

75 kW 용융탄산염 연료전지 (MCFC) 스택 내 압력 손실 해석

김범주[†], 이정현*, 김도형*, 강승원*, 임희천*
*한전 전력연구원 신재생에너지 그룹

Pressure Loss Analysis of the 75 kW MCFC Stack with Internal Manifold Separator

BEOMJOO KIM[†], JUNGHYUN LEE*, DOHYEONG KIM*, SEUNGWON KANG*, HEECHUN LIM*
*Renewable Energy Research Group, Korea Electric Power Research Institute, KEPCO

ABSTRACT

To obtain the data of the pressure loss and differential pressure at the inside of the stack that was composed of 126 cells with 7,500 cm² electrode area, 75kW molten carbonate fuel cell system has been operated. Computational fluid dynamics was applied to estimate reactions and thermal fluid behavior inside of the stack that was adopted with internal manifold type separator. The pressure loss coefficient K showed 72.29 to 84.01 in anode and 6.34 to 8.75 in cathode at low part of cells at the inside of 75 kW MCFC stack respectively. Meanwhile, the pressure loss coefficient of the higher part of cells at the interior of the stack showed 15.36 and 56.44 in anode and cathode respectively. These results mean that there is no big total pressure difference between anode and cathode at the inner part of 75 kW MCFC stack. This result will be reflected in 250kW MCFC system design.

KEY WORDS : Separator (분리판), Pressure loss (압력 손실), Molten carbonate fuel cell(용융탄산염 연료전지), Pressure difference (차압), Pressure loss coefficient K (손실 계수 K) Hydraulic diameter(수력 반경)

Nomenclature

A : area, m²
L : separator length, m
Q : flowrate, m³/s
V : velocity, m/s
P : pressure, mmAq

ΔP : differential pressure, mmAq
K : loss coefficient
D : diameter, m
f : frictional coefficient
 ρ : density, kg/m³
 ν : dynamic viscosity, m²/s
Re : Reynolds Number
M : loss coefficient in separator

[†]Corresponding author : k9411243@naver.com

Subscripts

AN : anode
 CA : cathode
 h : hydraulic

1. 서 론

용융탄산염 연료전지 기술개발은 1993 년부터 국가 G7 신 에너지 개발 사업으로 “2 kW급 MCFC 시스템 개발” 연구에 착수하여 기초 기반기술 개발에 성공하였고, 이어 100 kW급 MCFC 개발 사업으로 50 kW급MCFC 발전시스템을 건설 운전시험을 완료하였다. 확립된 상용 기초 기반 기술을 바탕으로 현재 250 kW급 MCFC 발전 시스템 개발이 진행되고 있으며, 250 kW급 발전 시스템은 125 kW급 MCFC 스택 2기로 구성되어 있으며, 이를 위하여 1m² 급 대형 분리판을 이용한 125 kW급 MCFC 스택 개발이 진행되고 있다. 본 연구에서 개발하는 125 kW급 MCFC 스택은 1m²급 유효 전극 면적을 갖는 단위 전지 150장으로 구성되어 있으며, 가스의 흐름은 internal manifold & co-flow type 형태로 되어있다. 전극 구성요소로 anode 전극은 Ni-Al alloy, cathode 는 ithiated-NiO 그리고 매트릭스는 α -LiAlO₂ 로 제작되고 전해질은 Li/K carbonate가 68/32 비율로 섞인 전해질을 사용하고 있다. 각 구성요소 별 기술 수준을 점검하고 개발 방향을 점검하기 위하여 125 kW 스택을 적층하여 운전하기 전에 중간규모의 75 kW급 MCFC short stack 운전평가를 시행하였다.

75 kW급 MCFC short stack은 7,500 cm² 유효 전극 면적을 갖는 단위전지 126장을 적층하여 구성되어 있다. 특히 soft rail 형태의 내부 매니폴드형 분리 판을 개발하고 이에 대한 신뢰성 평가, 및 내부 유동상태를 확인하고, 고 적층 스택의 열과 가스 분포 실험 및 스택 운전 조건을 도출하는 것을 목적으로 하고 있다.

