

확대모델을 이용한 특성화된 핀형상의 열전달평가

An Evaluation of Heat Transfer Characteristics of Individualized Fin Type Using Large Scale Model

윤 접 열*, 강 희 찬**, 이 관 수***, 김 무 환****

J. Y. Yun, H. C. Kang, K. S. Lee, M. H. Kim

Key words : Geometry Similitude Method(상사실험기법), Large-Scale Model(확대모델), Allowable Forming Area of Slit(슬릿의 허용가공면적), Slit Pattern(슬릿형태), Slit Raised direction(슬릿성형방향)

Abstract

In recent years, air-conditioning units designed with higher efficiency and more compactness are required due to emphasis on energy efficiency in home electrical appliances. This trend in the air-conditioning industries has accelerated the development of improved heat exchanger with a better performance in heat transfer aspects. In this study, experiments were performed to investigate the shape and configuration of fins affecting on the performance of the conventional fin-and-tube type heat exchanger equipped in a commercial air conditioners. The geometry similitude method was employed to measure the heat transfer coefficient and pressure drop. Experimental results show that this method is very useful to analyze the heat transfer characteristics of the fin-and-tube type heat exchanger. It is also found that the slit fin has better performance than the conventional fin type in the air conditioners. The present results indicate that heat transfer from the fin is influenced by the parameters such as the forming area of the slit fin, the type of interrupted surfaces like a louver or slit, slit patterns and slit raised direction, and it also affects the overall heat exchanger performance.

기 호 설 명

- * 정회원, LG전자(주) 생활시스템 연구소
** 정회원, 군산대학교 기계설계학과
*** 정회원, 한양대학교 기계공학과
**** 정회원, 포항공과대학교 기계공학과

- Re : 레이놀즈수, $Re = \frac{UD_h}{\nu}$
Pr : 프란틀수, $Pr = \frac{\alpha}{\nu}$
k : 열전도율, W/m²°C

- t : 핀두께, m
- U : 전면속도, m/s
- D_h : 수력지름, $D_h = 4 \frac{V_c}{A_s}$, m
- ν : 동점성계수, m^2/s
- V : 공기측 체적, m^3
- A : 편표면적, m^2
- f : 마찰계수
- ΔP : 압력강하, Pa
- ρ : 공기밀도, kg/m^3
- h : 열전달계수, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
- Q : 열전달율, kcal/h
- ΔT_{am} : 산술평균온도차
- C_p : 정압비열, $kJ/kg \cdot ^\circ C$

하첨자

- f : 핀
- W : 벽
- S : 표면
- air : 공기

1. 서론

가장 널리 알려진 열교환기 중 하나인 핀-관 열교환기는 가정용 또는 운송분야와 같은 고밀도화(compactness)가 요구되는 곳에서 더욱 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 핀-관 열교환기에서는 상대적으로 큰 공기측의 열저항을 최소화하기 위하여 편면에 루버나 슬릿과 같은 특수형상을 가공하는 등의 여러 가지 방안들이 강구되어 왔다. 이러한 노력의 결과로 열전달계수가 기대이상으로 증가하면서 열교환기 크기도 더불어 축소되어 고밀도 열교환기(compact heat exchanger)의 발전을 촉진시켜 왔다.

공기측 열전달계수 향상(enhancement)은 일반적으로 다음과 같은 방법으로 이루어 진다.

- 1) 기하학적 형상의 축소
- 2) 난류촉진
- 3) 단속표면의 이용

1)의 경우는 세관 또는 wire mesh등⁽¹⁾을 채용하여 열교환기 요소부품의 크기를 축소하는 것을 의

미한다. 2)의 경우는 파상핀 또는 주름핀(corrugated fin)과 같이 편표면에 굴곡을 주어 난류를 촉진시키는 경우로서 아직도 실제품에 많이 이용되고 있지만, 성능의 대폭적인 증가에는 한계성이 존재하기 때문에 이 분야에 대한 연구는 거의 정체된 상태이다. 3)의 경우는 단속표면을 이용하는 방법으로 편면에 루버나 슬릿을 가공하여 선단(leading edge)효과를 줌으로써 열전달계수를 향상시키는 것이다. 이 방법은 다른 두 방법에 비해 증가효과가 크고 접근이 용이한 관계로 가장 많이 사용되는 기술중의 하나이다.

