

다공형 유로를 적용한 전열교환기 소자의 성능향상에 관한 연구

곽 경 민, 배 철 호[†], 김 지 용^{*}, 주 의 성^{*}
영남대학교 기계공학부, ^{*}(주)삼성전자

A Study on Improvement of Performance for Perforated Type Total HEX Element

Kyung-Min Kwak, Cheol-Ho Bai[†], Jee-Yong Kim^{*}, Euy-Sung Chu^{*}
Department of Mechanical Engineering, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea
^{}System Appliances Division, Samsung Electronics Co., LTD, Suwon 443-742, Korea*

(Received March 14, 2007; revision received June 28, 2007)

ABSTRACT: The perforated type element for a heat recovery ventilation system has been studied to improve the performance. Four holes of diameter of 6mm are punched out for each flow channel to break the boundary layer development and increase the turbulence. KS cooling and heating conditions and test procedures are applied for study. The efficiencies are compared to those of the typical element with smooth surface. For cooling operations, the temperature, latent and enthalpy efficiencies increase 2.5%, 18% and 8%, respectively. For heating operations, the temperature, latent and enthalpy efficiencies increase 3%, 5% and 3.2%, respectively.

Key words: Heat recovery ventilation system(폐열회수형 환기장치), Perforated type(다공형), Element(전열교환기 소자), Temperature efficiency(온도효율), Latent efficiency(습도효율), Enthalpy efficiency(전열효율)

기 호 설 명

Q : 공기유량 [m^3/hr]
Re : 수력직경을 기준으로 한 레이놀즈 수
x : 온도, 습도, 전열

하첨자

OA : 외기
RA : 환기
SA : 급기

그리스 문자

ϵ : 효율

1. 서 론

최근 일반 주택을 포함한 건축물의 공조산업은 냉방 및 난방된 실내의 공기를 외부로 환기 시킬 때 실내 에너지의 손실을 최소화 하면서 신선한 공기를 얻을 수 있는 폐열회수용 환기 장치에 많은 관심을 가지고 있다. 이러한 환기장치에 탑재

[†] Corresponding author
Tel.: +82-53-810-2575; fax: +82-53-810-4627
E-mail address: chbai@yu.ac.kr

된 부품 중에서 특히 전열교환기 소자(Element)는 공기의 현열과 잠열을 동시에 전달해 줄 수 있는 주된 기능을 담당하며 실내 에너지의 손실을 감소시켜 준다. 현재 환기장치에 적용되고 있는 전열교환기 소자는 고온 및 저온의 공기가 서로 혼합되지 않은 채 직교류로 유동이 흘러가며, 각각의 유로 형상은 금속 재질의 일반 열교환기에서도 사용되고 있는 주름진 형상(Corrugated type)이다. 형태는 제작의 용이성과 종이 재질이라는 특수성으로 인해 매끈한 형태의 유로가 형성되어 있다. Zhang and Jiang⁽¹⁾은 열전달 및 수분전달의 수학적 모델을 도입하여 membrane 방식의 전열교환기의 성능을 평가하였다. Zhang and Niu⁽²⁾은 열 및 물질전달에 대한 NTU(Number of Transfer Unit)로부터 전열교환기의 유용도(effectiveness) 계산을 위한 관계식을 제안하였다. Zhang⁽³⁾은 membrane형 전열교환기 표면과 유동사이의 실제 경계조건을 고려하여 전열교환기의 열 및 물질전달 특성을 Nusselt 수와 Sherwood 수로 나타내었다. Bai et al.⁽⁴⁾은 다양한 운전조건에 대하여 전열교환기의 현열 및 수분전달의 열교환 특성을 실험적으로 평가하였다. 그러나 이상의 연구들을 포함하여 전열교환기의 성능특성과 관련된 대부분의 연구는 표면이 매끈한 유로를 대상으로 전열교환기의 열전달 및 물질전달 특성을 고찰하거나 혹은 기존 제품에 대한 열교환 효율 평가에 주로 집중되어 있는 실정이며, 전열교환기의 열교환 성능향상을 구체적으로 제시하고 있는 연구 결과는 상당히 부족하다. 전열교환기의 성능은 전열교환기 소자의 기하학적 유로 구조에 따라서 직접적인 영향을 미치기 때문에 현재 수준보다 성능을 더욱 향상시키기 위해서는 전열교환기 소자의 기하학적 유로 구조 변경이 필요하며, 이에 본 연구에서는 전열교환기 소자의 유로 구조를 변경시켜 성능을 향상시키고자 한다. 이 때 종이 재질의 원지 확보의 어려움뿐 만 아니라 전열교환기 소자의 제작기술이 상당히 요구되기 때문에 종이 재질을 사용한 전열교환기 소자의 형상을 임의의 형상으로 다양하게 제작하는 것이 어렵다. 이에 대한 방안으로 우선 종이 재질로 이루어진 일반 전열교환기 소자 대신에 구리 재질로 제작된 열교환기를 대상으로 유로 변경에 대한 성능향상의 가능성을 먼저 평가하였으며, 이들 결과를 바탕으로 실제 종이 재질에 적용하여 제작된