본고에서는 한국중부발전(주)의 보령화력 발전소 연료전지 시험동에서 2007년 5월에 설치되어 운전 시험을 진행한 75 kW급 MCFC short stack 운전 결과를 바탕으로 이때 운전된 MCFC 스택

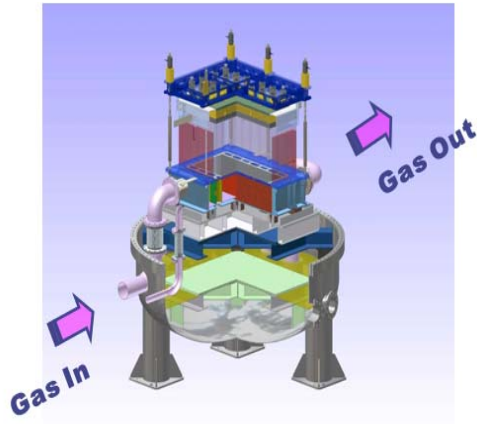


Fig. 1 Outlook of 75kW MCFC stack

내부에서의 스택에 공급되는 유량 변화 및 형태에 따른 압력손실에 대하여 고찰해 본 것이다. MCFC 스택 내부 유동에 따른 유체해석을 통하여 스택 유량 및 내부형상 변화에 따른 연료전지 내 압력 손실성능을 평가하였다¹⁾.

2. 75 kW MCFC 스택 및 형상해석

2.1 MCFC 스택 및 운전설비 개요

Fig. 1는 75 kW급 MCFC 스택의 외관을 보여 주고 있다. 75 kW MCFC 스택은 연료극(anode) 및 공기극(cathode)로 구성 된 전극, 전해질, 매트릭스와 내부 매니폴드 형태의 분리판으로 이루어진 단위전지를 그 기본으로 하고 있다.

단위전지는 7,500cm² 반응면적을 가지고 있고 이들 단위전지 126장 적층되어 MCFC 스택을 구성하게 된다. 스택 내 반응가스를 공급하기위한 스택 내부에 입, 출구 매니폴드를 가지고 있으며 스택 내 유동은 입구 매니폴드에서 분리판 하부로 반응가스가 공급되어 상부 단위전지로 분산 공급 된다. 반응이 이루어진 가스는 다시 하부 분리판에서 하부 매니폴드로 모이고 스택 출구관을 통하여 배출된다. 따라서 스택 내 anode 가스와 cathode 가스는 같은 쪽에서 들어와서 반대방향으로 나가

Table 1 MCFC system specification

분리판 면적	7500 cm ²
적층 수	126
매니폴드 타입	Internal
유동 타입	Co-Flow
개질 방식	External
이용률	Cathode: 0.4
	Anode: 0.6
구성요소	Anode: Ni-Al alloy
	Cathode: Lithiated_NiO
	Matrix: γ -LiAlO ₂
	Electrolyte: Li/K Carbonate

는 평행류(co-flow type)형태를 보여주고 있다. Table 1에 MCFC 시스템 사양을 정리해놓았다. 이러한 MCFC 시스템은 연료극(anode)에 질소, steam, 이산화탄소가 공급되고 공기극(cathode)에

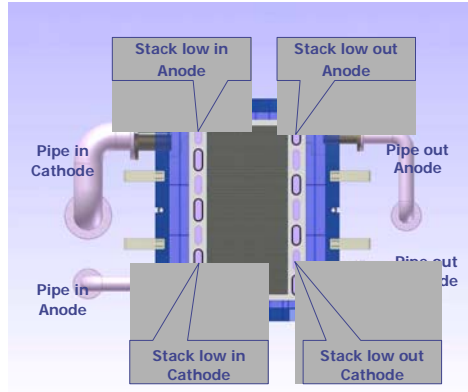


Fig. 3 75kW stack plane view

질소, 이산화탄소, 공기가 공급되어 히터에 의해 600℃ 이상으로 가열되어 스택 내에 공급되며, 스택 내에서는 anode 및 cathode 반응가스가 반응하여 전기를 생산하고 반응 가스는 외부로 배출된다. Fig. 2에 75kW 스택과 설비를 보여주고 있다¹⁾.