최근의 열교환기 연구는 이와 같은 새로운 단속표면의 개발에 집중되어 왔고, 그 결과 끊임없이 새로운 형상의 핀과 설계기준이 제시되고 있다. 그러나 열교환기 설계과정에서 제시된 구상안을 검증하는 과정에서 핀금형 제작에 필요한 비용과 시간이 너무 많이 소요되기 때문에 열교환기의 열전달 특성 파악을 위한 실험적인 연구는 그렇게 활발하지 못한 것이 사실이다. 선진국의 경우 이를 해결하기 위한 방안중의 하나로 확대모델을 이용한 실험을 설계과정에 도입하여 많은 성과를 거두고 있다. Wong 등⁽²⁾이 5배 확대된 모델과 실제 모델과의 비교 실험을 통해 확대모델 실험에 대한 타당성을 입증한 이래로 많은 연구자들^{(3),(4)}이 이 기법을 일반적으로 사용하고 있다. 鳥越邦和 등⁽³⁾은 관지름과 관배열의 영향을 파악하기 위하여 각각 6.25, 5.0, 4.0mm의 관지름과 3종의 단(step) 및 열(row)간격에 대한 4배 확대모델 실험결과를 제시하였다. 그들은 단피치 19mm, 핀폭 18mm의 동일조건에서 압력강하는 관지름이 증가함에 따라 상승하나 열전달계수는 관지름 6.25mm일 때 다른 관지름에 비해 현저히 높음을 입증하였다. 小井戸 등⁽⁴⁾은 20배 확대된 2모델의 슬릿 핀을 이용하여 온도 및 속도장에 대한 유동가시화 실험과 수치해석을 수행하여 최적핀의 형상을 결정하였다.

본 연구에서는 2열의 엇갈림 배열을 갖는 핀-관 열교환기에서 루버 및 슬릿 형상에 따른 열전달계수 및 압력강하와 같은 열교환기의 열전달특성을 실험적으로 분석하였다. 이를 위하여 3배 확대 제작된 핀을 이용한 상사실험기법을 도입하였고, 소형 풍동을 이용하여 각각의 핀에 대한 열전달계수

와 압력강하량을 조사하였다. 그리고 슬릿의 가공 면적, 슬릿 형태의 차이, 슬릿의 성형방향, 단속표면의 종류 등이 열전달성능에 어떠한 영향을 미치는가를 파악하였다.

2. 이론적 배경

확대모델의 유동장과 온도장이 실제 모델과 상사하려면 무차원화된 연속, 운동량, 에너지 방정식과 그에 따른 경계조건이 같아야 한다. 유동을 정상상태의 비압축성 유동으로 가정하면 지배방정식은 다음과 같다.

$$\nabla \cdot V = 0 \tag{1}$$

$$(V \cdot \nabla)V = -\nabla P + \left(\frac{1}{Re}\right) \nabla^2 V \tag{2}$$

$$V(\nabla \cdot T) = \left(\frac{1}{RePr}\right) \nabla^2 T \tag{3}$$

유동장의 상사는 식 (2)의 운동량 방정식에서 Re수를 같게 하여 얻어진다. 그리고 열전달의 상사를 위해서는 공기온도의 상사가 이루어져야 한다. 따라서 식 (3)의 에너지 방정식에서 Re수와 Pr수 뿐만아니라 핀의 표면온도 상사가 추가로 이루어져야 한다. 이 연구에서는 실제와 같은 공기를 사용하기 때문에 Pr수는 자연적으로 상사된다. 핀 표면 온도장의 상사는 핀 내부의 열전도 방정식으로부터 얻어진다.

$$T_f = f(x_f, y_f, \left(\frac{1}{k \cdot t}\right)) \tag{4}$$

여기서, T_f 는 무차원 핀 표면온도, x_f, y_f 는 무차원 길이, $k \cdot t$ 는 열전도율과 핀두께 곱의 무차원 값이다. 결과적으로 핀 표면온도장의 상사를 위해서는 핀두께와 열전도율이 같아야 하므로, 실제핀과 동일재질을 사용할 경우 핀두께는 확대비 만큼 확대하면 된다. 이러한 조건이 만족되면 상사과정을 통한 유동 및 온도장의 결과는 실제값으로 치환이 가능하게 된다.

3. 실험

3.1 실험모델

본 연구에서 사용된 열교환기 모델은 최근 가정용 에어컨에 가장 많이 사용되고 있는 2열의 엇갈림(staggered) 배열을 갖는 7mm 관지름을 기준으

Table 1 Geometric dimension for experimental fin sample

Geometric Parameter	Dimension	Remarks
FPI(fin/in)	21	- All sample is in Same Dimension
Fin Thickness(mm)	0.1	
Row Pitch(mm)	12.7	
Step pitch(mm)	21	
Tube Diameter(mm)	7.5	
Slit Height(mm)	0.9	- Slit Fin only
Slit Width(mm)	1.0, 1.5	- 1.5 is for 4 Slit Array
Louvre Pitch(mm)	1.4	- Louvre Fin Only
Louvre Height(mm)	0.35	

Table 2 Comparison of physical parameters in this study

Physical Parameters	Prototype Model	Large Scale Model
Scale Factor	1	3(n)
Fin Length(mm)	1	3(n)
Fin Thermal Conductivity (W/m K)	1	1(m)
Fin thickness(mm)	1	3(n/m)
Fin Surface Temperature(°C)	T(x, y)	T(x, y)
Air Velocity(m/s)	1	1/3(1/n)
Heat Transfer Rate(W)	1	3(n)
Heat Transfer Coefficient (W/m² K)	1	1/3(1/n)
Pressure Drop(Pa)	1	1/9(1/n²)
Re, Pr Number	1	1
j, f Factor	1	1

() shows physical parameters in general scale experiment

로 하였다. Table 1에 본 연구에 사용된 열교환기 형상에 대한 기본적인 기하학적 차원을 제시하였다. 그리고 상사실험을 위한 확대비는 제조와 측정 정도등을 종합적으로 고려하여 선정되었으며 이와 관련된 물리량들의 상사관계는 Table 2에 주어졌다.