전열교환기 소자를 대상으로 성능 평가를 수행하였다.

2. 전열교환기 유로형상의 변경 방안

일반적으로 금속 재질의 열교환기에서는 가공 또는 부착되는 주름진 형상의 유로가 유동을 균일하게 분배하는 역할뿐만 아니라 핀으로서의 역할을 하여 열전달 면적을 넓혀줌으로써 전반적으로 열전달을 향상시키는 역할을 하지만 종이 재질로 구성되는 전열교환기 소자의 경우 핀의 역할은 미미하며 단지 유로를 형성하여 균일한 유동장을 구성하는 역할을 한다. 금속 재질의 공기대 공기 밀집형 열교환기의 열전달 성능 향상을 위해서는 일반적으로 여러 가지 방법이 사용되는데, 잘 알려진 바와 같이 유로를 형성하는 재질에 구멍을 가공하는 다공형(Perforated type), 유로를 형성하는 재질을 엇갈림 배열로 정렬하는 어긋나기형(Staggered type), 유로를 형성하는 재질에 루버형(Louvered type)으로 만드는 등의 방법이 사용된다. 이러한 방법은 유로를 통과하는 공기에 대하여 경계층을 끊어주고 또한 난류 강도를 향상시킴으로써 열교환 성능을 향상시키는 것으로 알려져 있다. Fig. 1⁽⁵⁾은 일반적인 금속 재질의 열교환기 중 다공형의 성능을 다른 형상과 비교하여 나타내었다.

다공형의 성능은 레이놀즈 수가 작은 영역에서도 상대적으로 다른 방법보다 좋은 성능을 나타

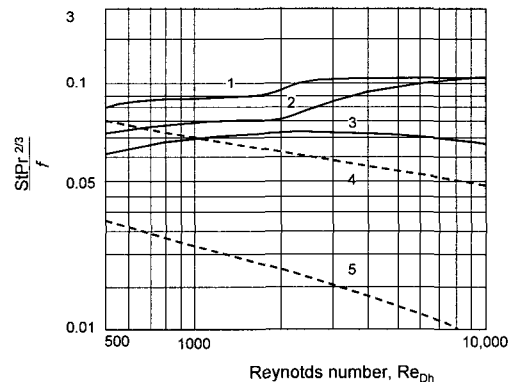


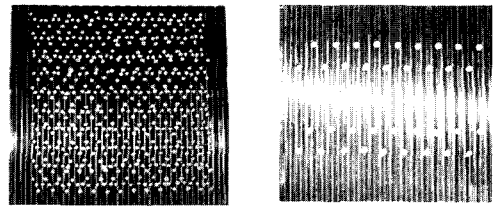
Fig. 1⁽⁵⁾ The ratio $StPr^{2/3}/f$ for five heat transfer surfaces (1) perforated plate-fin (2) plain plate-fin (3) louvered plate-fin (4) tube bank (5) packed particle bed.

내고 있는데 환기장치의 경우 공기 유량이 작아 상당히 작은 레이놀즈 수의 영역(환기장치의 전형적인 작동 조건에서의 레이놀즈 수는 400미만)에 속하므로 다공형을 적용할 경우 성능 향상을 기대할 수 있을 것으로 예상된다. 본 저자들이 이해하기로는 다공형 유로 구조가 전열교환기 소자에 적용된 사례는 아직까지 없는 것으로 알고 있으며, 본 연구결과를 통해서 전열교환기 소자의 적용에 제안할 수 있을 것으로 판단된다. 이에 전열교환기 소자의 형상을 구리판으로 제작하여 레이놀즈 수가 작은 영역에서의 성능을 우선 평가한 후 종이 재질의 일반 전열교환기 소자에 적용시켜 보았다. 이와 별도로 금속 재질의 열교환기에서 작은 레이놀즈 수에 대한 다공형의 자료가 불충분하기 때문에 본 연구결과를 통하여 금속 재질의 열교환기에서 작은 레이놀즈 수에 대한 다공형의 자료 확보 측면에도 큰 의미가 있을 것으로 생각된다.