2.2 스택 내부 분리판 형상 해석 및 가정

MCFC 스택 내 적층된 단위전지 및 분리판 등 간략한 명칭을 Fig. 3과 Fig. 4와 같이 간략하게



Fig. 2 75kW test set-up

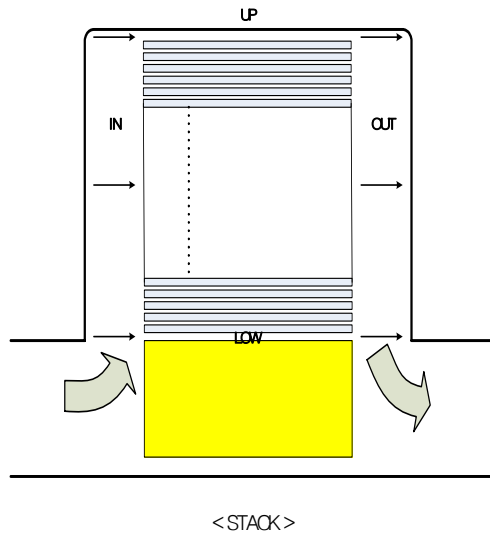


Fig. 4 75kW stack sectional view

Table 2 stack pipe size

	배관 호칭경 (in)	스케줄 (Sch)	내경 (mm)	면적(m ²) (A _{PIPE})
AN	4"	20	104.5	0.00857
CA	8"	20	203.5	0.03250

Table 3 Separator hole size

	unit hole area (m ²)(a)	EA	분리판 홀 면적 (m ²)(A _{sep})	D _h (m)
An in (작은 홀 4개) Ca out	0.00662	4	0.0265	0.2438
Ca in (큰 홀 3개) An out	0.01085	3	0.0325	0.3869

정의 하였다. 분기되는 유량을 균일하게 만들기 위하여 공기극과 연료극 사이의 간격을 최소화 하여, 공기극과 연료극 입·출구의 넓이를 최대화 하였다. Fig. 4은 공기극 채널의 입구와 출구 모양을 나타낸 것이다. 공기극의 경우 입구 분기관의 개수가 3개 이고 출구 분기관의 개수는 4개가 된다. 연료극의 경우 입구 분기관의 개수가 4개이고 출구 분기관의 개수는 3개가 된다.

고 적층 스택의 운전 평가에 있어서 열 유체 유동 시험은 매우 중요하다. 우선 MCFC 스택에 공급되는 유량에 따른 손실계수를 구하기 위하여 MCFC 스택 내부 분리판 형상과 면적, 수력반경, 그리고 가스의 유량과 밀도, 동 점성 계수 등 필요한 조건 등을 실험 운전 자료에 근거하여 설정하였다. MCFC 스택 입, 출구에 연결되어 있는 배관 호칭경, 스케줄등으로 부터 Table 2과 같이 MCFC 스택 내 연료극 및 공기극 배관 면적을 계산 하였다. Fig. 5의 도면을 이용하여 MCFC 분리판 내부 hole 면적을 계산하였다.

이러 계산된 MCFC 분리판 홀 면적을 이용하여

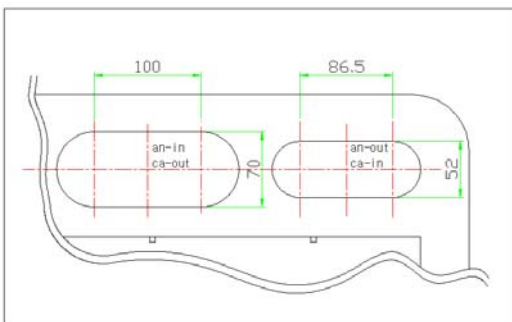


Fig. 5 Manifold drawing

분리판의 수력지름을 계산하였다.

$$D_h = \frac{4A}{P} \tag{1}$$

이 때, 계산된 분리판 내 홀 면적 및 수력 지름을 Table 3에서 보여 주고 있다. 여기서, MCFC 분리판 내부에서 cathode inlet의 hole 면적과 cathode pipe inlet 의 면적이 같은 것을 알 수 있고 이는 일반적으로 정상 운전 상태에서 cathode의 유량이 anode보다 많은 것을 감안하여 MCFC 스택 내부에서 손실 수두를 줄이기 위해 유로 면적을 크게 한 것으로 볼 수 있다.

한 편, 본 논문에서는 운전시험 된 75 kW MCFC 스택의 내부 유동 상태의 계산을 위해 아래와 같이 스택 내부 상태를 가정하였다.³⁾

- ① Normal velocity는 upstream 입구(inlet)에서 mean velocity로 정의한다.
- ② 완전 발달된(fully developed)된 유동조건은 downstream “출구(outlet)”인 것으로 정의한다.
- ③ 벽면에서는 no-slip condition (zero velocity for normal and tangential velocity components)으로 가정한다.
- ④ 대칭되는 면에서 대칭조건으로 설정하였다.
- ⑤ 계측된 각 점을 기준으로 lump system계측된 각 점을 기준으로 lump system으로, 모든 유체는 비압축성이라고 가정하였다.
- ⑥ 모든 유체는 비압축성이라고 가정한다. 이때 사용된 지배 방정식은 다음과 같다.