Fig.1은 본 연구에 사용된 특성화된 핀형상 시료를 각각 나타낸 그림이다. A핀은 본연구의 비교 기준이 되는 핀으로써 슬릿을 양방향으로 번갈아서 절개시켜 선단효과를 극대화시킨 핀으로 평면상으로 X자 형상을 하고 있다. 이 형상은 실제모델의 실험결과가 이미 문헌상에 발표되어 있고⁽⁵⁾, 많은 실험데이터를 이미 확보하고 있는 관계로 확대모델 실험의 타당성을 입증하는 자료로 사용하였다. B핀은 평판상에 나타나는 온도구배선을 따라 양방향으로 교대로 성형시킨 거미발(spider)모양의 슬릿 핀으로써 관사이의 핀 기준면을 동일 온도분포로 유지하여 전도효과를 극대화하고자 한 것이다. 통상적으로 사용되고 있는 슬릿핀이 기류방향으로 6열의 슬릿군으로 구성시킨 반면, B핀은 몇몇 슬릿의 경사배치로 인하여 5열의 슬릿군으로 구성되어

있다. C핀은 평행 루버핀의 일종으로 공기를 관측으로 많이 흐르도록 유도하여 관에서의 직접적인 대류열전달을 촉진토록 한 것이며 단속표면(interrupted surface)의 최대허용면적을 축소시킴으로써 압력손실을 줄이는데 부가적인 목적이 있다.

그리고 C핀과의 열전달특성 비교를 위하여 최대 허용면적 내에 동일 형상의 루버를 가공한 R핀을 비교기준핀으로 사용하였다. D핀은 삼각형 형상의 슬릿을 가공허용면적 내에 최대한 다수 가공함으로써 어떠한 열전달특성을 보이는지를 알아보고자 한 것이다. 그러나 이 형상은 제조상의 특성으로 말미암아 슬릿높이가 1/3 정도 낮게 제작되었다. E핀은 상기의 모든 핀과 차별화를 위하여 단순형상의 슬릿을 한쪽 방향으로만 성형시킨 것으로 4열의 슬릿군으로 구성된 것이다.

3.2 실험장치 및 방법

Fig.2는 본 연구에 사용된 실험장치의 개략도이다. 개방형의 소형풍동의 형태를 갖는 이 장치는 공기의 유입을 위한 흡입용 팬, 시험부로 유입되는 공기의 유동을 균일하게 만들어 주는 균일유동부

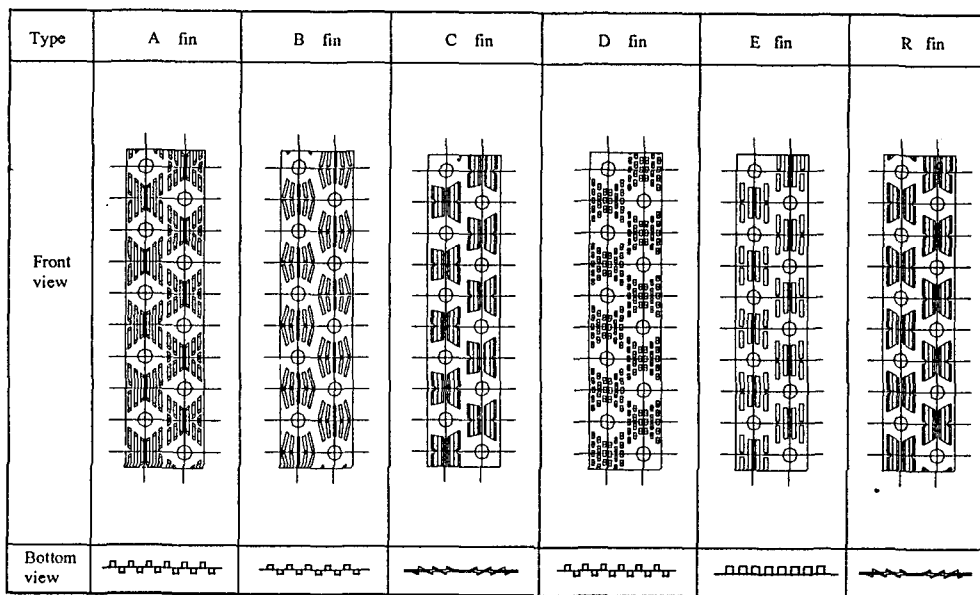


Fig.1 Six kinds of fin configurations for this study

(flow straightener), 균일유동 및 난류강도의 감소를 위한 제1축소부, 확대편과 전열관을 모사하여 각종 열전달특성을 파악하는 주실험부, 유속의 증가를 위한 제2축소부, 유속 또는 출구온도 등을 측정하는 출구부로 구성되어 있다. 팬은 가변저항기를 이용하여 실제 제품에서의 유속이 대략 0.7~3.0m/s에 해당되도록 주실험부의 평균 유속을 0.2~1.0m/s로 조절하였다. 이때 주실험부 전후단에는 6개의 정압공을 설치하고 평균 정압을 측정하였으며, 미소차압계를 이용하여 해당 핀의 압력강하를 측정하였다. 동시에 이 위치에 T형 열전대를 부착하여 공기의 평균 온도차를 구하였다. 실제 제품과 동일한 입구 공기온도 조건의 제어를 위하여 항온수조를 갖춘 공냉 열교환기를 입구부에 설치하였으며, 열손실을 최소화하기 위하여 장치의

외부를 스티로폼으로 단열시켰다.