3. 성능시험장치 및 시험방법

3.1 구리판으로 구성된 열교환기

일반적으로 사용되는 전열교환기 소자를 입의 형상으로 제작하는 것이 어렵기 때문에 본 연구에서는 상대적으로 제작이 용이한 구리판을 이용하여 전열교환기 소자 형의 열교환기를 제작하였다. Fig. 2(a)와 Fig. 2(b)는 금형에서 구리판을 주름진 형상으로 제작한 후 그 표면 위에 수작업으로 드릴로 구멍을 가공한 다공형 구리판의 사진을 나타내었다. Fig. 2(a)는 직경 6mm 드릴을 사용하여 주름진 형상의 유로 골에 구멍을 가공하였다. 이때 구멍의 배열은 어긋나기 배열(staggered arrangement)로 구성하여 각각의 유로에



(a) perforated type #1 (b) perforated type #2

Fig. 2 Schematic view of copper plates.

구멍이 가공되도록 하였다. 구멍은 유동방향으로 2열씩 2지점에 가공되어 구멍 개수는 총 36개이다. Fig. 2(b)는 직경 3mm 드릴을 사용하여 유로 전 영역에 걸쳐 구멍을 가공하였으며, 구멍 개수는 총 560개이다. 구리판 열교환기에서 가공된 주름진 형상의 골의 개수 및 피치는 수작업을 감안하여 실제 사용되는 열교환소자의 값보다 전반적으로 약 30% 정도 크게 제작되었다. Fig. 3은 제작된 구리 재질의 다공형 핀을 이용하여 환기장치의 열교환소자와 유사한 형태의 직교류 열교환기로 적용하여 아크릴케이스에 설치된 모습을 나타내고 있다. 조립된 열교환기의 크기는 175×175×300mm이다. Table 1에 본 연구에 사용된 다공형 구리판의 제원들을 자세히 나타내었으며, 다공형 구리판의 성능을 평가하기 위해 표면이 매끄러운 형태의 일반적인 주름진 형상으로 제작된 구리판 열교환기와 함께 평가하였다. 표면이 매끄러운 형태의 구리판은 적용되는 과정에서 한쪽면의 유로 개수가 조금씩 달라질 수 있으므로 실험결과와 비교를 위해 유로의 개수가 57개와 65개의 두 종류를 제작하였다.

종이 재질로 만들어지는 전열교환기 소자의 경우 유로를 형성하는 종이 재질의 열전도율이 아주 작기 때문에 핀으로서의 역할을 하지 못하므로 구멍 가공으로 인한 면적감소는 열전달에 거의

Table 1 Specifications for the copper plates

	Perforated type#1	Perforated type#2	Smooth(general)	
plate material	copper	←	←	←
plate width × length × thickness [mm]	175×175×0.3	←	←	←
corrugated number, pitch/one plate	20ea, 8 mm	←	←	←
number of plate(one side flow) [ea]	63	59	57	65
hole diameter [mm]	6	3	none	none
hole number/one plate [ea]	36	560	none	none
ratio of heat-transfer area [%]	93.5	78.1	87.7	100

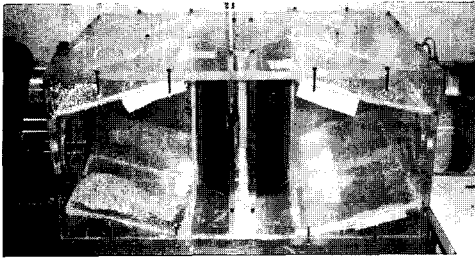


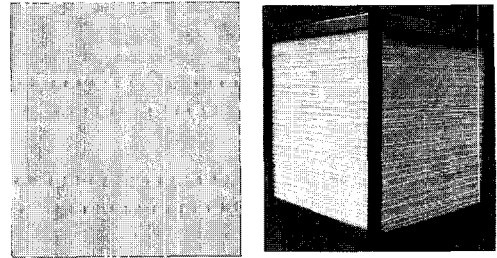
Fig. 3 Schematic view of test section.