○ mass balance equation

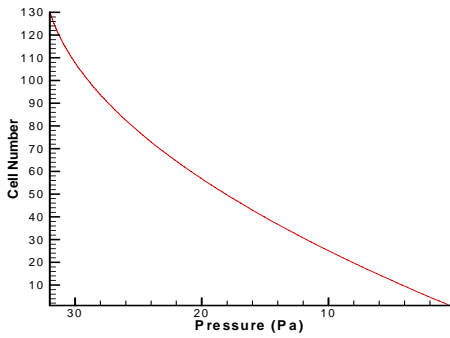


Fig. 6 Cathode inlet 매니폴드 압력 분포

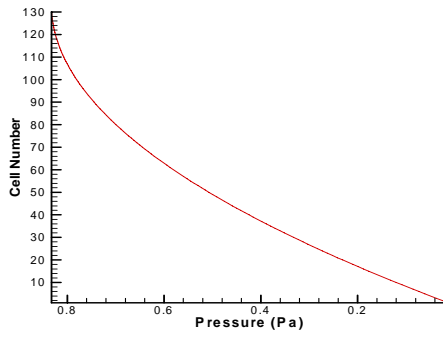


Fig. 8 Anode inlet 매니폴드 압력 분포

$$\frac{\partial(U_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (2)$$

○ momentum balance equation

$$\frac{\partial(U_i U_i)}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\nu \frac{\partial U_i}{\partial x_j} \right) \quad (3)$$

여기서, $i=1,2,3$ U_i 는 i 방향으로 속도성분, P 는 압력이고 ρ 는 유체 밀도, ν 는 유체의 동점성 계수이다³⁾.

2.3 스택내 압력손실 계산

Fluent를 이용해서 스택 내부의 압력손실을 계산하여 보면 다음과 같은 결과가 나온다. Fig. 6과

Fig. 7에서 알 수 있듯이 cathode는 셀 높이에 따라 입, 출구에서 30 Pa의 압력손실 차이가 발생하고, anode에서는 Fig. 8과 Fig. 9에서 나타나듯이 0.8 Pa의 압력손실 차이가 발생하였다. anode에서 보다 cathode에서 압력손실이 많이 발생함을 알 수 있다¹⁾.

2.4 MCFC 스택 운전시험

75 kW MCFC 스택은 단위기기 시운전 및 종합 시운전을 거쳐 2007년 7월 18일에 75 kW급 스택을 장착한 후 전처리 공정을 진행하여 2007년 10월 5일까지 운전 평가를 시행하였다. 운전압력은 1 기압 상압 운전조건에서 운전하였다. 정상 상태에서의 스택은 운전 시 연료극 200 Nm³/hr 와

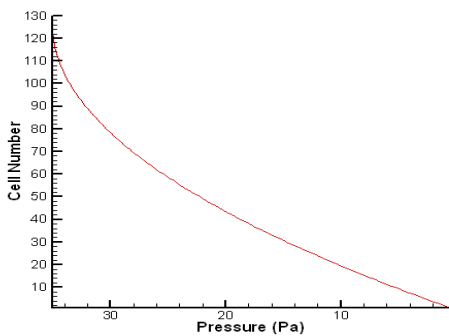


Fig. 7 Cathode outlet 매니폴드 압력 분포

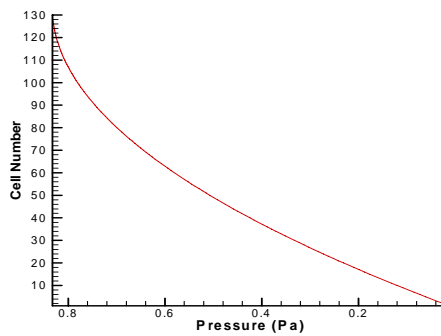


Fig. 9 Anode outlet 매니폴드 압력 분포

Table 4 Dummy 스택 공급가스 유량

(스택 입구온도 500°C)

가스유량 (Nm ³ /hr)	전 극	질소	공기	합계
	An(Q _{AN})	140.47	0	140.47
	Ca(Q _{CA})	98.7	208.7	307.4