Fig.3은 주실험부에 부착되는 실험용 핀의 개략적인 조립도를 나타낸 것이다. 핀은 9개 이상으로 구성되며 관을 형성화한 링내부에 설치된 니크롬선에 전기를 공급하여 실제 제품의 관벽온도 조건이 유지되도록 하였으며, 열전달계수 계산의 편의를 위하여 슬라이더스를 통해 전후열이 각기 독립적인 전열량 제어가 가능하도록 하였다. 유입 열량은 전력계로 측정하였다. 관과 핀은 알루미늄의 동일 재질을 사용하였으며 접촉저항을 최소화하기 위하여 나사로 고정시켰다. 그리고 관의 온도는 T형 열전대를 이용하여 측정하였다. 실험은 팬을 최대풍량으로 고정시킨 다음 전력을 공급함으로써 시작된다. 매 측정점마다 관벽온도가 정상상태가 될 때까지 전력량이 미세조절되며 이 때의 관표면온도는

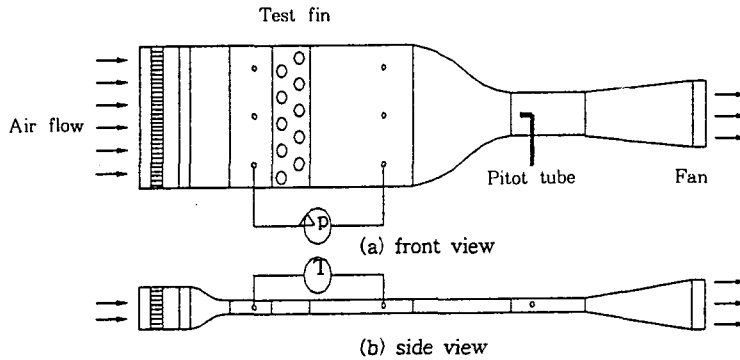


Fig.2 Schematic diagram of the test apparatus

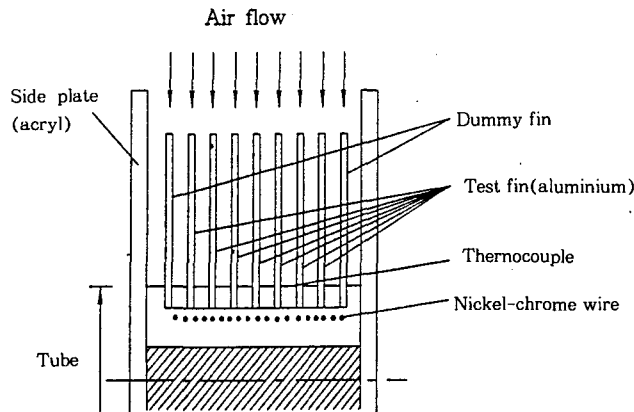


Fig.3 Details of test section

가능한한 40~45°C를 유지하도록 하였다. 매 측정점마다 계측된 온도 및 전력량에 의하여 열전달계수(h)가 구해지며, 동시에 미소차압계를 이용하여 압력강하(ΔP) 값이 측정되었다. 열전달계수는 다음과 같이 구하였다.

$$h = \frac{Q}{A_s \Delta T_{am}} \quad (5)$$

여기서 Q, ΔT_{am}은 각각 사용전력량과 산술평균 온도차이다.

Colburn j factor는 열전달계수를 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$j = \frac{hPr^{2/3}}{\rho C_p U} \quad (6)$$

여기서 ρ, C_p는 각각 막온도에서의 공기밀도와 정압비열이며, 막온도는 다음과 같다.

$$T_f = \frac{T_{air} + T_w}{2} \quad (7)$$

여기서 T_{air}, T_w는 각각 주실험부 입출구 공기 평균온도와 판표면의 온도이다. 마찰계수 f는 주실험부에서 측정된 압력강하(ΔP) 값을 이용하여 계산하였다.

$$f = \frac{\Delta P}{\rho U^2 / 2} \quad (8)$$

4. 실험결과 및 토의

본 연구는 에어컨 등에 적용되고 있는 핀-관 열교환기에서 현재 사용중이거나 향후 사용할 목적으로 고안된 6종류의 각각 다른 핀형상에 대한 열전달특성을 파악하기 위하여 소형풍동을 이용한 확대모델실험을 실시한 결과이다. 모든 실험결과와 기준은 A핀이며, 확대모델실험에 대한 검증은 Hiroaki^{(5),(6)}가 수행한 실물실험결과를 이용하였다. 제시된 모든 결과는 주 실험부의 공기 전면속도를 가변시키면서 열교환기의 일반적인 특성과 연관인 열전달계수와 압력강하를 각각 측정하는 것이다. 이 결과의 실제값으로의 환산은 그래프상에 표시된 속도와 열전달계수는 각각 3배, 압력강하는 9배를 한다.

