

### 3B2) 전이금속이 코팅된 에너지회수형 환기유닛의 판형열교환기에 대한 항균특성에 관한 연구

## The Study of Antimicrobial Characteristics of Plate Heat Exchanger of Heat Recovery Ventilator Unit by Transition Metal Coating

태경음 · 감신영 · 박지웅 · 윤기영<sup>1)</sup> · 변정훈<sup>1)</sup> · 황정호<sup>1)</sup>

(주)대한피엔씨, <sup>1)</sup>연세대학교 기계공학과

#### 1. 서 론

에너지 절감의 필요성으로 인해 건물은 고기밀 및 고단열화 구조로 변하여 신선외기도입량이 감소되었다. 밀폐율이 높은 건물 내부를 냉난방할 경우 대부분 실내공간에서 오염된 공기를 순환시켜 냉난방할 뿐만 아니라 환기부족과 건축재료 및 마감재의 사용이 증가하면서 실내 공기환경은 날로 악화되고 있다.

근래에 들어서 생활수준의 향상으로 인하여 실내에서의 공기질 향상에 대한 욕구가 증대되는 추세이기 때문에 신선외기량 유입에 의한 실내공기질 향상이 필수적이다. 최근의 건축물은 기밀도가 높아져서 외부공기의 유입이 거의 없는 실정으므로, 별도의 신선한 외부공기의 유입이 반드시 행해지기 위해서는 실내 순환공기를 외부로 배출시켜야한다. 외부공기의 실내유입은 냉난방에너지의 소모가 불가피하기 때문에 배출되는 공기 속에 포함되어 있는 열을 회수하는 방식의 에너지회수형 환기유닛이 필요하다. 그러나 외부로부터 유입되는 외기 중에 포함된 유해물질 중 세균이나 미생물 등이 에너지회수형 환기유닛의 열교환기에 흡착되어 이를 담체로 기생하는 2차 오염 발생의 원인이 된다.

따라서 본 연구에서는 열교환기에 항균활성을 부여하기 위해 전이금속을 코팅하였으며, 이때 코팅된 전이금속에 따라 에너지회수형 환기유닛의 열교환효율 및 항균특성에 미치는 영향에 대하여 연구를 시행하였다.

#### 2. 연구 방법 및 평가

본 연구에서 고려한 배열회수용 환기장치의 사진 및 판형열교환기를 각각 그림 1, 2에 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 급기팬(supply fan)에 의해 흡입된 외기(outdoor air: OA)에 섞여있는 불순물은 입구필터(inlet filter)에 의해 제거되고, 열교환기(heat exchanger)를 지난 후 실내로 급기(supply air: SA)된다. 반대로 배기팬(exhaust fan)에 의해 흡입된 리턴에어(return air: RA)는 열교환기를 지나 실외로 배기(exhaust air: EA)된다. 열교환기는 OA-SA유로(공급유로)와 RA-EA유로(배출유로)가 그림과 같이 서로 혼합되지 않고 교차되면서 열교환 하는 구조이다.

본 연구에서 사용된 에너지회수형 환기유닛의 판형열교환기는 PET재질의 열교환기이며, 항균특성을 추가하기 위하여 열교환기 표면에 구리(Cu), 니켈(Ni), 구리-니켈(Cu-Ni)을 코팅하여 각각의 전이금속을 코팅한 판형열교환기의 항균특성을 측정하였다.

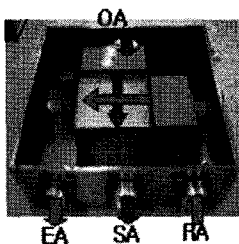


Fig. 1. Schematic diagram of the heat recovery ventilator.

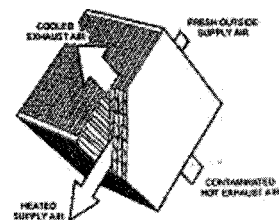
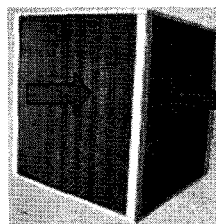


Fig. 2. Schematic diagram of the fixed plate heat exchanger.

## 2.1 유량변화에 따른 압력강하량

압력강하량은 공급유로 및 배출유로 각각에서의 입·출구 전압차이다. 에너지회수형 환기유닛의 압력강하량을 측정하기 위한 시험장치를 그림 3에 나타내었다. 압력강하량 측정 시에는 공급유로와 배출유로에 연결된 송풍기를 이용하여 운전, 유량을 변화시키면서 열교환기 SA측, RA측, OA측 및 EA측의 전압을 측정하였다. 이 때 공급유량과 배출유량은 동일하게 하였으며, 유량의 조절은 댐퍼를 이용하였다.