Table 5 Dummy 스택 공급가스 속도 및 레이놀즈 수

(스택 입구온도 500°C)

속도 (m/s)	전 극	질소	이산화탄소	공기	합계	Re
	An	12.89	0	0	12.89	17083
	Ca	2.35	0	4.97	7.33	18629

Table 6 Dummy 스택에서 압력 손실과 손실계수

압력 (mmAq)	전 극	구 간		전체 ΔP	K
		스택입구 배관	스택출구 배관		
	An	40	18	22	6.2
Ca	45	21	24	20.3	

Table 7 실제 스택 공급 가스 유량

(스택 입구온도 500°C)

가스유량 (Nm ³ /hr)	전 극	질소	이산화탄소	공기	합계
	An	143.9	17.7	0	161.6
	Ca	89.8	81.6	128.7	300.1

Table 8 실제 스택 공급 가스속도 및 Re

(스택 입구온도 500°C)

속도 (m/s)	전 극	질소	이산화탄소	공기	합계	Re
	An	13.02	1.6	0	14.62	20236
	Ca	2.14	1.94	3.07	7.15	20401

Table 9 실 스택 압력손실과 손실계수

전 극	구 간						ΔP	K
	스택 입구 배관	하부 셀 입구	상부 셀 입구	상부 셀 출구	하부 셀 출구	스택 출구 배관		
	An	144	148	139	105	102		
Ca	145	145	144	123	116	72	73	56.44

공기극 600 Nm³/hr 의 반응가스가 공급되며, 출구 압은 각각 연료극 50 mmAq 이상, 그리고 공기극은 압 70 mmAq 이상으로 설정하여 운전하였다. 이때 각각의 입구 압은 MCFC 스택의 입 출구 차압을 더한 값이 된다.

3. 결과 및 토의

3.1 MCFC 스택 운전결과

MCFC 스택 장착 전 시행된 시운전에서는 스택을 모사한 dummy배관을 설치하여 운전하였다. 시운전에서 측정된 유량을 기준으로 속도, 압력분포, Re(레이놀즈수), 손실계수 등을 식(4)을 이용하여 계산하여 정리하면 다음과 같은 표로 나타낼 수 있다.

$$\Delta P = K \frac{\rho V^2}{2} \tag{4}$$

손실계수는 K는 cathode가 크지만 압력손실에 별 차이가 없는 이유는 anode의 속도가 크기 때문이다. 한편 MCFC 스택을 실제로 운전하였을 때의 위와 같은 방법으로 유량과 압력을 바탕으로 손실 계수 값을 구해보면 아래와 같다³⁾.

Table 8에서 보는바와 같이 dummy 스택으로 배관을 이용할 때와 비교하여 실제 75 kW MCFC 스택에서는 Re 상수가 anode 17083에서 20236 그리고 cathode에서 18629에서 20401로 증대되었다.

Table 10 실제 운전 스택 내에서 Re 및 마찰계수(f)

	AN-IN	AN-OUT	CA-IN	CA-OUT
Q [m ³ /s]	0.127	0.127	0.236	0.236
Dh(수력반경, m)	0.2438	0.3869	0.3869	0.2438
V(속도, m/s)	4.79	3.91	7.15	8.91
Re	15468	20037	38788	30458
ν (동점성계수)e-6 m ² /s	75.5	71.32	71.32	75.5
f(마찰계수)	0.028	0.027	0.023	0.024

압력 손실은 연료극, 공기극 22,24에서 75,73으로 손실계수도 6.2, 23에서 15.36, 56.44로 증가하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 단순 배관 형태의 dummy에서 복잡한 형상의 분리 관으로 변경 되어 나타난 것으로, 차기 시스템 설계 시 압력 손실에 대한 설계 자료로 활용이 가능하다. 한편, 시뮬레이션에서 계산된 압력 손실값과 비교해보면 실제 스택에서 압력손실은 anode에서 입구의 경우 9 mmAq, 출구의 경우 3 mmAq, cathode에서 입구의 경우 1 mmAq, 출구의 경우에는 7 mmAq 였다. Anode에서는 시뮬레이션에서는 1Pa 미만이었던데 비해서 압력손실이 크게 나타났다. 그리고, cathode에서는 시뮬레이션에서 입, 출구에서