영향을 미치지 않지만 구리판의 경우 구멍 가공으로 인한 열전달 면적의 감소는 열전달의 감소를 의미한다. 구멍 가공에 의한 열전달 면적의 감소를 고려하여 각 구리판의 열전달 면적을 면적비로서 Table 1에 나타내었다. 시험조건은 JIS B8628⁽⁶⁾에 따른 냉방 운전 조건을 적용하여 실내 측의 건구온도 및 습구온도는 각각 27 °C 및 20 °C이며 실외 측의 건구온도 및 습구온도는 각각 35 °C 및 29 °C이다.

3.2 종이재질로 구성된 전열교환기 소자

종이 재질로 구성되는 주름진 형상의 제작은 원지의 절단, 가공 및 접착 등의 공정이 매우 까다로워 전문적인 양산 설비에서 제작이 가능하다. 본 연구에서는 종이 재질의 가공성 및 제작의 용이성을 고려하여 Perforated type #1 유로를 종이 재질에서의 다공형 모델로 선정하였다. 다공형 전열교환기 소자의 제작은 우선 원지에 편칭방법으로 구멍을 가공한 후 양산설비를 활용하여 주름진 형상으로 제작하였다. 구멍 가공의 크기 및 위치는 구리판과 거의 유사하다. 다공형 전열교환기 소자의 유로와 이를 적용하여 제작된 열교환소자의 단품을 Fig. 4(a)와 Fig. 4(b)에 각각 나타내었으며, 성능비교를 위해 표면이 매끄러운 형태인 종이재질의 일반 전열교환기 소자를 제작하여 서로 비교하였다. 여기서, 다공형의 구멍 가공을 제외하면 전열교환기 소자의 크기 및 주름형상의 피치 등의 다른 제원은 모두 같다. Table 2에 열교환소자의 제원을 나타내었다.

조립된 열교환소자의 크기는 220 × 220 × 245 mm이며, 정격용량은 수력직경 기준의 레이놀즈 수로 환산하면 140(풍량 기준으로 100CMH(m³/hr)에 해당)이다. 시험조건은 일반적으로 환기장치 성능평가에서 수행되고 있는 KS 표준조건⁽⁷⁾을



(a) perforated type #1 (b) element

Fig. 4 Schematic view of element.

Table 2 Specifications for the element

Spec.	Perforated type #1	Smooth type(general)
width×length×height [mm]	220×220×245	←
corrugated number, pitch/one plate	52ea, 4mm	←
number of plate(one side flow) [ea]	65	←
hole diameter [mm]	6	none
hole number/one plate [ea]	78	none

선정하였으며, 냉방조건인 경우 실내의 건구온도와 습구온도는 각각 27 °C 및 19.5 °C이며 실외의 건구온도 및 습구온도는 각각 35 °C 및 24 °C이다. 난방조건인 경우 실내의 건구온도와 습구온도는 각각 20 °C 및 15 °C이며 실외의 건구온도 및 습구온도는 각각 7 °C 및 6 °C이다.

3.3 시험장치

전열교환기의 성능 평가 시험 장치는 시험 조건에 부합하는 온도 및 습도 조건을 유지하기 위한 장치, 유동 발생 및 측정을 위한 풍동 장치와 데이터 측정 장치로 구성된다. 성능 평가 장치는 JRA 4038~1992⁽⁸⁾규격에 따라 제작되었으며, 측정 방법은 2실 방식을 적용하였다. 2실 방식은 실내 공기조건과 실외 공기조건을 모사할 수 있는 2개의 챔버를 이용하고 챔버 사이에 시험하고자 하는 전열교환기를 설치하고 양쪽에 풍동을 설치하여 측정하는 방식이다. Fig. 2에 2실 방식의 개략도를 나타내었으며, 챔버의 크기는 각각 3.5(W) × 3.0(D) × 3.2(H)m이다. 여기서 AHU(air handling unit)는

챔버의 온/습도 조건을 제어할수 있는 공조기를 의미한다. 공기의 건구 및 습구온도를 측정하기 위하여 3지점에서 air-sampling sensor가 사용되었다. 실험시작 후 2시간 이상이 경과되면 실내 및 실외 챔버가 안정화가 되며, 이때부터 10분간 건구온도, 습구온도 및 풍량 등의 데이터를 취득하고 이를 연속해서 3번 반복하였다. 3번의 데이터가 오차범위에 포함된다고 판단되면 이것을 평균하여 전열교환기의 성능결과에 이용하였다.

