

自動車用 廢 라디에이터를 이용한 히트 파이프형 換氣排熱 回收器에 관한 研究

林湧彬* · 崔尙祚* · 金正勳** · †金鍾秀***

*釜慶大學校 大學院 冷凍空調工學科, **三星電子 生活家電總括 家電研究所, ***釜慶大學校 機械工學部

Development of Pulsating Heat Pipe type Waste Heat Recovery Ventilator Using an used Radiator for Vehicles

Yong-Bin Im*, Sang-Joe Choi*, Jeong-Hoon Kim** and †Jong-Soo Kim***

**Department of Refrigeration and Air-conditioning Engineering,
Graduate school of Pukyong National University, Busan, Korea*

***R&D Dept, System Appliance Division, Samsung electronics CO.,LTD, Suwon, Korea*

****Division of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea,*

요 약

최근 실내 공기질에 대한 관심이 집중되고 있으며, 본 연구에서는 자동차용 폐 라디에이터를 재활용하여 진동형 히트 파이프(pulsating heat pipe : PHP) 타입의 환기열 회수기로 제작하고, 그 성능에 대해 평가하였다. 작동유체로는 R-134a를 사용하였으며, 충전율은 내부체적비(ϕ) 30% 및 40%로 PHP를 제작하였다. PHP의 높은 열전달 성능으로 인해 콤팩트 열교환기로 제작가능하였으며, 기존의 환기열 회수기와 대등한 성능을 보여주었다. 또한 부하변동에 따라 유닛의 개수를 증감할 수 있는 Cassette type일 뿐 아니라, 자동차용 폐 열교환기의 재활용으로 높은 경제성과 효율성이 기대된다.

주제어 : 실내 공기질, 자동차용 폐 라디에이터, 진동형 히트 파이프, 환기열 회수기

Abstract

For keeping the indoor air quality, we develop the pulsating heat pipe(PHP) type heat recovery ventilator using an used radiator for vehicles. We compare the PHP type with existing model. There are some merits that are able to change the unit number according to heat load and show us the similar performance to existing models.

Key words : Indoor Air Quality, Used radiator for vehicles, Pulsating Heat Pipe, Waste heat recovery ventilator

1. 서 론

자동차 내에는 오일 쿨러, 공조 시스템의 응축기, 증발기 등 다수의 열교환기가 존재한다. 일반적으로 자동차용 열교환기들은 경량이며, 구조적으로 튼튼하게 설계되어 있으며, 부피에 비해 전열성능이 뛰어난 콤팩트 열교환기(Compact heat exchanger)이다. 또한 대량생산

으로 인한 가격적인 면에서 타 열교환기에 비해 많은 이점을 가지고 있다. 또한 타 부품들과는 달리 열교환기 단일 품목으로도 재활용이 가능한 것이 특징이다. 하지만 이러한 이점에도 불구하고 아직 자동차용 열교환기들의 재활용 방안에 대한 시도가 없었다. 즉 장착된 자동차와 같은 수명을 가졌다고 봐도 무방하다. 실제로 한국자동차폐차업협회의 자료¹⁾에 따르면, 2004년도에만 연간 51만대 가량이 폐차되고 있음을 감안할 때, 100만 개 이상의 열교환기가 재활용되지 못하고 고스란히 고

† 2005년 12월 15일 접수, 2006년 2월 10일 수리

*E-mail: jskim@pknu.ac.kr

물로서 버려지고 있는 실정이다. 따라서 대량 생산으로 저가적이면서, 최적으로 설계되어 있는 차량용 열교환기를 재활용한다면, 에너지 절약, 자원 이용의 효율화를 꾀할 수 있을 것이다.

이러한 가운데, 최근 현대인에게 있어 실내 공기질 (Indoor Air Quality: IAQ)의 중요성이 인식되어, 근래 선진국을 비롯한 많은 나라에서는 실내 공기오염이 새로운 환경공해 문제로 부각되며 그에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 뒤늦게나마 국내에서도 실내 공기질 관리의 의무화라는 취지 아래 2004년 5월 30일부터 실내 공기질 관리법이 시행되기에 이르러 고효율의 열교환 소자의 등장이 기대되고 있다²⁾. 기존의 환기열 회수기들을 살펴보면, 열교환 소자를 대부분 수입에 의존하고 있으며 제작 공정이 복잡해 가격이 높다는 것을 알 수 있다. 또한 풍량별로 독립 모델을 제작하고 있어 제작 상에 많은 낭비가 초래되고 있다. 그리고 환기열 회수효율이 일정하지 않아 신뢰성 확보가 무엇보다 시급한 실정이라고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 담보 상태에 머무르고 있는 환기열 회수기기의 성능 개선 및 자원 재활용을 위해, 자동차 폐 라디에이터를 초열전도 소자로 널리 알려진 진동형 히트 파이프(Pulsating Heat Pipe, 이하 PHP)의