4.1 실물 확인실험

Fig.4, 5는 실험의 기준핀인 A핀에 대하여 공기 속도 변화에 따른 열전달계수와 압력강하특성을 확대모델과 실제모델 별로 각각 나타낸 것이다. 실물

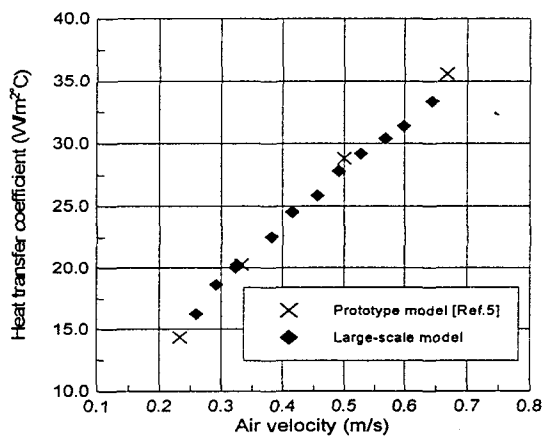


Fig.4 Comparison of heat transfer coefficient for large-scale model and prototype model test using A-fin

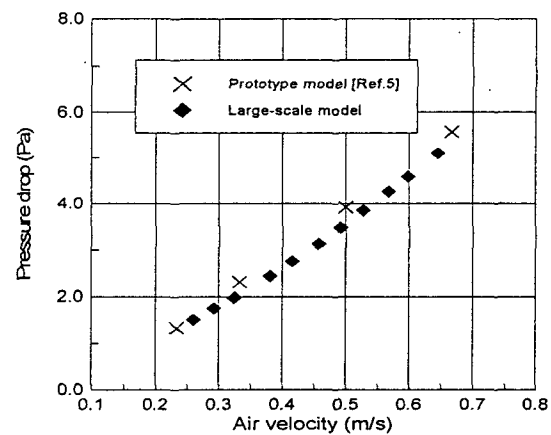


Fig.5 Comparison of pressure drop for large-scale model and prototype model test using A-fin

실험 결과는 확대모델실험과의 비교 편의를 위하여 Hiroaki⁽⁵⁾ 측정치를 3배 줄여서 그림에 표시하였다. 열전달계수는 0.5m/s 이하에서 확대모델실험 값이 실험실결과와 비교적 일치하거나 다소 낮은 것으로 나타났으며, 그 이상에서는 실험실결과보다 약간 높았다. 열전달계수의 편차가 대략 3~5.5% 정도로 거의 일치한 값을 보여 확대모델실험으로도 열전달특성 파악이 가능함을 확인하였다.

반면 압력강하는 저속영역에서는 거의 일치하지만, 속도가 증가할수록 실험실결과 값이 확대모델 실험값보다 대략 4.6~7.6% 정도 더 높은 것으로 나타났다. 본 실험의 결과가 실험실결과보다 다소 낮은 경향을 보이고 있다. 그러나 실제로 어떤 저항체의 압력강하는 속도의 멱승에 비례하기 때문에 거의 직선으로 나타나는 실험실결과에 비해 2차곡선으로 curve fitting할 수 있는 확대모델실험이 현상적으로 보다 근접한 결과를 나타낼 수 있을 것으로 사료된다. 결과적으로 확대모델에 의한 실험 결과로 얻은 열전달계수와 압력강하값이 모두 실제 사용중인 열교환기 모델의 결과와 거의 일치한 값을 보이기 때문에 본 연구의 결과는 정량적으로도 비교가 가능할 것으로 판단된다.