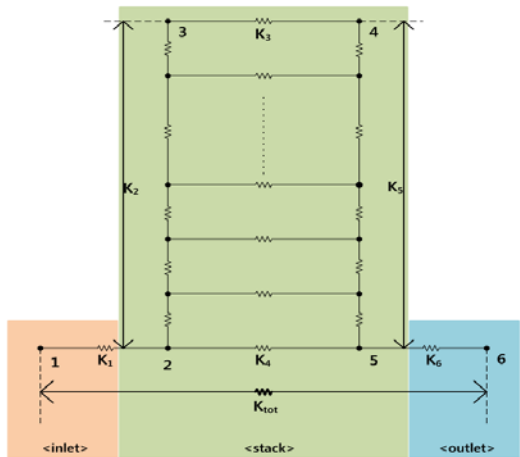


Fig. 10 스택의 압력손실 개략도 및 계수값 정의

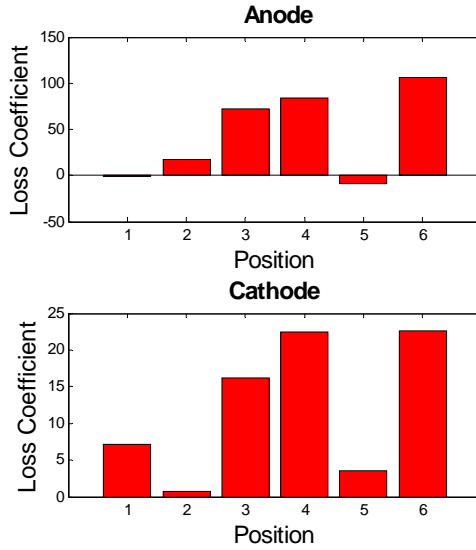


Fig. 11 구간별 손실계수의 비교

3mmAq이었으므로 비슷한 정도의 크기에서 오차가 발생하였음을 알 수 있다. Cathode입구는 아래쪽의 분기관의 단면적이 넓으므로 계산에서 보다 압력손실이 적어졌고, anode입구는 아래쪽의 분기관의 단면적이 좁아져서 압력손실이 늘어났기 때문이다. 그리고 출구에서는 스택의 열을 더 받은 유체의 난류 영향 및 유량이 증가되어 손실 수두가 anode, cathode 모두에서 계산보다 증가되었다고 생각된다. 그리고, dummy 배관이나 시뮬레이션에서 반영되지 않는 복잡한 형상의 실제 스택에서 압력손실의 증가는 당연한 결과라고 할 수 있으며, dummy 배관과 시뮬레이션과 실제 실험의 손실에 대한 상대적인 차이를 염두에 두고 다음 설계에 반영하는 것이 중요하다고 생각된다.

3.2 MCFC 스택 내부 구간별 손실

이와 같은 실제 MCFC 운전 조건에서 수집된 Re 수, 유량, 압력손실 그리고 손실 계수를 기본으로 실제 운전되고 있는 75 kW급 MCFC 스택에서의 연료극 및 공기극에서 입 출구 Re 수 및 마찰 계수 등을 계산하여 Table 10에 표시하였다. 이 경

우 연료극 입구 및 출구의 Re 수는 15468, 20037 그리고 공기극 입출구의 Re 수는 38788 및 30458 를 나타내고 있다.

이와 같이 수집된 스택 내의 유동 운전 자료를 바탕으로 스택 내부의 구간별 손실 수두 및 손실 계수 K 값을 계산하여, 이를 Fig. 10와 같은 형태의 스택 내부 분리판에서 적층 구간 별로 K 값을 비교하여 Fig. 11에 나타내었다. MCFC 스택 입구 배관의 속도를 바탕으로 구한 손실계수를 살펴보면, K_{tot} 은 전체 스택을 하나의 기기로 보았을 때 손실계수로서 anode에서 15.36, cathode에서 56.44 로 cathode가 anode보다 손실이 크다는 것을 알 수 있다. 이것은 공기극이 연료극보다 단면적이 크기는 하지만, 그 보다 많은 유량이 지나가기 때문이다. 연료극 및 공기극 에서 가장 큰 손실계수를 보여주고 있는 곳이 $K3$, $K4$ 및 $K6$ 구간으로, 그림에서도 알 수 있듯이 실제 압력손실이 많이 걸리는 곳이 스택 내 분리판 내부와 배관 출구라는 것을 확인 할 수 있다. 배관 출구에서 손실이 분리판 내부만큼 큰 이유는 후류로 갈수록 복잡한 곡관과 매니폴드의 구조 및 정압의 감소로 wake가 발달되어 난류의 영향이 큰 데 기인하는 것으로 보인다. 특히 anode의 K6값이 cathode의 값보다 훨씬 큰 것은 anode의 단면적이 작아서 속도의 상승에 큰 영향을 받고 있다는 것을 알 수 있다²⁾.