컨테이너로 사용하여 열 회수 성능과 경제성을 향상시키고자 하였다. PHP type 열교환기를 이용한 환기시스템은 별도의 구동시스템이 필요 없으며, 높은 열전달 성능으로 인한 높은 효율을 기대할 수 있다. 또한 단일 유닛만을 제작하여 부하 변동에 따라 다열 배치하는 Cassette type이므로 상당히 효율적이고 경제적이다. 그

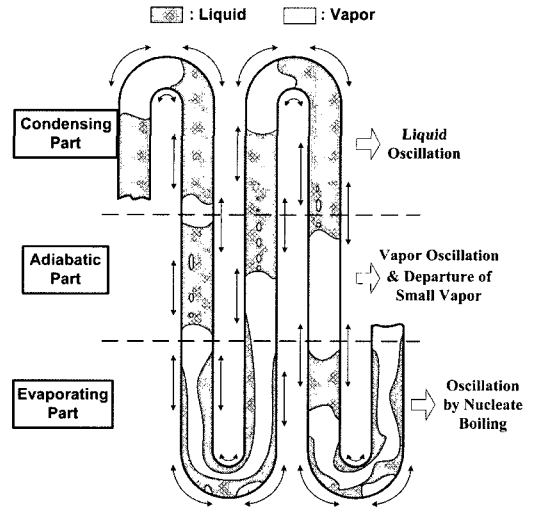


Fig. 1. Basic concept of pulsating heat pipe.

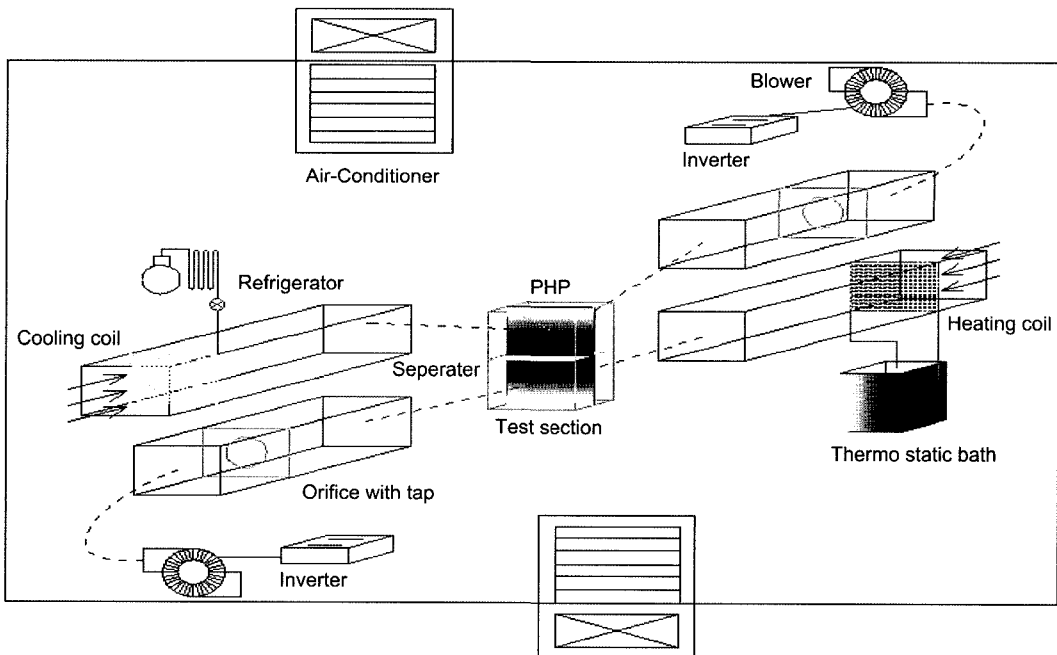


Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus.

리고 내부에 워이 없어 다양한 형태로 제작 가능하며, 제작 공정이 간단해 저가격으로 제작이 가능하며, 자동 차용 폐 라디에이터를 이용할 경우 제조단가는 더욱 낮아질 수 있을 것이다. 이와 같은 장점을 고려한다면 기존 환기열 회수기의 좋은 대안이 되리라 예상된다^{3,4)}.