4.2 공기유입각 변동의 영향

Fig.6, 7은 루버핀 계열인 C핀과 R핀에 대하여

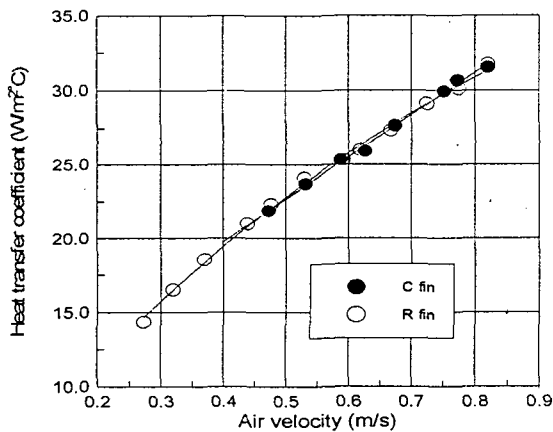


Fig.6 Variation of heat transfer coefficient with air input angle

가공된 루버의 입구각 변동에 따른 열전달계수와 압력강하의 변화를 나타낸 것이다. 즉 C핀은 관측으로 유입되는 공기유량을 증가시킬 목적으로 루버가 가공될수 있는 최대허용 면적을 축소시킨 것이다. Fig.1에서 보듯이 R핀이 관과 관을 잇는 중심선을 기준으로 할때 루버 가공면과의 각도가 50°로 가공된 반면, C핀은 80°로 가공되어 전체 루버 가공부가 축소된 것이다. 결과적으로 관측의 루버가 상당부분 제거됨으로써 관측의 최소유동면적이 증가되는 결과를 가져왔다. C핀의 열전달계수는 전범위에 걸쳐서 R핀과 거의 동일한 값을 갖는다. 이는 핀-관 열교환기에 있어서 열전달 증가가 루버나 슬릿과 같은 단속표면에 지배되는 것이 틀림없지만 미세한 단속표면의 변화에는 큰 영향을 받지 않음을 보여주는 증거이다. 그러나 압력강하는 C핀이 기준핀인 R핀에 비해 전반적으로 10.5~11.5%의 낮은 값을 갖는다. 따라서 이러한 현상은 단속표면의 면적 축소결과로 압력강하값이 감소된 것으로 판단되며, 이로 인해 팬 부하의 감소와 시스템 측면의 저소음화가 예견된다.

4.3 슬릿형태 차이의 효과

Fig.8, 9는 A핀을 비롯한 여러 형태의 슬릿핀 계열의 핀에 대한 공기유속의 변동에 따른 열전달계수와 압력강하의 변화를 각각 나타낸 것이다. 비

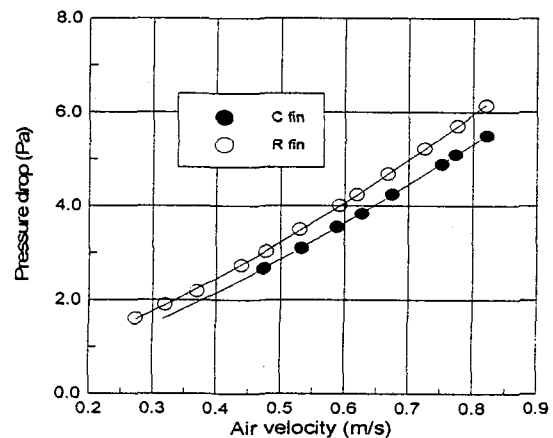


Fig.7 Variation of pressure drop with air input angle

교실험에 사용된 핀은 Fig.1에서 보듯이 사각형 슬릿과 삼각형 형상의 슬릿을 최대 허용면적내에 가공한 것으로 슬릿을 기준핀면에 대해 양방향으로 번갈아서 성형시킨 것이다. 실험결과 열전달계수는 전범위에 걸쳐서 B핀이 A핀보다 최저 11.8%에서 최대 15%, D핀은 A핀보다 최저 11.8%에서 최대 22%까지 더 낮게 나타났다. 그리고 B핀의 압력강하는 전 범위에 걸쳐서 A핀에 비해 20~22% 정도로 거의 일정한 수준으로 낮아 두핀이 서로 유사한 경향을 갖는 것으로 나타났다. 이는 슬릿이

두핀 모두 사각형 형상으로 가공되었기 때문인 것으로 사료된다. 반면 D핀의 압력강하는 속도가 증가할수록 A핀에 비해 최저 13.3%에서 최대 33.6%까지 그 감소폭이 증가한다. 이러한 경향은 삼각형 형상 슬릿의 제조상 장애요인때문에 최소자유유동면적(minimum free flow area)이 다른핀에 비해 증가함으로써 일어나는 것으로 D핀 자체의 압력강하는 속도와 무관하게 비교 대상핀 중 가장 낮다. 따라서 압력강하 측면에서 볼 때 사각형 형상의 슬릿군은 서로 유사한 경향을 보이지만 삼각형

