

텐터기 폐열회수용 열교환기의 성능향상에 관한 연구

조경철, 박시우, 이기풍, 전두환*

(재)한국섬유기계연구소, *영남대학교 섬유패션학부

A Study on the Performance of Heat Exchanger used Heat Recovery System in Tenter Frame

Kyung-Chul Cho, Si-Woo Park, Ki-Pung Lee and Du-Hwan Chun*

Korea Textile Machinery Research Institute, Gyongsan-city, Gyongbuk, Korea

*School of Textiles, Yeungnam University, Gyongsan-city, Gyongbuk, Korea

1. 서론

최근 대기중 이산화탄소 농도의 상승에 따른 지구 온난화의 문제는 각종 산업 및 민생부분에 있어서 에너지 절약 대책의 중요성이 더욱 강조되고 있으나 우리나라의 에너지 소비현상은 석유를 중심으로 하는 에너지 소비량 가운데 유효하게 이용되는 것은 50% 미만뿐이며 나머지는 폐열로서 배출되고 있다. 섬유산업의 꽃이라 불리며 섬유산업 전체의 발전에 동기를 부여하고 활력을 불어 넣는 염색가공 산업의 지속적인 유지를 위해서는 시급하고도 혁신적인 에너지 절감대책이 강구되고 시행됨으로서 에너지절감형 기술의 개발과 이를 활용한 생산방식이 정착이 이루어져야 하는 상황이다. 이러한 환경속에 산업전반에 걸쳐 에너지 절감을 위한 여러 방면의 기술개발과 접목이 시도 되고 있으며, 특히 에너지 절감 기술 중 폐열회수시스템(HRS: Heat Recovery System)의 개발 및 적용이 여러 분야에서 진행 중에 있다. Figure 1은 염색가공공정의 에너지 흐름을 도식화 한 내용으로 건조, 열고정 그리고 열처리 등에서의 에너지 소비량은 전체 에너지 소비량의 25~60%에 이르며 이 중 투입된 열량의 70~80% 이상이 배기가스의 현열 및 잠열로 방출되고 있음을 나타 내고 있다. 따라서 염색가공기의 에너지 절감을 위한 폐열회수시스템(HRS)의 적용 및 최적설계 기술개발을 통한 에너지 절감기술 개발이 절실히 필요한 상황이다.

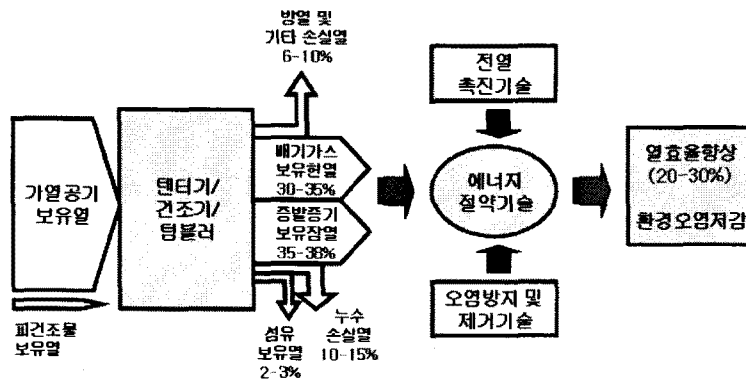


Figure 1. Flow chart of the energy flow in finishing process.

이러한 폐열회수 시스템의 성능은 핵심 요소인 열교환기의 성능에 크게 의존하며, 열교환기의 성능을 향상시키기 위해서는 고온 측과 저온 측에 흐르는 편이나 혹은 파이프의 기하학적 형상이 매우 중요하다. 본 연구에서는 열교환기의 기하학적 형상 최적화를 통하여 고효율 텐터기 폐열회수용 열교환기를 개발 하고자 한다.

2. 열교환기의 최적설계 및 성능평가

현재 기존의 폐열회수 시스템에 적용되고 있는 열교환기는 경험적인 설계기법을 적용하여 Figure 2. (a)와 같은 핀-관(fin-tube) 식 열교환기가 사용되고 있으며, 열회수율을 개선할 수 있는 여지가 많음에도 불구하고 공정상의 여러 가지 이유로 인해 최적의 운전조건을 나타내지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 폐열회수용 열교환기의 유로 설계를 plate-fin 열교환기 타입으로 개선하여 폐열회수의 열전달 성능을 향상시키고자 한다. Figure 2. (b)는 본 연구에서 설계된 plate-fin (pitch=46.8mm) 열교환기 이다.