PHP는, 1987년 Akachi⁵⁾에 의해 처음으로 제안되었으며, 기존 히트 파이프의 단점을 극복하는 차세대 히트 파이프라 불리고 있다. PHP는 워(wick)에 의한 증발부로의 작동액의 환원 없이, 유체의 진동에 의해 열을 수송하는 열전달 기구로, 그 구조는 Fig. 1에 나타난 것과 같이, 간단히 세관을 사형(serpentine)시킨 밀폐 구조로서, 진공 상태로 만든 후 임의의 비율로 작동 유체를 충전시킨 매우 단순한 구조로 되어있다. 그리고 그 형상은 매우 간단하고, 세관이기 때문에 유연성을 가지고 있으며, 고압에도 견딜 뿐만 아니라, 특히 일정 턴(turn) 수 이상에서는 상부·수평·하부 가열 모드에서도 정상적인 작동이 가능하다. 기본적인 작동은 작동액 및 증기포의 불규칙적인 루프 내 순환 또는 축방향 진동에 의한 것이며, 가열부에 주어진 열량만큼의 핵비동(nuclear boiling)을 일으키고, 핵비동에 의해 발생된 기포는 합쳐진 후 기액 슬러그류(slug flow)의 형태로 된다. 슬러그류는 압력파(pressure wave)를 발생시킴과 동시에 축방향 진동을 동반하는 유동으로 되어 순환하고, 증기의 기포가 대류열전달과 잠열수송을 하며, 무엇보다도 저비용으로 제작이 가능하고 제작공정이 매우 간단하다.

2. 실험 방법

Fig. 2에 나타난 것과 같이, 장치는 크게 시험부, 풍동 입구 온도와 풍량을 조절하는 제어부, 데이터 처리부로 구성하였다. Fig. 3에 나타난 차량용 폐 라디에이터는 20 kW급이며, 관내측 유로의 단면은 Fig. 4와 같은 미니 채널을 형성하고 있다. 튜브 내의 유로형상은 6개의 사각 채널이며, 하나의 크기는 2.25 mm×3 mm(수력직경 2.57)이다. 이와 같은 PHP type 환기열 회수기의 환기열 회수 성능을 알아보기 위해 풍동(Wind tunnel)을 제작하였으며 재질은 두께 10의 아크릴을 사용하였다. Fig. 5는 실제 장치와 실험부 사진을 나타낸 것이다. 상하부의 풍동 사이와 외부에 열손실을 막을 수 있도록 충분한 단열을 실시하였다. 실험실 내의 온도를 일정하게 유지하기 위해 에어컨디셔너를 이용하였으며, 가상의 실내외 온도조건을 구현하기 위해

Fig. 2와 같이 냉동 사이클부와 냉각 코일, 항온조와 히팅 코일을 설치하였다. 또한 상하부 덕트 모두 똑같은 Blower(LG, 1200 W, 3800 CMH)를 사용했으며, 슬라이더식의 회전수 제어로 풍량을 조절하였다. 그리고 정확한 풍량 측정을 위해 ASHRAE Fundamentals에서 소개한 Orifice with pressure tap(D: 178.8)을 정밀 가공하여 경사 manometer (Dwyer Co.)와 연결하여 사용하였다⁶⁾. PHP의 온도분포를 알아보기 위해 T type 열전대 (thermocouple)를 증발부 3지점, 응축부 3지점, 단열부 3지점, 증발부 끝단에서 응축부 길이방향으로 6지점을 추가하여 총 15지점을 부착하였다. 또한 ‘ASHRAE Fundamentals의 사각형 덕트 측정지점⁷⁾’을 참고로 하여 상하부 입출구에 총 20지점의 열전대를 설치하여 상하부 풍동의 입출구 온도를 측정했다. 그리고 환기열 회수 전후의 압력강하 특성을 계측하기 위해 경

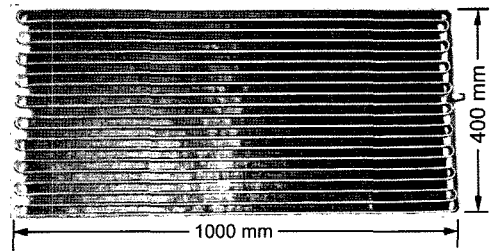


Fig. 3. Photo of PHP type waste heat recovery ventilator.