3.4 데이터 환산

열교환소자의 성능을 나타내는 열교환 효율은 온도효율, 습도효율 및 전열효율이며, 다음의 식 (1)에 효율을 정의하였다.

$$\varepsilon = \frac{x_{OA} - x_{SA}}{x_{OA} - x_{RA}} \quad (1)$$

일반적으로 열교환소자의 효율은 건구 온도를 기준으로 하는 온도효율, 절대습도의 전달 정도를 나타내는 습도효율 및 엔탈피 전달로부터 계산하는 전열효율이 있다. 그러나 구리로 제작된 열교환기의 경우 누기로 영향을 제외하고는 수증기의 전달이 일어나지 않으므로 본 연구에서는 습도효율이나 전열효율은 나타내지 않고 온도효율로 나타내었다. 종이 재질인 전열교환기 소자의 열교환 효율은 구리판의 경우와는 달리 실제 수증기의 전달이 일어나기 때문에 온도효율뿐만 아니라 습도효율 및 전열효율을 함께 평가할 수 있

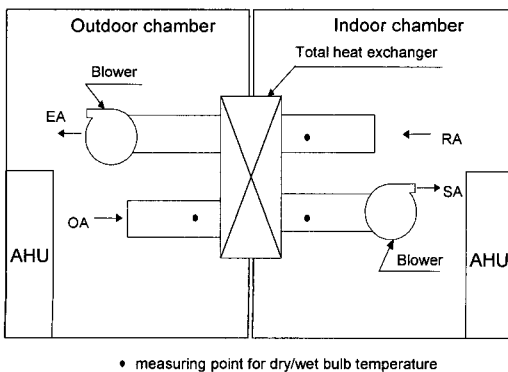


Fig. 5 Schematic view for facility of 2-chamber type.

다. 시험방법 등을 포함하여 이 외의 다른 조건은 구리판의 경우와 동일하다.

사용된 측정 장치의 정밀도는 JRA 4038~1992 규격을 만족한다. 실험오차는 Kline and McClintock⁽⁹⁾의 방법을 사용하였으며, 정격 용량인 레이놀즈 수 140을 기준으로 온도효율, 습도효율 및 전열효율의 불확실성은 냉방조건에서는 각각 1%, 2.5% 및 3.4%, 난방조건에서는 각각 0.5%, 0.7% 및 1.4%이다. 레이놀즈 수의 불확실성은 0.6%로 계산되었다.

4. 성능시험결과 및 고찰

4.1 구리판으로 구성된 열교환기

앞서 언급한 바와 같이, 본 연구에서 제작된 열교환기는 수작업으로 제작되었기 때문에 구멍 가공 정도나 핀을 쌓는 방법 등에 따라 열교환기에 사용되는 구리판의 개수가 조금씩 다르며, 이에 대한 영향을 고찰하기 위하여 매끄러운 일반 열교환기의 유로를 57개인 것과 65개인 것을 제작하여 그 결과를 비교 분석하였다. 여기서 유로의 개수는 열교환기 제작에 사용된 판의 개수를 의미한다.

Fig. 6은 가로축을 유로의 수직경을 기준으로 한 레이놀즈 수로 하여 온도효율로 나타내었다. 전 구간의 레이놀즈 수에서 다공형 #1과 다공형 #2 열교환기의 온도효율은 서로 거의 같고, 표면이 매끄러운 형태의 smooth(65ea) 형과 smooth(57ea)형 열교환기의 온도효율은 일부 구간을 제외하고는 거의 유사하게 나타났다. 전 구간의 레이놀즈 수에서 다공형 열교환기의 온도효율은 smooth

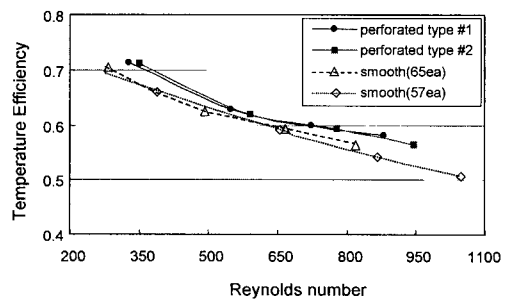


Fig. 6 Temperature efficiency for Reynolds number.

형 열교환기보다 더 크며, 환기장치의 일반적인 작동조건인 레이놀즈 수 400정도에서 smooth형 열교환기보다 4% 정도의 온도효율이 증가하였다. 구리판에 가공된 다공형 유로는 표면이 매끈한 유로보다 레이놀즈 수가 큰 영역뿐만 아니라 환기

장치의 작동조건과 같은 작은 레이놀즈 수 영역에서도 온도효율을 더 증가시키고 있음이 확인되었으며, 이러한 결과는 실제 종이 재질로 이루어지는 다공형 전열교환기 소자의 다공 설계에 기초자료로 제공되었다.