성능 평가를 수행하기 위해 Figure 3 과 같이 열원을 공급하는 가열부, 고온측과 저온측에 유량을 공급하는 송풍기 및 온도 및 열원부 제어를 위한 제어부로 구성 하였다. 또한 평가에 사용된 열교환기는 기존시스템에 장착된 fin-tube 형과 본 연구에서 설계된 plate-fin 형상의 열교환기를 상사법칙에 의거하여 scale-down 시킨 열교환기로 수행하였으며, 실험조건은 저온측 공기온도는 대기온도로 고정한 후 고온측 공기온도를 65℃~110℃ 까지 5℃간격으로 실험을 수행하였고, 고온측 유입 풍량은 800 ~ 1200CMH으로 변경하며 성능평가를 수행 하였다.

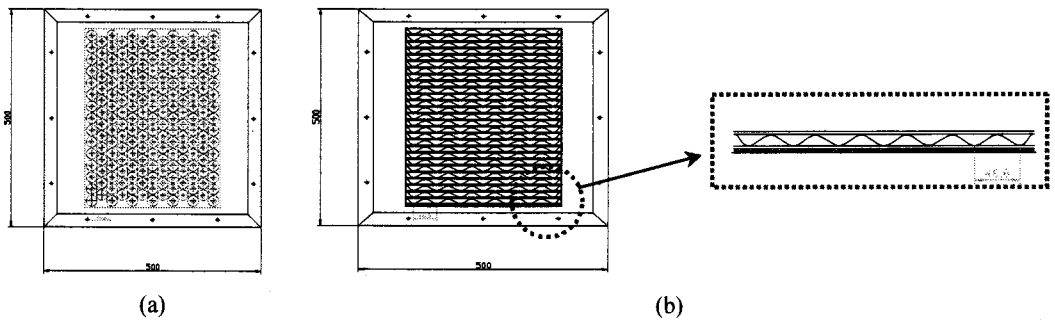


Figure 2. Schematic diagram of Heat exchangers.

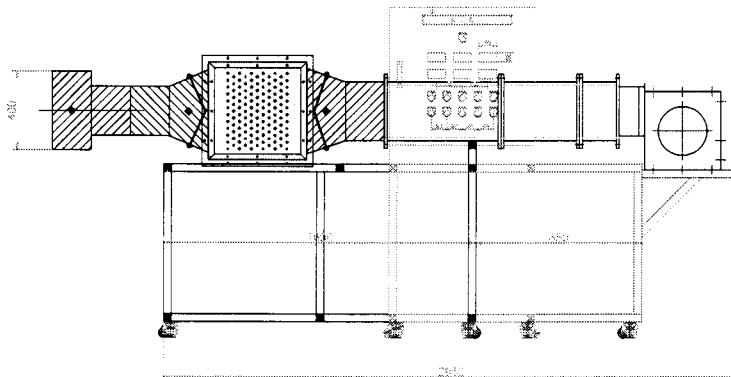


Figure 3. Schematic diagram of the experimental apparatus.

3. 결과 및 고찰

Figure 4는 본 연구에서 개발된 열교환기의 열효율 평가를 통해 얻어진 결과이다. 공급되는 풍량을 약 1130CMH로 고정시키고, 고온부로 공급되는 공기의 온도를 변화시킬 때 기존형상과 개선된 형상의 열교환기의 열효율을 나타 낸 것이다. 먼저 공급되는 온도변화에 대해서 기존 형상 및 개선형상 모두 열회수율의 변화는 거의 없었으며, 개선형상이 기존형상에 비해 열회수율이 2배 이상 향상됨을 알 수 있다. Figure 5는 열교환량을 고온부 온도 변화에 따라 평가한 결과이다. 고온측의 유입온도가 상승됨에 따라 당연히 열교환량은 기존 및 개선형상 모두 단조 증가함을 알 수 있고, 열교환량도 기존형상보다 개선된 형상이 2.5배 이상 향상됨을 알 수 있다.

