉, 나선형 분리판이 serpentine한 분리판보다 안정된 유동분포를 가짐을 알 수 있고, 균일한 유동분포를 가지어 안정된 연료전지의 성능을 유지해야 하는 연료전지의 요구조건에 더 부합됨을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 수치적 방법을 이용하여 고분자 전해질형 연료전지의 분리판 내 채널형상에 대한 유동해석을 수행하였다. 이 계산 결과를 토대로 기존의 분리판 채널형상에서 발생하는 문제점을 보완하기 위해 분리판 채널형상을 나선형으로 설계하였다. 기존의 분리판 채널형상에 대한 유동해석결과 예상과 둔각으로 꺾어지는 일부 영역에서 유동의 정체구간이 형성되어 유동이 불안정하게 된다는 것을 알 수 있었다.

분리판 채널형상을 나선형으로 설계하면 기존의 serpentine분리판 채널형상에서 발생하는 유동의 불안정을 해결할 수 있다. 채널형상을 나선형으로 설계함으로써 보다 안정된 유동분포를 지니고, 연료전지성능을 개선할 수 있게 되었다.

후 기

본 연구는 에너지관리공단의 에너지 자원 기술(대체에너지) 개발사업에 의해 지원되었고, 한국에너지기술연구소 연료전지 연구센터 연구원들의 협조 하에 이루어졌습니다. 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- (1) Kim, C. S., 2000, "Proton Exchange Membrane Fuel Cell System," *KIER Energy Technology*, Vol. 10, pp. 4~5.
- (2) Williams, M. C., 2000, *Fuel Cell Handbook*, EG & G Services Parsons, Inc. Science Application International Corporation.
- (3) Standaert, F., Hemmes, K. and Woudstra, N., 1996, "Analytical Fuel Cell Modeling," *Journal of Power Sources*, Vol. 63, pp. 221~234.
- (4) Ward, C. A. and Garcia, J. A., 1997, "Analytical Method for Determining the Internal Resistance and Electro-catalyst Utilization of Fuel Cells," *Journal of Power Sources*, Vol. 66, pp. 83~84.
- (5) Picot, D., Bezian, J. J. and Rouveyre, L., 1998, "Impact of the Water Symmetry Factor on Humidification and Cooling Strategies for PEM Fuel Cell Stacks," *Journal of Power Sources*, Vol. 75, pp. 251~253.
- (6) Lee, J. H., Lalk, T. R. and Appleby, A. J., 1998, "Modeling Electrochemical Performance in Large Scale Proton Exchange Fuel Cell Stacks," *Journal of Power Sources*, Vol. 70, pp. 258~268.
- (7) He, W. and Chen, Q., 1998, "Three-Dimensional Simulation of A Molten Carbonate Fuel Cell Stack under Transient Conditions," *Journal of Power Sources*, Vol. 73, pp. 182~192.
- (8) Wilemski, G. K., 1985, *Molten Carbonate Fuel Cell Performance Model Update: Final Report*, Physical Sciences, Research Park, Andover, MA, U.S.A.
- (9) Hemmes, K., 1991, "Computer Algebra Applied in Electrochemistry and Fuel Cell Modeling," *The Electrochemical Society*, Pennington, NJ, U.S.A.