

인산형 연료전지의 성능 및 전달현상에 관한 연구 A Numerical Study on the Performance and Transfer Characteristics of Phosphoric Acid Fuel Cell

전동협*·채재우
인하대학교 공과대학 기계공학과

요약

인산형 연료전지내 열 및 물질전달 특성에 대하여 FDM과 시행착오법에 의하여 3차원 해석이 이루어졌다. Z병행류와 Z대향류를 대상으로 냉각공기 유입방향을 바꿔가며 전류밀도가 평균온도, 전압, 온도분포차, 전류밀도분포차에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다. 본 연구의 결과로 Stack에서의 최적조건을 도출하여 연료전지의 성능향상에 도움이 되리라 기대된다.

1. 서론

연료전지는 수소와 산소를 이용하여 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 발전장치로서 작동방법은 기존의 건전지나 습전지와 비슷하여 에너지의 이용율이 매우 높고 천연가스나 메탄올과 같은 석유대체연료를 사용하며 공해배출요인이 작다는 잇점을 가지고 있다[1].

인산형 연료전지는 전해질의 특성상 전지내 평균온도의 제한이 많으며 온도분포도 균일하게 하는 것이 필요하다. 전지내 온도상승은 전압-전류 특성을 개선하여 전지의 성능을 높이는 효과는 있지만 전극 및 전해질의 내구성 약화로 전지의 수명을 단축시키므로 연료전지내 온도분포에 관한 연구는 필수적인 과제이다.

1980년대 Alkasab.K.A, C.Y.Lu[2], 오진훈[3]등이 인산형 연료전지의 성능해석을 위해 모델을 세우고 수치해석을 통해 그 결과를 보고하는등 지금까지 이에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으나 대부분의 연구는 Straight형(Straight-type)에 관한 것이었으며 이보다 성능이 좋은 것으로 알려져 있는 Z형(Z-type)에 관한 연구[4]는 극히 제한되어 있다.

이에 본 연구에서는 Z 대향류형(Z-counter type)과 Z 병행류형(Z-parallel type) 인산형 연료전지 스택을 대상으로 열 및 물질 전달현상을 유한차분법(FDM)에 의하여 해석하였다.

2. 해석이론

5개의 Cell로 구성된 단위전지를 대상으로 2차원 전류밀도분포 해석과 3차원 온도분포 해석이 이루어졌으며 x,y방향으로 6구간씩 격자를 나누었고 냉각판을 기준점으로 3

매의 전지판에 대하여 수치해석이 이루어졌다. 냉각판은 Straight형이며 모델링 형상은 Fig.1과 같다.

전지판, 냉각판, 반응공기, 연료내 전달현상을 포함하는 에너지 방정식을 통하여 온도 분포가 구하여졌고 수식을 간단히 하기 위하여 다음과 같은 가정을 세웠다.

- (1) 이상기체, 비압축성 기체
- (2) 연료흐름 방향의 온도구배는 매우작다.
- (3) 전지의 끝은 단열되어 있다.

수치해석을 수행하기 위하여 에너지방정식을 적용하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{전지판 : } & t(K_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}) + K_z \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z+\Delta z} - K_z \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_z \\ & - C_p \frac{m_p}{P_p} \frac{\partial T_p}{\partial x} - C_p \frac{m_p}{P_p} \frac{\partial T_p}{\partial y} = -(V^* - V)I \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{여기서 } V^* = \frac{\Delta H_r}{ZF}$$

$$\text{냉각판 : } t'(K_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}) + 2K_z \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z+t'/2z} - C_p \frac{m_p}{P_p} \frac{\partial T_p}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

3. 결과 및 고찰

본 연구는 30cm×30cm(900cm²) 크기의 전지에 공기와 연료의 이용율 50%, 압력:5atm, 냉각공기:135℃인 조건에서 해석하였다.

Fig.3,4,5,6은 목표전류밀도의 증가에 따른 평균온도, 전압, 온도분포차, 전류밀도분포차의 변화를 나타낸 것이다. 목표전류밀도가 증가함에 따라 평균온도는 증가하고 전압은 감소하였다. 또한 온도차, 전류밀도차는 목표전류밀도가 증가함에 따라 상승하였고 전류밀도가 클수록 증가폭은 크게 나타났다. 병행류가 대향류에 비해 평균온도와 온도차가 낮았으며 L mode는 R mode 보다 평균온도는 낮고 전류밀도분포차는 작으나 온도분포차가 크다.

목표전류밀도가 1A/cm²~1.5A/cm²에서 전지 평균온도가 증가하다가 큰 폭으로 감소하는 경향을 나타내는데 이는 1A/cm²~1.5A/cm²에서 Re>2100으로 유동이 층류에서 난류로 변하여 관내 열전달이 활발히 일어나 평균온도가 낮아졌다. 그리고 층류일때보다 난류일때 평균온도와 전지내 온도차의 증가폭이 적었다.