열교환기내에서의 공급유량(supply)과 배출유량(exhaust)의 변화에 따른 압력강하량 결과를 그림 4에 나타내었다. 공급유량 및 배출유량이 50CMH에서 450CMH로 증가함에 따라 압력강하량이 1Pa에서 15Pa 정도까지 증가하는 경향을 보인다. 공급유로의 압력강하량이 배출유로의 압력강하량보다 다소 높게 나타남을 알 수 있다, 이는 외기로부터의 오염원을 제거하기 위해 공급유로에 부착된 필터로 인하여 필터가 없는 배출유로보다 다소 높은 압력강하량이 나타난다고 사료된다.

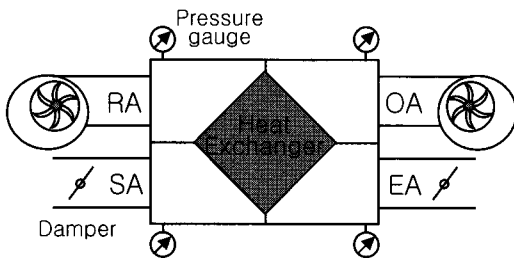


Fig. 3. Schematic diagram of the performance test for pressure drop.

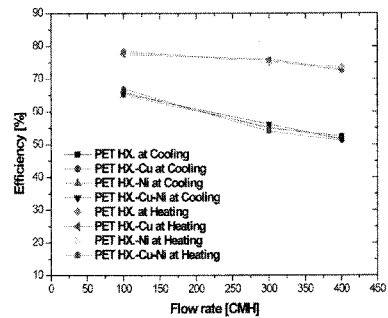


Fig. 4. Pressure drop according to air flow rate.

## 2.2 열교환기 종류별 열교환특성

열교환특성 시험은 에너지회수형 환기유닛에 사용된 열교환기의 효율을 평가하기 위한 인자이다. 관형 열교환기를 이용한 에너지회수형 환기유닛의 열교환 효율은 공급유로와 배출유로에서의 공기 온도 또는 엔탈피의 비율로 나타내어 질 수 있으며, 이 중 본 열교환기와 같은 현열교환기에서는 공기의 건구온도를 이용한 현열효율(Sensible effectiveness)을 사용한다. 현열효율,  $\eta$ 는 다음 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$\eta = \frac{T_{SA} - T_{OA}}{T_{RA} - T_{EA}} \quad (1)$$

여기에서  $T$ 는 공기의 건구온도를 나타낸다.

에너지회수형 환기유닛의 열교환효율 시험은 KS B 6879-2003에 따라 시험하였으며 시험조건은 표 1에 나타내었다. 에너지회수형 환기유닛의 열교환 효율을 측정하기 위하여 그림 5의 온도센서로 SA측, RA측, OA측 및 EA측의 공기온도를 측정하였다. 이때 배출유량은 100CMH, 300CMH 그리고 400 CMH로 양측을 동일하게 조절하였다.

Table 1. Test condition of the heat recovery ventilator.

구분	실내측 공기상태(RA)	실외측 공기상태(OA)
	건구온도(℃)	건구온도(℃)
냉방	27±0.5	35±0.5
난방	20±0.5	7±0.5

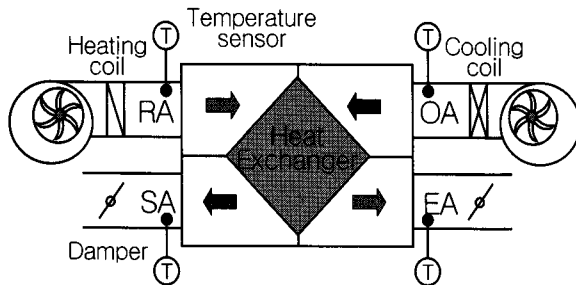


Fig. 5. Schematic diagram of the performance test for thermal effectiveness.

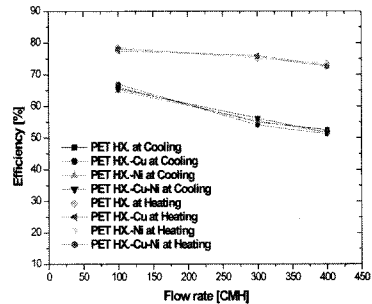


Fig. 6. Heat transfer efficiency according to air flow rate.

전이금속이 코팅된 열교환기와 코팅되지 않은 열교환기의 열교환 효율을 그림 6에 나타내었다. 열교환 효율은 유량이 증가함에 따라 선형적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 열교환기를 지나는 유량이 증가하면 공급유로와 배출유로에서의 유속 또한 증가하며, 이에 따라 열교환 시간의 감소로 인하여 열교환 효율이 저유량일 때에 비하여 줄어든다.