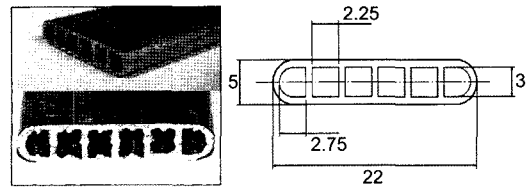


Fig. 4. Aluminum extruded flat tube.

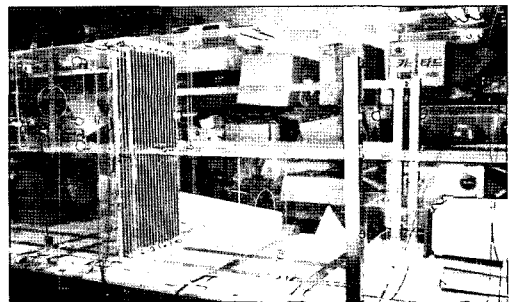


Fig. 5. Photograph of the experimental setup and wind tunnel.

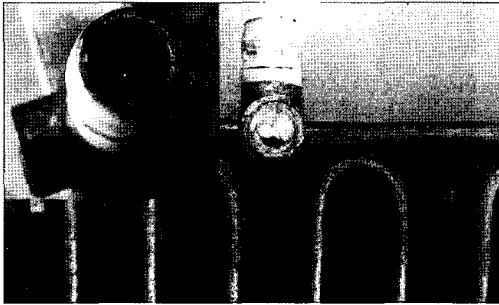


Fig. 6. Photograph of the working fluid charging part.

Table 1. Test conditions

Working fluid	R-134a ϕ : 30%, 40%		
Air velocity	0.25 m/s, 0.5 m/s, 0.75 m/s (0.3 m/s, 0.4 m/s, 0.5 m/s)		
Temperature condition	Summer	indoor	25°C
		outdoor	35°C
	Winter	indoor	22°C
		outdoor	12°C
Case	ϕ : 30% type	1 Unit	
	ϕ : 40% type	1, 2, 3 Unit	

사 manometer를 설치하였으며, 환기열 회수 성능 파악을 위해 측정된 온도 데이터는 Yokogawa社의 DR230 Hybrid recorder를 통해 2초 간격으로 PC로 실시간 저장되었다. PHP 내부의 불응축 가스를 제거하고 작동유체를 충전하기 위하여, 열교환기 내부를 로터리 펌프(RP)와 디퓨져 펌프(DP)로 이루어진 고진공 시스템으로 5.0×10^{-5} torr까지 진공시키고 2시간 정도 유지하였다. 그리고 작동 유체는 R-134a로서 정확한 충전을 위하여 Fig. 6과 같은 냉매 주입구를 가공하여 부착하였으며, 냉매 충전 실린더로 충전하였다. 최적 충전율을 알아보기 위해 선행연구에서 우수하다고 알려져 있는 ϕ : 30, 40%(Vol.) 두 가지 타입으로 준비하여, 1 Unit case일 때 각각의 성능을 비교한 뒤 우수한 것을 이용하여 2 Unit, 3 Unit case를 실험했다.

AHU에 설치될 본 논문의 환기열 회수기는 KS B 6879의 폐열회수 환기장치의 규격 조건과 KARSE B 0030-2003의 폐열회수형 환기유닛의 성능시험법을 기준으로 실험하였다. 풍량은 1500 MH 이하이면서, 사용시 소음과 소비효율을 고려한 300 CMH~1200 CMH의 실 사용 기준 내에서 공기 유속 0.25 m/s, 0.5 m/s, 0.75

m/s를 실험조건으로 택하였다⁸⁾.

여기서 공기 유속은 실내 기류속도를 말하며, 대류에 의한 인체의 열손실을 증가시키고 땀의 증발을 촉진 시키므로 인체의 열평형에 영향을 미치는 인자이다. 따라서 건물에서 기류속도는 0.5 m/s 이하가 되도록 건축법에 정해져 있으며(쾌적 기류 속도는 0.25~0.5 m/s, 더운 경우 1 m/s까지 쾌적 범위 상승), 기류속도가 빠르게 되면 드래프트 현상을 일으키므로 불쾌감 야기할 수 있기 때문에 위와 같은 유속을 정하였다.