4. 결론

Z형 연료전지에서 반응기체와 냉각공기 방향변화에 따른 3차원 Simulation을 통하여 성능 및 전달현상을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

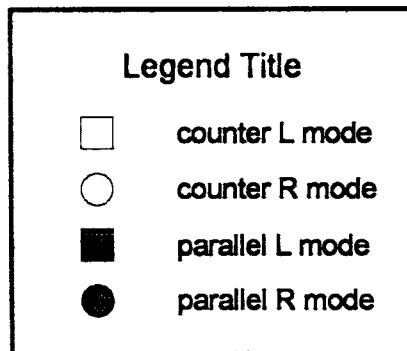
1. 병행류가 대향류에 비하여 냉각효과가 뛰어나다.
2. 층류일때보다 난류일때 전지내 열전달이 잘 일어나므로 작동시 냉각기체의 흐름을 난류형태로 공급하는것이 타당하리라 사료된다.
3. 작동시 평균온도는 병행류 L mode가 가장 낮고 온도분포차는 병행류 R mode가 가장 적다.

후 기

본 연구는 G-7과제의 일환으로서 에너지기술연구소의 지원으로 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 표하는 바입니다.

참고문헌

- (1) David Linden,1984,"Handbook of Batteries and Fuel Cells",McGraw-Hill Book Company,New York
- (2) C.Y.Lu,K.A.Alkasab,"Manual of Phosphoric Acid Fuel Cell Stack Three-Dimensional Model and Computer Program".NASA CR-174722,1984.
- (3) 吳 振勳,"リン酸形 燃料電池(對向流れ) 特性に 及ぼす 冷却 氣體の 影響".計測自動制御學會 論文集, Vol.25,No.3,1989.
- (4) 전동협,정명식,채재우,"인산형 연료전지의 가스유입 방향변화에 따른 수치해석적 연구",대한기계학회 논문집,Vol.18,No.5,pp.1338~1346,May,1994