냉방시와 난방시의 열교환 효율은 구리(Cu), 니켈(Ni) 그리고 구리-니켈(Cu-Ni)이 코팅된 열교환기와 전이금속이 코팅되지 않은 열교환기의 경우 0.75~1.3% 정도로 차이가 거의 없다. 이와 같이 판형열교환기에 전이금속을 코팅하는 것으로 열교환에 미치는 영향이 없는 것을 확인할 수 있었다.

### 2.3 전이금속의 항균특성

항균 처리된 열교환 소재의 항균 성능을 평가하기 위해 한국미생물보존센터에서 분양받은 *Escherichia coli*(KCCM 12119)와 *Bacillus subtilis*(KCCM 11316), 두 종류의 미생물을 사용하였다. 미생물을 nutrient 액상 배지에서 진탕배양한 후, Optical density가 0.1이 되도록 초순수로 희석하였으며, 이를 다시 1/100 비율로 희석하였다. 준비된 미생물 현탁액 5mL에 1cm<sup>2</sup> 크기의 열교환 소재 샘플을 첨가하여 상온에서 2시간 동안 보관하며 미생물과 열교환 소재(또는 항균 물질)을 반응시켰다. 2시간 동안의 반응이 끝난 후, 0.1mL의 미생물 현탁액을 추출하여 nutrient 고체 배지 위에 도말하여 배양하였다. 이 때, 배양 온도는 *E.coli*와 *B. subtilis*의 경우에 대해, 각각 37℃와 30℃로 하였으며, 배양 시간은 48시간이었다. 배양 후 균집(Colony)의 수를 측정하여 항균 특성을 평가하였다. 동일한 실험을 3회 반복하였다.

Table 2. Antimicrobial characteristics of heat exchanger by transition metal coating(Mean±SD).

	Control	Pristine	Cu coated	Ni coated	Cu-Ni coated
<i>E. coli</i>	274±52.3	252±41	0	228±14.1	0
<i>B. subtilis</i>	223.5±6.4	212±26.9	0	191±8.5	0

표 2는 항균 실험의 결과를 나타낸다. Control은 열교환 소재와 반응하지 않은 대조군을 의미하며, Pristine은 항균처리가 되지 않은 열교환 소재와 반응한 경우를 의미한다. 두 경우에서 모두 비슷한 수준의 미생물 군집이 형성되었으며, 이를 통해 일반 열교환 소재는 항균 특성을 보이지 않는 것을 확인할 수 있었다. 구리(Cu)가 코팅된 경우, 미생물 군집이 형성되지 않았으며, 이를 통해 구리가 코팅된 열교환 소재가 항균 특성을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 니켈(Ni)의 경우 항균 결과를 보이지 않았다.

### 3. 결과 및 고찰

1) 공급유료와 배출유료의 압력강하량은 공급유량 및 배출유량이 50CMH에서 450CMH로 증가함에 따라 유량에 비례하여 약 1Pa에서 15Pa 정도까지 증가하는 경향을 보인다.

2) 전이금속이 코팅된 경우 판형열교환기의 열교환 특성을 전이금속이 코팅되지 않은 열교환기와 비교한 결과 두 경우 모두 열교환 효율은 유량이 100CMH에서 400CMH로 증가함에 따라 선형적으로 감소하는 경향을 보였으며, 에너지회수형 환기유닛의 열교환 효율은 전이금속이 코팅된 열교환 소재와 고팅이 되지 않은 열교환 소재와 유사한 결과를 나타내었다.

3) 에너지회수형 환기유닛의 유량이 증가함에 따라 열교환 시간의 감소로 인하여 냉방시의 열교환 효율은 유량이 증가함에 따라 67%에서 51.6%로, 난방시의 열교환 효율은 유량이 증가함에 따라 78.6%에서 73%로 감소하는 경향을 보이고 있다.

4) 전이금속 코팅을 통한 열교환 소재의 항균특성을 평가하기 위해 *E.coli*와 *B. subtilis* 두 종류의 미생물을 사용하였다. 구리(Cu)가 코팅된 열교환 소재의 경우 미생물 군집이 형성되지 않았으나 니켈(Ni)이 코팅된 열교환 소재의 경우 군집의 수가 각각  $228 \pm 14.1$ ,  $191 \pm 8.5$ 로 항균특성을 보이지 않았다. 구리-니켈(Cu-Ni)이 코팅된 경우의 항균특성은 구리(Cu)의 항균특성에 기인하는 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

박수진 (2003) 구리 활성 탄소 섬유 의 항균특성, 폴리머, 27(3), 235-241.

오원춘 (1998) 금속 처리된 활성탄소의 흡착과 항균특성, Analytical Science & Technology, Vol. 11.

윤현진 (2004) PET 판형 열교환기를 이용한 배열회수용 환기장치의 성능에 관한 연구, 한양대학교 대학원 석사학위논문.

최준영 (2005) 폐열회수환기장치의 성능평가, 대한설비공학회, 34(1), 28-36.