그리고 시중에 판매 중인 다른 타입과의 비교를 위해 제품의 성능분석표와 같은 풍량으로 맞추며 강, 중, 약을 택할 수 있도록 한다는 조건에 따라 각각 0.3 m/s, 0.4 m/s, 0.5 m/s를 따로 실험하여 열교환 효율을 비교하였다. 현열 교환만 이루어지므로 습도는 한국인의 쾌감대로 알려진 상대습도 60%로 일정하게 유지시킨 후, 하계와 동계시의 온도 조건을 고려하였다. 또한 카세트 타입으로 적용가능한 PHP 환기열 회수기의 다단 배열 성능을 알아보기 위해 1 Unit, 2 Unit, 3 Unit을 같은 조건으로 3회 이상 반복 실험하여 데이터를 취득하였다. 실험조건은 Table 1에 자세히 나타내었다.

얻어진 데이터들은 아래와 같은 KS B 6879의 온도 효율 계산식에 따라 정리하였다.

$$\eta_t = \frac{t_{OA} - t_{SA}}{t_{OA} - t_{RA}} \times 100 \quad (1)$$

여기서, t_s 는 온도 [°C], OA는 외기, SA는 급기, RA는 실내 공기를 뜻한다.

3. 실험 결과

3.1. 열회수 성능 (1 Unit case)

PHP type 환기열 회수기를 냉방시와 난방시의 온도 조건으로 운전하였을 경우, 충전율과 풍속에 따른 열 전달 성능을 알아보았다.

냉난방 조건과 풍속, 충전율에 따라 열 회수 효율을 식 (1)로 정의 한다. Fig. 7에 나타난 것과 같이, 실험 조건 내에서 풍속이 증가함에 따라 열 회수 효율은 증가하는 경향을 보였으며, 냉방 운전시에 비해 충전율이 30%인 경우가 40%보다 열 회수 효율이 낮은 경향을 확인할 수 있었다. 일반적으로 풍속이 증가하면 열 교환기와와의 접촉시간이 줄어들기 때문에 유속의 증가와 더불어 난류추진 등의 영향을 받지 못하여, 열교환량이 비약적으로 증가하지 못하게 되므로 효율이 낮아지는 현상이 발생한다. 하지만 본 실험에서는 이와는 반대로

풍동 내의 유속이 증가할수록 효율도 함께 상승하는 경향을 보였다.

이것은 PHP의 작동조건으로서 적절한 열량이 제공되어야 하나 0.4 m/s 이하의 유속에서는 불충분한 열량으로 인해 PHP의 원활한 작동을 기대할 수 없었기 때문이다. 또한, PHP type 환기열 회수 유닛은 두께가 22 mm에 불과하여 타 유닛과 비교했을 때 열 회수 효율이 더 낮아지나, PHP의 높은 열전도율로 인해 이를 보상받은 것으로 판단된다. 본 실험조건 내에서 ϕ 40%-1 Unit case가 덕트 내의 풍속 0.75 m/s, 난방조건인 실험일 때, 61%의 효율을 나타내었다.

3.2. 열회수 성능 (2,3 Unit case)

본 연구에 사용된 PHP type 환기열 회수기는 부하 변동에 적극적으로 대처할 수 있도록 Cassette type으로

다열 배치가 가능한 형상으로 제작되었다.

이 때 다열 배치의 성능을 알아보기 위해 2 Unit, 3 Unit case의 경우를 산정하였으며, 이 실험은 1 Unit case에서 상대적으로 우수한 성능을 보인 작동유체 ϕ 40% type을 사용하여 실시하였다. 1 Unit case와 같은 조건과 방법으로 데이터를 얻었으며, 3회 이상 반복하여 그 결과값을 산술 평균으로 처리하였다.

2 Unit case와 3 Unit case에서 냉난방 운전 조건으로 실험하였을 때, 각각의 풍속에 따른 열전달 성능을 알아보았다. Fig. 8은 2 Unit case와 3 Unit case의 풍속의 변화에 따른 효율 변화를 나타낸 것이다. 대체로 0.4 m/s 이상이 되자 효율 증가가 둔화되는 모습이며, 2 Unit case과 3 Unit case의 효율 차이는 3% 이내로 완만한 효율 증가를 보여 주었다.