3.3 분리판 내부 손실 수두 및 수력반경 계산

분리판 유로는 형상이 복잡하고 실제 실험에서

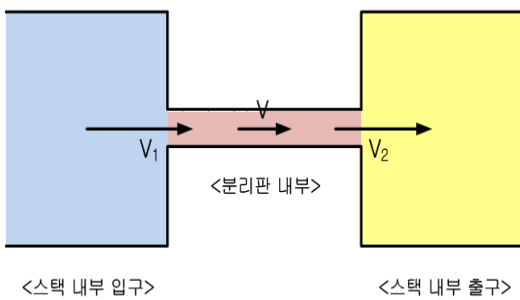


Fig. 12 분리판 내부의 유동 개략도

anode전극, cathode 전극, 매트릭스와 전해질, 그리고 120여장이 적층되면서 중력에 의해 눌리는 힘 등에 의해 분리판 내부 유로 단면적과 이로부터 수력반경을 구해내기가 쉽지 않다. 만약에 분리판 앞, 뒤에서 압력 값을 알고 있을 경우 아래와 같은 대략의 모델링을 통해 수력반경을 유추해 볼 수 있다. 이러한 수력반경을 통해 내부 압력 손실을 더 자세히 계산해 볼 수 있다. 스택 내부입구와 스택 내부출구가 분리판 유로보다 훨씬 크다고 가정하면 아래와 같이 식을 세울 수 있다.

$$\Delta P = M_1 \frac{\rho V_1^2}{2} + f \frac{L}{D_h} \frac{\rho V^2}{2} + M_2 \frac{\rho V_2^2}{2} \quad (5)$$

$V = \frac{Q}{\frac{\pi D_h^2}{4}}$ 이므로, D_h 값을 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$D_h = \left[\frac{16 Q^2 f L}{\pi^2 \left(\frac{2 \Delta P}{\rho} - M_1 V_1^2 - M_2 V_2^2 \right)} \right]^{\frac{1}{5}} \quad (6)$$

마찰계수 f 는 매끄러운 관인 경우는 레이놀즈 수(Re) 만의 함수이고, 거친 관인 경우는 상대조도 ($\frac{\epsilon}{D}$)와 레이놀즈수의 함수가 된다.

Blasius의 실험식을 적용할 수 있는 매끈한 관이라 가정하면 $Re < 5 \times 10^5 : f = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$ 마찰계수 f 를 대략 추정할 수 있다. 분리판 도면 및 스택 물성치를 활용하면, 스택 길이 $L=0.6m$, $M_1=0.5$, $M_2=1.0$, 마찰계수는 스택 입구와 출구의 Re 로 구한 f 평균값으로 하면, $f_{AN} = 0.0275$, $f_{CA} = 0.0235$ 가 된다⁴⁾.

$$D_{h,AN-UP} = \left[\frac{16 Q_{AN}^2 f_{AN} L}{\pi^2 \left(\frac{2 \Delta P_{AN-UP}}{\rho_{AN}} - \frac{1}{2} V_{AN-IN}^2 - V_{AN-OUT}^2 \right)} \right]^{\frac{1}{5}} \quad (7)$$

위 식을 이용해서 D_h , 즉 분리판 사이 유로의 수력직경을 구하면 다음 Table 11와 같이 된다. 수

Table 11 분리판 사이 유로 압력수두와 수력반경

	AN-UP	AN-LOW	CA-UP	CA-LOW
$\rho [kg/m^3]$	0.457	0.457	0.506	0.506
$Q [m^3/s]$	0.127	0.127	0.236	0.236
$\Delta P [N/m^2]$	370	430	210	290
$D_h [m]$	0.0486	0.0471	0.0706	0.0657
$V_h [m/s]$	68.49	72.809	60.27	69.65
K_h	0.35	0.36	0.23	0.24