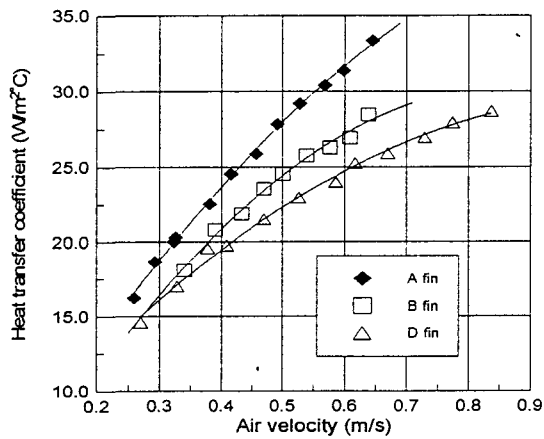


Fig.8 Variation of heat transfer coefficient with various slit fin patterns

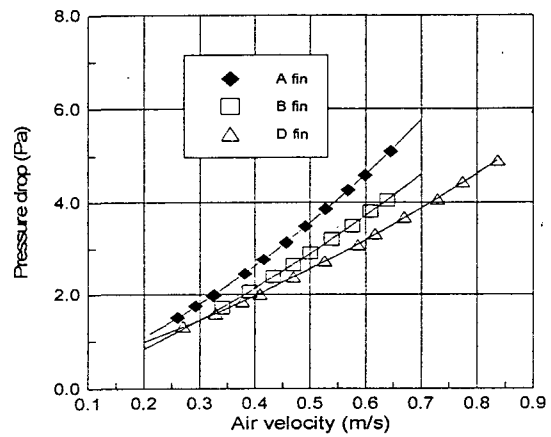


Fig.9 Variation of pressure drop with various slit fin patterns

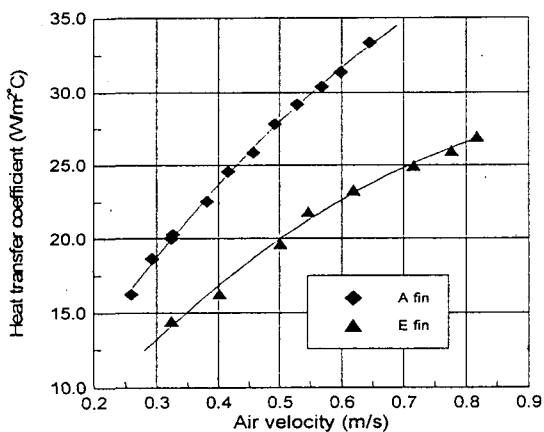


Fig.10 Variation of heat transfer coefficient with slit raised direction

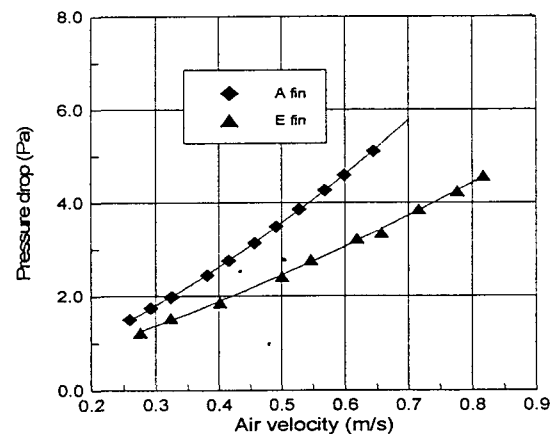


Fig.11 Variation of pressure drop with slit raised direction

형상의 슬릿은 속도가 증가함에 따라 그 감소폭이 커서 슬릿 형태 변화에 따른 영향이 매우 크다는 것을 알 수 있다. 열전달계수는 B핀이 A핀에 비해 현저히 낮아 핀에 대한 열전달은 전도보다는 대류의 영향이 지배적이며, 최대허용면적 내에 가능한 많은 슬릿군을 성형시켜야만 단속면에 의한 열전달계수는 최대의 상승효과를 낼 것으로 기대된다. 또한 슬릿형태에 따른 열전달계수의 변화가 매우 뚜렷하여 끊임없이 새로운 형태를 찾고 있는 열교환기 설계자들에게 이 결과가 하나의 지침이 될 수 있을 것으로 사료된다.

4.4 슬릿 성형방향의 영향

Fig.10, 11은 양방향으로 절개하여 성형시킨 대표적인 슬릿핀인 A핀과 한쪽방향으로만 절개하여 성형시킨 E핀에 대하여 공기유속의 변동에 따른 열전달계수와 압력강하의 변화를 각각 나타낸 것이다. 양방향 슬릿은 핀과 핀사이의 최소자유유동면적을 3분할하고 한방향 슬릿은 2분할하기 때문에 열전달측면에서 많은 차이를 보일 것으로 예상되지만 구체적으로 어느 정도 편차를 갖는지에 대한 정량적인 분석은 아직 수행된 바 없다. E핀은 슬릿군이 A핀에 비해 절대수가 부족하기 때문에 설치 방향에 따른 정밀한 정량화된 해석은 불가능하지만 그 경향을 파악하기에는 충분하다. 열전달계수는

E핀이 전 유속범위에서 A핀보다 29% 정도 거의 일정하게 낮으며 압력강하는 속도가 증가할수록 최저 20%에서 최대 36.5%까지 더 낮다. 고속영역에서의 압력강하 편차 증대는 최소유동면적의 2분할이 3분할되는 것보다 유량의 통과저항이 훨씬 적어지기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 열전달계수는 속도와 무관하게 A핀과의 편차가 일정하여 슬릿의 형태가 동일하다면 유사한 경향을 갖는다는 것을 알 수 있다.

4.5 각 핀별 열전달특성 비교

Fig.12, 13은 본 연구에서 제시한 6종류의 모든 핀에 대하여 Re수의 변동에 따른 j, f factor의 변화관계를 각각 나타낸 것이다. j, f factor 모두 핀별 특성이 매우 뚜렷하게 나타나며, 특히 루버핀 계열인 C, R핀은 j factor값이 거의 일정하지만 f factor는 그 차이가 커서 핀 설계시 특별한 고려가 필요하다. 비교결과 j factor는 크기가 A>B>R>C>D>E 핀의 순이며 f factor는 A>R>C>B>D>E 핀의 순으로 나타난다. A핀은 열전달계수가 높은 반면 압력강하는 커서 열교환기 자체의 유동저항이나 소음을 줄이는 설계변경이 필요하다. 그러나 슬릿핀 계열인 B핀은 루버핀 계열인 R, C핀에 비해 열전달성능이 우수하고 압력손실도 낮아 제시된 핀 가운데 A핀을 제외하고는 가장 효율적