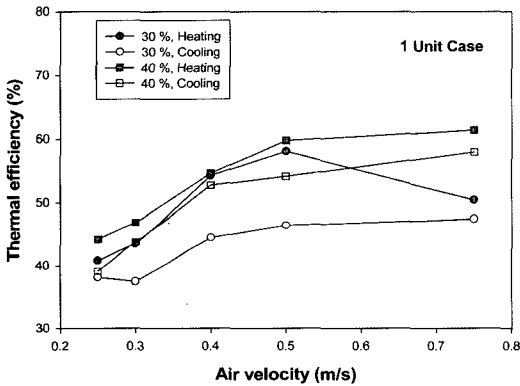


Fig. 7. Temperature efficiency according to air velocity. (ϕ : 30, 40%, 1 Unit Case)

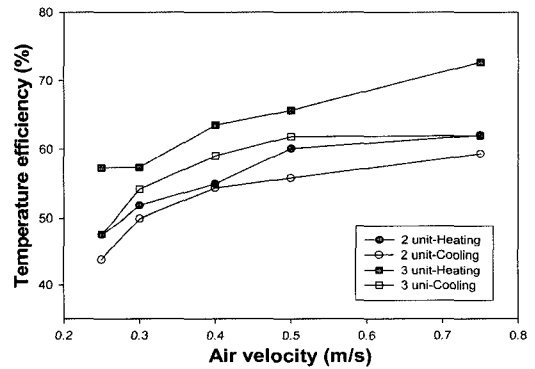


Fig. 8. Temperature efficiency according to air velocity. (ϕ : 40%, 2 Unit Case, 3 Unit Case)

Table 2. Conventional models of heat recovery ventilators⁹⁾

	A-1	A-2	B	C
Company	Sinsung Eng.	EnE Systems	Hatzz	Seojin
Model	SEC250T	AFT-ERV-025		
-120	RHEX-300	FA-250D		
Element type	static	static	static	static
HX type	Plate HX	Plate HX	Plate HX	Heat Pipe HX
Structure	Duct type	Duct type	Duct type	Duct type
Install	Built in type	Built in type	Built in type	Built in type
Maximum	312 CMH	244 CMH	290 CMH	342 CMH
Normal	228 CMH	211 CMH	-	244 CMH
Minimum	139 CMH	160 CMH	-	179 CMH

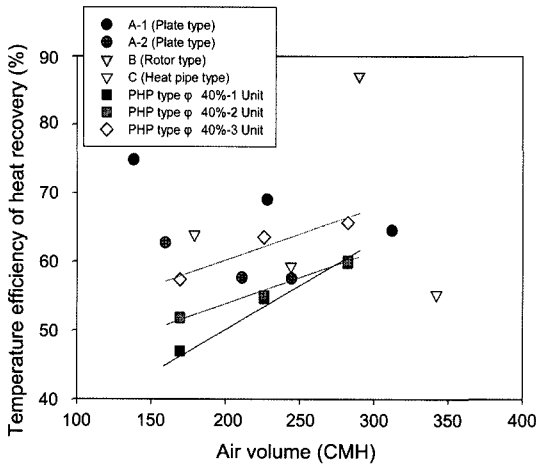


Fig. 9. Comparison of the temperature efficiency according to air volume between PHP type waste heat recovery ventilator and exist model (φ 40%-1 Unit, 2 Unit, 3 Unit case).

3.3. 상용 제품과의 효율 비교

PHP type 환기열 회수기의 온도 효율을 객관적으로 검토하기 위해, 단일 유닛으로 시중에 판매되고 있는 여러 타입과의 비교를 실시하여, 열 회수 효율이 어느 정도 되는 것인지 알아보았다. PHP type 환기열 회수기의 온도 효율을 객관적으로 검토하기 위해, 단일 유닛으로 시중에 판매되고 있는 여러 타입과의 비교를 실시하여, 열 회수 효율이 어느 정도 되는 것인지 알아보았다. 각 제품의 성능 데이터는 본 연구의 실험 규격과 동일하게 실험한 한국설비기술협회의 KARSE B 0300-2003 폐열회수형 환기유닛 평가법에 따라 실험한 상용 제품의 결과⁹⁾와 각 제품들의 강, 중, 약풍량에 대응하도록 유속을 산정하여 비교하였으며, Table 2에 상용 제품 각각의 자세한 제원을 나타내었다. Fig. 9는 각 제품별로 풍량에 따른 온도효율을 PHP type과 비교한 것이다. 기존의 제품들은 모두 풍량의 증가와 함께 온도효율이 감소하는 경향이던가 PHP type은 이와 반대로 풍량의 증가와 함께 온도효율도 증가하였다. PHP에 적절한 열량이 가해져야 원활한 작동을 하므로, 조금 더 많은 풍량에서 보다 높은 효율을 기대할 수 있다고 판단되나 300 CMH 이후로는 온도효율의 증가폭이 완만하게 이루어 진다. 다시 말해, 기존의 제품들은 상용 풍량대가 250 CMH 정도로 고정되어 있으므로 이 영역을 벗어나면 온도 효율의 급락을 피할 수가 없게 된다. 하지만 PHP type은 소풍량의 경우에도 50% 중반을 유