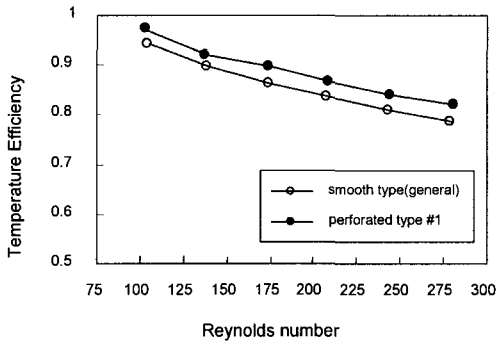


Fig. 7 Temperature efficiency for Reynolds number(cooling condition).

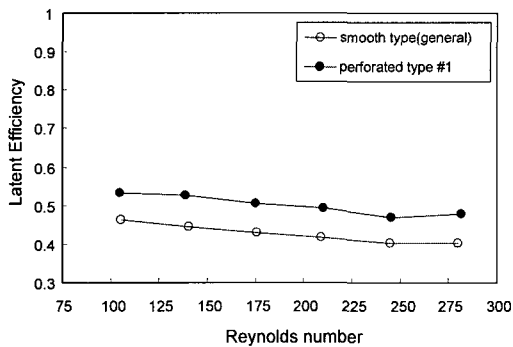


Fig. 8 Latent efficiency for Reynolds number (cooling condition).

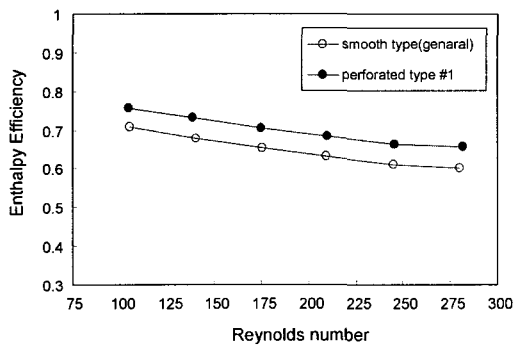


Fig. 9 Enthalpy efficiency for Reynolds number (cooling condition).

4.2 종이재질로 구성된 전열교환기 소자

Fig. 7은 KS 냉방표준조건에 대해서 다공형 형상(Perforated type #1)이 적용된 전열교환기 소자와 표면이 매끈한 일반 열교환소자(Smooth type)의 온도효율을 레이놀즈 수 변화에 대하여 나타내었다. 레이놀즈 수의 범위는 105~280(풍량기준으로 75~200CMH에 해당)이다. 전 구간의 레이놀즈 수 변화에서 다공형 전열교환기 소자의 온도효율이 일반 전열교환기 소자에 비해 약간 더 크며, 정격 레이놀즈 수 140에서 약 2.5%의 증가를 보여주고 있다.

Fig. 8 및 Fig. 9는 각각 KS 냉방표준조건에서의 습도효율 및 전열효율의 결과이다. 다공형 전열교환기 소자는 일반 전열교환기 소자에 비해 온도효율과 마찬가지로 전 구간의 레이놀즈 수에서 증가하는 경향을 보이며, 정격 레이놀즈 수 140에서 습도효율은 18%와 전열효율은 8%의 효율증가를 각각 나타내고 있다. 다공형 형상은 일반 전열교환기 소자에 비해 온도효율의 증가율보다 습도효율의 증가율이 상대적으로 더 큰데, 표면이 매끈한 일반 전열교환기 소자의 온도효율은 이미 상당한 수준까지 도달하였지만 반면에 습도효율은 온도효율에 비해 상당히 작아서 습도효율이 증가될 수 있는 여지가 많아지게 된다. 이때 표면에 가공된 다공형 유로는 이미 상당한 수준인 온도효율을 더 증가시킬 수 있는 확률보다 수증기의 전달을 더 활발하게 증가시킬 수 있는 확률이 커지게 되고 이러한 요인이 습도효율의 증가율을 더 커지게 한 것으로 생각된다.