력반경 크기는 anode의 경우 47 mm~48.6 mm 분포를 보였고, cathode는 65.7 mm~70.6 mm의 분포를 보였다. 위 계산은 분리판 유로가 아주 작아서 돌연 축소 및 확대 관으로 가정을 한 것으로 입구, 출구 vs 분리판 내부 수력 반경을 비교해보면 anode의 경우 수력반경에 의한 면적 비는 최소 25에서 최대 68 이고, cathode의 경우 수력반경에 의한 면적 비는 최소 12에서 최대 30으로 나타나고 있다. 계산된 수력반경으로 유속을 구해서 나온 값을 Darcy 방정식에 넣어서 손실 계수(K_h)를 구하고 MCFC 분리판 내에서의 수력직경 및 이것을 바탕으로 계산된 수정된 속도(V_h)와 손실계수(K_h)를 정리하면 Table 11와 같다. 이러한 결과는 분리판의 각 각에 대한 마찰손실을 정량적으로 살펴보고 설계 변경시에 주요 factor로써 설계될 분리판 및 스택의 압력손실을 예측해 보는데 중요한 자료가 된다.

4. 결 론

1) 대형화된 연료전지 설비에서 스택을 설치하기 전에 일반적으로 설비의 작동 상태를 보기 위해서 시운전을 행한다. 실제 스택이 아직 개발되고 있는 상태이기 때문에 그 견실성이 충분히 확보되어 있지 못하므로 보관, 설치, 운전에 주의를 요하게 되고, 설비 등의 이상으로 인해 시스템에 문제가 생기면, 연료전지 스택의 성능

저하가 급격히 일어나는 경우가 많다. 이런 상황이 발생되면 많은 시간적, 경제적 손실을 보게 된다. 이러한 경우를 대비하여 고가의 스택을 보호하고 원활한 시험을 하기 위해서는 설계 단계에서 본 논문에서 실험적으로 구한 손실 계수 K값을 찾아내어, 시운전 단계에서 압력, 온도, 유량을 만족할 만한 수준이 나왔는지를 검증해보면 효과적으로 실제 스택을 설치할 때 발생할 수 있는 위험 요소를 줄일 수 있고 합리적인 예측을 할 수 있게 된다. 시운전 시, dummy 배관을 스택 대신 설치하여 공급되는 유량에 따른 손실계수를 구해보았다. 이때, 손실 계수를 비교해보므로써 실제 스택을 설치하기 전에 설비의 이상 유무를 알아보는 척도로 이용할 수 있다.

- 2) 실제 스택 운전 평가에 있어서 손실계수를 비교해보면 cathode의 경우 스택 내부와 스택 출구에서 손실이 많이 발생함을 알 수 있었고, anode의 경우 배관입구에서 스택 하부 입구까지는 압력손실이 거의 없음을 알 수 있었다. 이것은 스택 내부에서 온도가 높아져서, 유량이 증가하고, 기하학적인 형상이 복잡하여 손실이 커졌음을 유추해 볼 수 있다.
- 3) 본 논문에서 실험적으로 구한 단위전지 내의 수력반경을 바탕으로 매니폴드 및 단위전지 내에서 손실계수 및 마찰수두의 인자를 분리해서 해석할 수 있는 좋은 자료가 될 수 있다. 그리고, 현재 설계된 분리판 내부의 수력직경 및 압력손실을 계산해 봄으로써 다른 분리판 등과 정량적으로 비교할 수 있는 척도를 마련해 보았고, 분리판 내부와 매니폴드의 압력 손실을 비교해 봄으로써 스택내부에서 압력손실이 높은 부분을 알아낼 수 있다.향 후, 설치되는 75kW, 250kW 등의 설비를 설계할 때 바탕이 될 수 있는 변수를 측정해 볼 수 있었다.

후 기

본 연구는 지식경제부의 “250kW급 열병합

용융탄산염 연료전지 Proto Type 개발” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 1) 임희천 외 : “250kW급 열병합 용융탄산염 연료전지 발전시스템 Proto Type 개발(2단계 1차년도 사업보고서)”, 한국전력공사 전력연구원, 대전, 2007.
- 2) S. Maharudrayya, S. Jayanti, and A.P. Desphande : "Pressure losses at dividing and combining junctions in a molten carbonate fuel cell stack", J. Power Sources 102(2001). pp. 118-123.
- 3) S.Maharudrayya, S.Jayanti, A.P. Deshpande : "Pressure losses in laminar flow through serpentine channels in fuel cell stacks" , J. Power Sources 138(2004). pp. 1-13.
- 4) Adrian Bejan, George Tsatsaronis, and Michael Moran : "Thermal Design and Optimization", Wiley, NewYork, 1996.