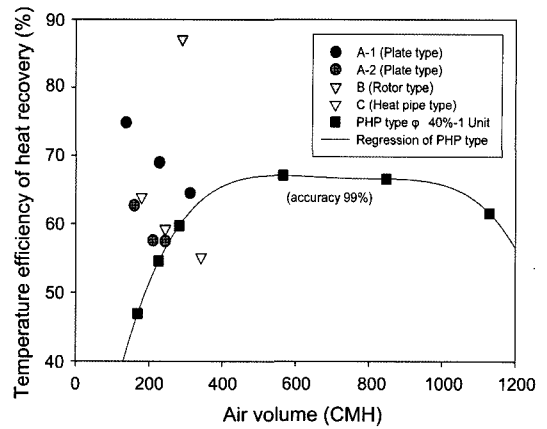


Fig. 10. Regression of temperature efficiency for PHP type (φ 40%-1, 2, 3 Unit case).

지하면서 풍량의 증가와 함께 효율이 증가하고 있어 더 높은 효율을 기대할 수가 있는 것이다.

따라서 비교 대상의 풍량에서의 효율을 나타낸 Fig. 10을 보면, 더 자세하게 알 수 있다¹⁰⁾. 풍량에 따른 온도효율의 값을 곡선회귀식으로 작성하면 식 (2)와 같이 4차 다항식으로 나타난다. 이 온도효율 예측식은 PHP type(φ 40%-1 Unit case)의 경우를 산정한 것이다. 온도효율 예측식에 따르면, 풍량 500 CMH의 경우 온도효율이 최대 67%에 이를 것으로 예상된다.

$$\eta_T = -2.421e^{-10}Q_{air}^4 + 7.075e^{-7}Q_{air}^3 - 7.648e^{-4}Q_{air}^2 + 0.360Q_{air} + 4.578 \quad (2)$$

Fig. 10에서 보듯이 PHP type 환기열 회수기는 적절한 풍량과 열량이 제공되어야 원활한 작동을 한다고 생각할 수 있다. 작동유체 φ 40%-1 Unit case의 경우, 풍량 300~1100 CMH의 영역대가 풍량의 증가에 따른 효율의 감소없이 사용할 수 있는 가장 우수한 상용 조건이라 판단되므로, PHP type 환기열 회수기는 소풍량에서 대풍량까지도 사용할 수 있는 다목적 환기열 회수기로서 사용이 가능할 것으로 예상된다. 또한 넓은 사용 풍량대에서 안정적인 효율을 내고 있어 신뢰성이 높다.

4. 결 론

향후 에너지 절감을 위한 다각적인 노력이 절실히 될 경우, 막대한 양의 냉난방 에너지의 절감이 불가피해질 것으로 판단되며, 이와 아울러 심각한 도시 공기 오염 하에서의 쾌적한 주거 및 사무공간에 대한 욕구를 충족

시켜 줄 수 있는 에너지 절약형 환기 유닛의 필요성이 점점 커지고 있는 실정이다. 이에 대한 해결책으로 본 연구에서는 자동차 폐 라디에이터를 재활용한 PHP type 환기열 회수 유닛을 제작하여 그 성능을 살펴보았다.

(1) 본 실험 조건 내에서의 최대 열 회수량은 작동유체 충전을 ϕ 40%-3 Unit case, 풍동 내의 유속 0.75 m/s, 난방 운전 조건에서 열 회수 효율은 72.7%로 최대였다.

(2) 열 회수 효율은 실험 조건 내에서 고른 성능을 나타내었으며, 이를 상용제품과 각 타입별로 비교해 보았을 때, 1 Unit case는 약간 낮은 수준이나 3 Unit case의 경우 동등하거나 더 우수한 성능을 나타냈다.

(3) 풍량이 적었을 때는 PHP의 성능이 양호하지 못하였으며, 풍량의 증가에 따라 온도효율이 증가하였다. 따라서 PHP type 환기열 회수기는 적절한 풍량과 열량이 제공되어야 원활한 작동을 할 것이다.