Fig. 10, Fig. 11 및 Fig. 12는 KS 난방조건에 대해서 레이놀즈 수 변화에 대한 온도효율, 습도효율 및 전열효율을 각각 나타내었다. 난방조건 역시 냉방조건에서의 경향과 거의 유사한 양상을 보이며, 다공형 전열교환기 소자는 일반 전열교환기 소자에 비해 정격 레이놀즈 수 140에서 온도효율은 3%, 습도효율은 5%, 전열효율은 3.2% 각각 증가하였다. 난방조건인 경우 냉방조건에 비

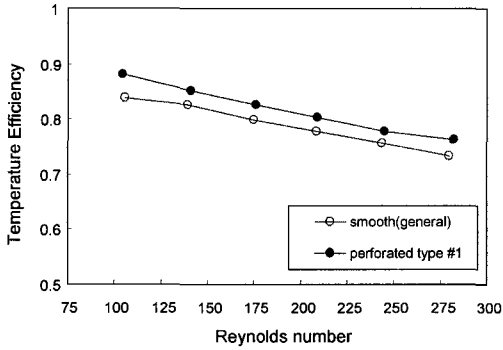


Fig. 10 Temperature efficiency for Reynolds number(heating condition).

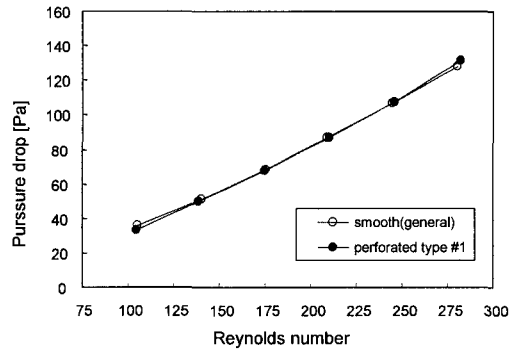


Fig. 13 Pressure drop for Reynolds number (cooling condition).

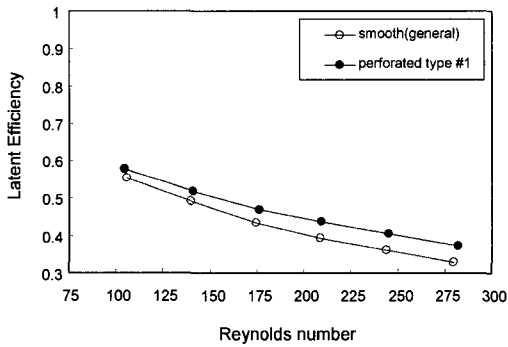


Fig. 11 Latent efficiency for Reynolds number (heating condition).

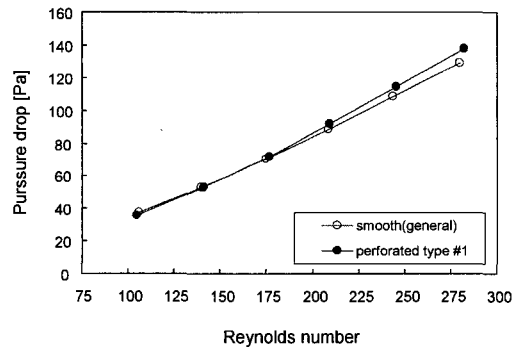


Fig. 14 Pressure drop for Reynolds number (heating condition).

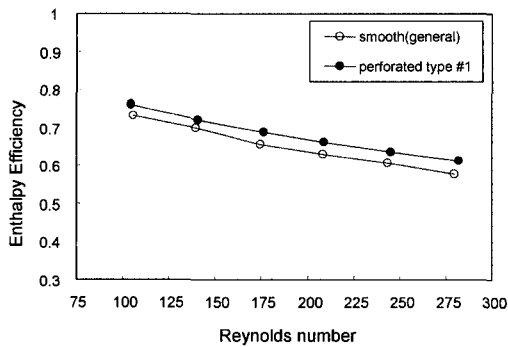


Fig. 12 Enthalpy efficiency for Reynolds number (heating condition).

해서는 다공형 전열교환기 소자의 열효율측진정도가 약간 줄긴 하였지만 다공형 형상에 의한 열효율 향상이 난방조건에서도 확실히 존재하고 있음을 나타낸다.