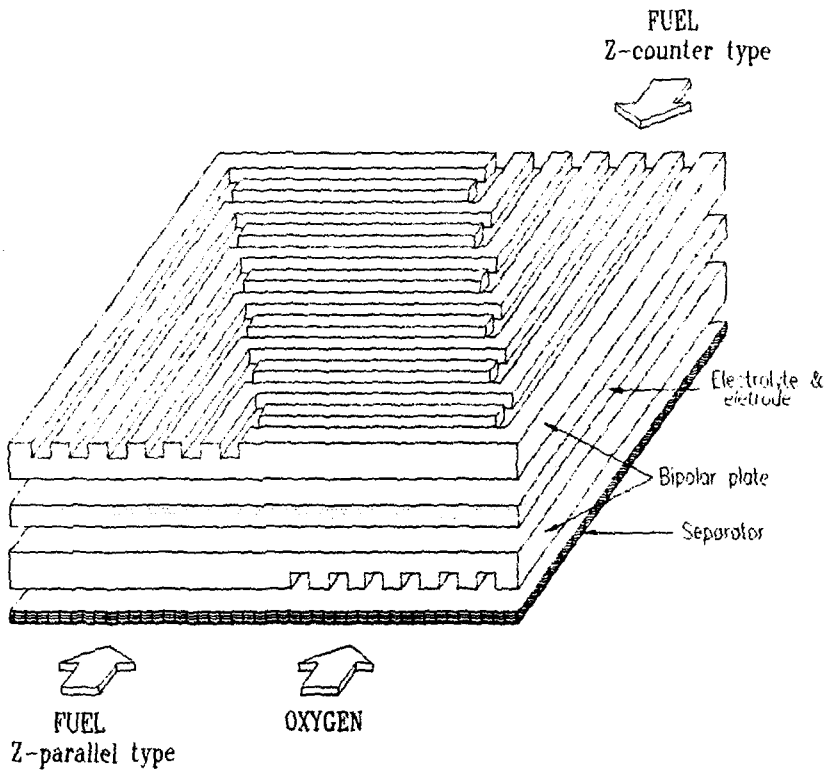


Fig.1 The Z-type air-cooled stack

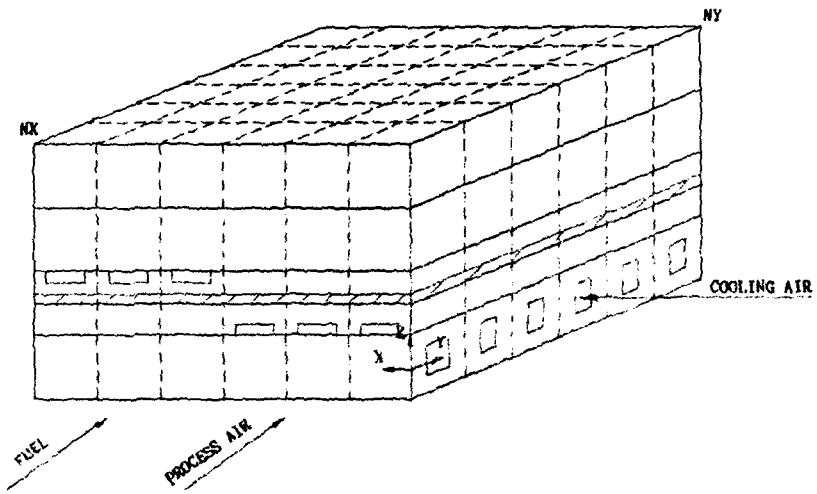


Fig 2 Geometric model for the thermal analysis

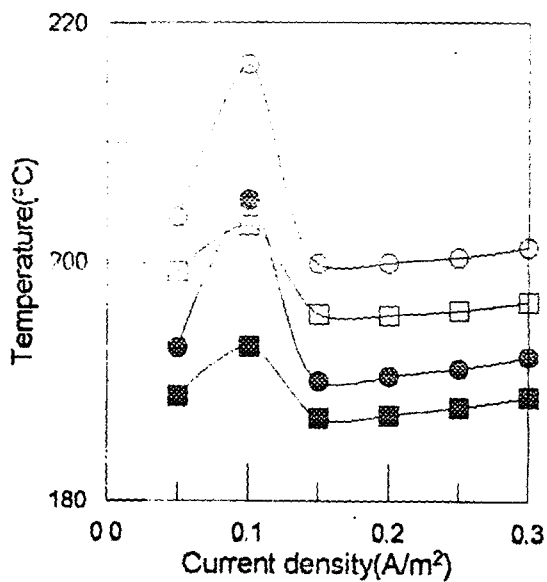


Fig.3 Effect of current density on temperature

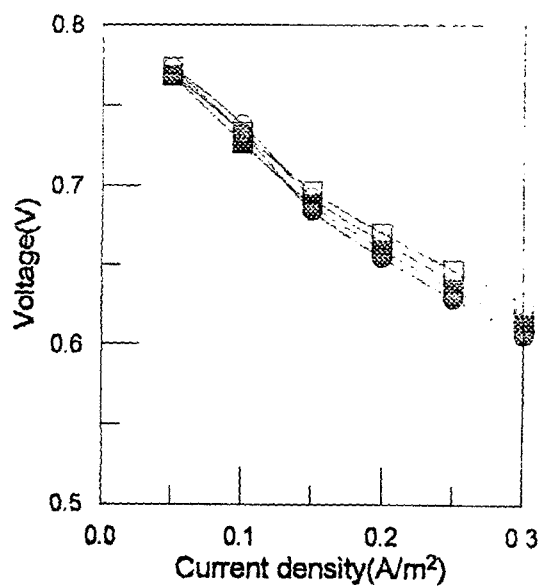


Fig.4 Effect of current density on voltage

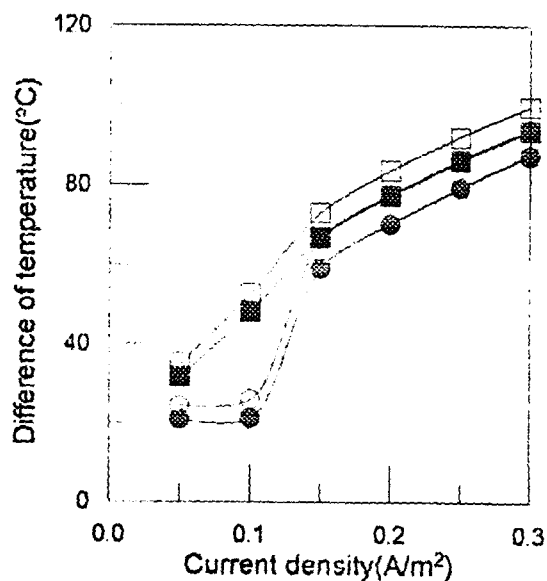


Fig 5 Effect of current density on difference of temperature

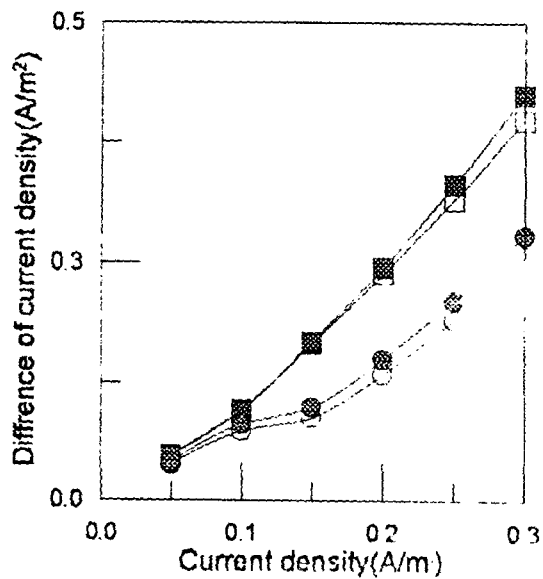


Fig.6 Effect of current density on difference of current density