(4) 풍량에 따른 온도효율의 값을 아래와 같은 곡선 회귀식으로 작성하여 보았다. 1 Unit case의 온도효율 예측식에 따르면, 풍량 500 CMH의 경우 온도효율이 최대 67%에 이를 것으로 예상된다.

$$\eta_T = -2.421e^{-10}Q_{air}^4 + 7.075e^{-7}Q_{air}^3 - 7.648e^{-4}Q_{air}^2 + 0.360Q_{air} + 4.578 \quad (3)$$

(5) 작동유체 ϕ 40%-1 Unit case의 경우, 풍량 300 CMH~1100 CMH의 영역대가 풍량의 증가에 따른 효율의 감소없이 사용할 수 있는 가장 우수한 상용 조건이라 판단되므로, PHP type 환기열 회수기는 소풍량에서 대풍량까지도 사용할 수 있는 다목적 환기열 회수기로서 사용이 가능할 것으로 예상된다. 또한 넓은 사용 풍량대에서 안정적인 효율을 내고 있어 신뢰성이 높다.

(6) 제작이 간단하며, 부하변동에 쉽게 대응할 수 있도록 카세트 타입으로 장착이 가능한 콤팩트 형이기 때문에 실용적이고 경제적인 측면까지 갖추어, 자동차용 폐 라디에이터를 재활용한 PHP type 환기열 회수 유닛은 실내 공기질 확보, 에너지 절약 및 자원 재활용과 환경 보호라는 측면에서 볼 때, 많은 이점이 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

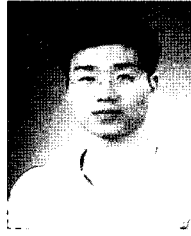
1. 한국자동차폐차업협회(KASA), 2005; http://211.255.6.113/bbs/bbs_index.asp?cp=bbs006, 2004년 폐차통계 (1-12).
2. 다중 이용 시설 등의 실내 공기질 관리 법률 (법시행령시행규칙), 2004: 환경부.
3. Lee, W. H., 2000: Study on heat transfer and flow characteristics of oscillating capillary tube heat pipe, Pukyong national university graduate school thesis for a degree of doctor, pp. 18-29, pp. 66-124.
4. Lee, W. H., Lee, J. H., Kim, J. S., 2000: Performance test of low temperature waste heat recovery heat exchanger using self-excited oscillating heat pipe, 설비공학 논문집 12(9), pp. 853-859.
5. Akachi, H., 1994: Looped capillary tube heat pipe, proceedings of 7th general meeting conference of JSME, 3(940-10), pp. 606-611.
6. ASHRAE, 1997: ASHRAE Handbook Fundamentals (SI edition), Measurement and Instruments 14.17-14.20 'FLOW RATE MEASUREMENT'.
7. ASHRAE, 1997: ASHRAE Handbook 1997 Fundamentals (SI edition), Measurement and Instruments 14.16-14.17 'MEASURING FLOW IN DUCTS'.
8. (사)한국설비기술협회, 2003: 한국설비기술협회규격 KARSE B 0030-2003 폐열회수 환기유닛, Heat-Recovery Ventilators.
9. (사)한국설비기술협회, 2003: 한국설비기술협회규격 KARSE B 0030-2003 폐열회수 환기유닛, Heat-Recovery Ventilators 품질인증업체현황 및 시험성적서, <http://www.karse.or.kr>
10. Choi, S. J., Im, Y. B., Kim, J. S., 2005: Heat Transfer Characteristics of Mini Channel Heat Exchanger Using Pulsating Heat Pipe for Heat Recovery Ventilator of AHU, International Symposium on Marine Engineering (ISMT) 2005, pp. 175-180.

林 湧 彬



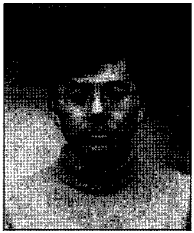
- 부경대학교 대학원 냉동공조공학과 졸업, 공학석사
- 부경대학교 대학원 냉동공조공학과 박사과정

崔 尙 祚



- 부경대학교 기계공학부 졸업, 공학사
- 부경대학교 대학원 냉동공조공학과 석사과정

金 正 勳



- 부경대학교 대학원 냉동공학과 졸업, 공학박사
- 현재 삼성전자 생활가전총괄 책임연구원

金 鍾 秀



- 와세다대학 기계공학부 졸업, 공학박사
- 현재 부경대학교 기계공학부 교수

學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外的 研究 機關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨霜 등
Group 紹介	企業, 研究機關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 掲載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.