표면의 유로구조를 변경시킨 유로의 저항은 매

끈한 형상과 다를 수 있으므로 전열교환기 소자를 통과하는 공기의 압력강하에 대하여 평가할 필요가 있다. Fig. 13과 Fig. 14는 KS 냉방 및 난방조건에서의 레이놀즈 수 변화에 대한 전열교환기 소자의 압력강하를 나타내었다. 여기서 압력강하는 대기압과 전열교환기 소자를 통과하는 공기 압력과의 차이를 나타낸다. 레이놀즈 수가 증가할수록 전열교환기 소자의 압력강하는 증가하고 있다. 냉방조건인 경우 전 구간의 레이놀즈 수 변화에 대하여 다공형 전열교환기 소자의 압력강하는 일반 전열교환기 소자의 압력강하와 거의 유사하게 나타났다. 난방조건인 경우, 다공형 전열교환기 소자의 압력강하는 일반 전열교환기에 비해 레이놀즈 수가 증가할수록 다소 증가하는 경향을 보이긴 하지만(최대 6.4% 증가) 정격 레이놀즈 수 140에서는 거의 같은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 토대로 다공형 형상이 가공된 전열교환기 소자는 표면이 매끈한 일반 전열교환

기 소자에 비해 압력강하는 거의 유사하면서 열교환 효율을 더욱 증가시키는 것으로 나타났으며, 다공형 유로를 적용한 전열교환기 소자는 실제 제품으로 사용되고 있는 기존 환기장치의 폐열회수율을 더욱 증가시킬 수 있는 유용한 방안으로 생각된다.

5. 결 론

전열교환기 소자의 열효율을 증가시킬 목적으로 구리판 및 종이재질의 전열교환기 소자 표면에 다공형(Perforated type) 구조를 가공하여 열효율을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 다공형 유로가 가공된 구리판 열교환기에서 표면이 매끈한 유로의 열교환기보다 온도효율이 증가되며, 특히 환기장치의 전형적인 작동조건인 레이놀즈 수 400정도에서 다공형의 온도효율이 표면이 매끈한 유로보다 4% 정도 증가하였다. 구리판에서 적용된 다공형 형상 및 배열은 실제 종이 재질에서의 다공형 설계 모델로 활용되었다.

(2) 정격 레이놀즈 수 400에 대해서 다공형 유로가 적용된 종이 재질의 전열교환기 소자는 표면이 매끈한 종이 재질의 일반 전열교환기 소자에 비해 KS 냉방 표준조건에서의 온도효율은 2.5%, 습도효율은 18%, 전열효율은 8% 각각 증가하였고, KS 난방 표준조건에서의 온도효율은 3%, 습도효율은 5%, 전열효율은 3.2% 각각 증가하였다.

(3) 다공형 전열교환기 소자는 표면이 매끈한 일반 전열교환기 소자에 비해 압력강하는 거의 유사한 것으로 나타났다.

(4) 본 연구에서 적용된 다공형은 향후 전열교환기 소자에서의 제작성 및 생산성의 검토가 수반되어야 하지만 현재로서는 큰 문제가 없을 것으로 판단되며, 다른 열효율 측정방법과는 달리 간단한 형태로 열효율을 상당히 개선시킬 수 있는 유용한 방법이라 생각된다. 이를 적절히 잘 활용하면 현재 제품으로 사용되고 있는 환기장치의 성능개선에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구의 일부는 2005학년도 영남대학교 학술연구조성비 지원으로 이루어졌음.

참고문헌

1. Zhang, L.Z. and Jiang, Y. 1999, Heat and mass transfer in a membrane-based energy recovery ventilator, *Journal of Membrane Science*, Vol. 163, pp. 29-38.
2. Zhang, L.Z. and Niu, J.L. 2002, Effectiveness correlations for heat and moisture transfer processes in an enthalpy exchanger with membrane cores, *ASME J. Heat transfer* Vol. 122, No. 5, pp. 922-929.
3. Zhang, L.Z., 2007, Heat and mass transfer in a cross-flow membrane-based enthalpy exchanger under naturally formed boundary conditions, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 50, pp. 151-162.
4. Bai, C.H., Lim, Y.H., Gulnora, D., Park, J. Y., Kwak, K.M., Chu, E.S., Kim, Y.S. and Kim, J.Y., 2005, A Study on the characteristic of total heat exchanger under various conditions, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 17, No. 10, pp. 891-897.
5. Mills, A.F. 1992, *Heat Transfer*, International Student ed., Irwin, Boston, p. 773.
6. JIS B8628 Total Heat Exchanger.
7. KS B6879, 2003, Heat recovery ventilators.
8. JRA 4038-1992, Total heat exchangers, The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association.
9. Kline, S.J. and McClintock, F.A., 1953, Describing uncertainties in single sample experiments, *Mechanical Engineering* 75, pp. 3-8.