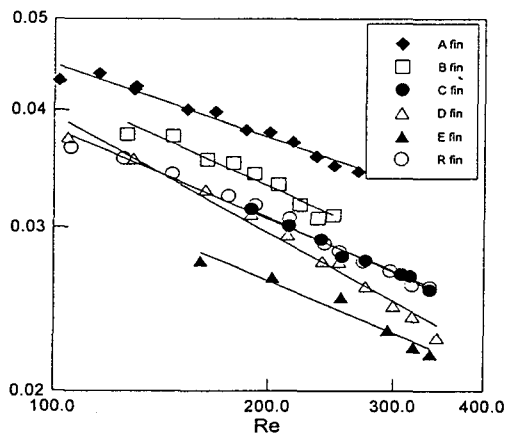


Fig.12 j factor vs. Re number for all fin geometries

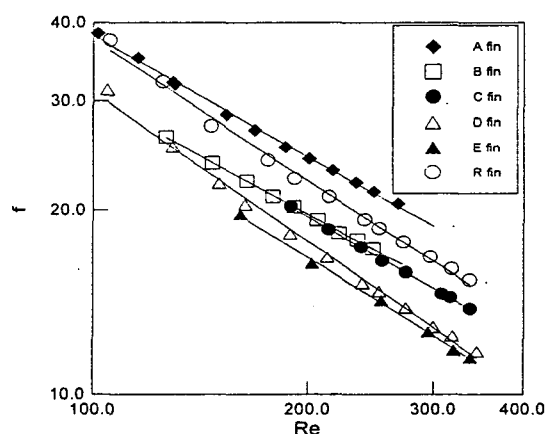


Fig.13 f factor vs. Re number for all fin geometries

이다. 이러한 경향은 핀-관 열교환기에 있어서 평행 루버핀 계열보다는 슬릿계열의 핀이 실제 제품에 더 많이 사용되고 있음을 증명해 주는 하나의 실례이다. D, E핀은 각각 슬릿 제조상의 제약과 슬릿에 대한 한방향 성형 결과에 기인하여 열전달 성능이 매우 취약하기 때문에 실제 제품으로의 응용은 매우 어려울 것으로 예상된다.

5. 결 론

본 연구는 가정용 에어컨 등에 많이 사용되는 핀-관 열교환기에서 핀 형상에 따른 열전달특성을 고찰한 것이다. 이들 각 핀에 대한 열전달계수와 압력강하량을 비교 분석하기 위하여 3배 확대된 핀에 의한 확대모델 실험을 실시하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 관측의 공기 유입각을 증가시키면 열전달계수는 거의 동일한 값을 갖지만, 압력강하는 큰폭으로 감소한다.

2) 슬릿핀의 열전달특성은 슬릿의 형태에 매우 민감하다. 특히, 압력강하는 사각형 슬릿에 대해서는 유사한 경향을 보이지만 삼각형 슬릿은 속도가 증가함에 따라 그 감소폭이 크게 증가한다.

3) 한방향 성형핀은 양방향 성형핀에 비하여 열전달계수는 전유속 범위에서 대략 29% 정도 낮은 값을 갖지만, 압력강하는 고속영역으로 갈수록 편차가 증가하여 최대 36% 정도 더 낮았다.

4) 모든 핀에 대한 열전달특성을 비교 분석한 결과 슬릿핀 계열인 B핀이 루버핀 계열인 C, R핀에 비해 열전달능력과 압력손실값이 적어 공조용 열교환기에 있어서는 슬릿핀 계열의 사용이 추천된다.

참 고 문 헌

1. Torikoshi, K., Kawabata, K., Yamashita, H. and Yasuao, K., 1992, "Heat Transfer Performance of Mesh Fin Type Air-Cooled Heat Exchanger", Proc. of Symposium of Heat Transfer Soc. of Japan, pp. 539~540.
2. Wong, L. T., Smith, M. C., 1973, "Air Flow Phenomena in the Louvred Fin Heat Exchanger", S.A.E., Paper No. 730237
3. 烏越邦和, 中田春男, 仲澤優司, 1993, "管付フラットフィン型 熱交換器 熱傳達特性", 제27회 공조냉동연합강연회 논문집, pp. 109~112.
4. 小井戸哲也, 田中達夫, 長岡良明, 1992, "エアコン용 콤팩트 熱交換器開發" 제26회 공조냉동연합강연회 논문집, pp. 165~168.
5. Hiroaki, K., Shinichi, I., Osamu, A. and Osao, K., 1989, "High Efficiency Heat Exchanger", National Technical Report, Vol. 35, No. 6, pp. 71~79.
6. Marvillet, Ch., 1993, "Recent Development in Finned Tube Heat Exchanger Theoretical and Practical Aspects", DTI, Energy Technology, Denmark, pp. 91~159.
7. Rae Jr., W. H., Pope, A., 1984, "Low Speed Wind Tunnel Testing", John Wiley & Sons, Inc. 2nd Ed.
8. Webb, R. L., 1994, "Principles of Enhanced Heat Transfer", John Wiley & Sons, Inc., Chap. 5~7.