Figure 6은 고온부에 공급되는 유량변화에 대해 공급되는 온도 70℃,80℃,90℃ 대해 개선된 열교환기의 형상에 대한 열회수율을 나타낸 결과로서 유량이 증가함에 따라 열회수율이 점차 감소하고, 공급온도가 증가함에도 감소함을 알 수 있다. Figure 7은 Figure 6과 같은 조건에서의 열교환량을 나타내고 있으며 열교환량은 유량이 증가함에 따라 증가하고, 고온부 공급온도 증가함에 따라 상승함을 알 있다.

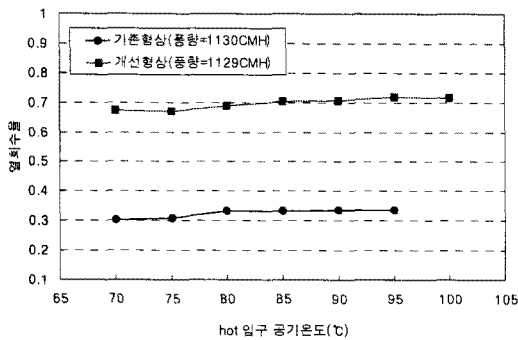


Figure 4. Heat recovery rate variation of inlet temperature at hot-side.

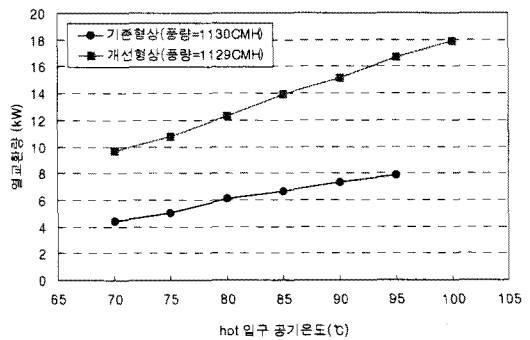


Figure 5. Heat transfer variation of inlet temperature at hot-side.

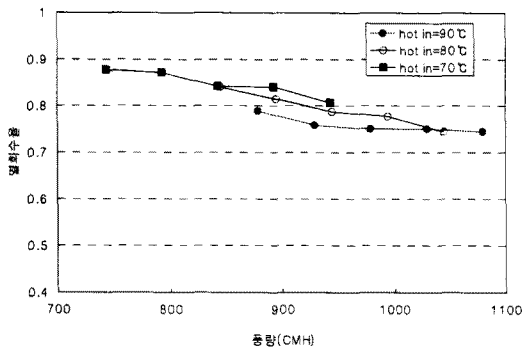


Figure 6. Heat recovery rate variation of air flow rate.

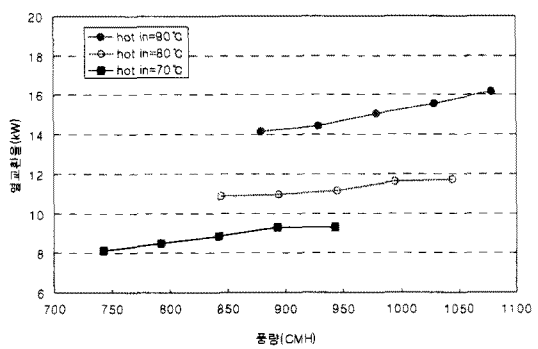


Figure 7. Heat transfer variation of air flow rate.

4. 결 론

본 연구는 텐터용 폐열회수 시스템의 핵심 요소인 열교환기를 기하학적 형상 최적화를 위하여 열교환기를 설계하고 이의 성능을 기존형상과 비교하여 평가하였다. 개선된 열교환기는 열회수율 및 열교환량 모두 기존 형상에 비해 향상된 성능을 나타내었으며 이를 바탕으로 텐터기 폐열회수 시스템에 적용한다면 에너지 절감 및 생산성 향상을 이루는 고효율 폐열회수 시스템을 개발하리라 사료되며, 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기존형상 대비 개선된 형상의 열회수율은 유량변화에 대해 약 2배 이상의 성능향상을 보여 주었다.
2. 열교환량은 개선된 형상의 열교환기가 기존형상에 비해 약 2.5배 이상 증가 하였다.
3. 개선된 열교환기는 운전 조건에 대해 최고 89%의 열회수율을 나타내었다.

감사의 글 : 본 연구는 산업자원부 지원의 지역산업기술개발사업 (70000391)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Serth, Robert W., 2007, "Principles of Process Heat Transfer ", Academic Pr.
2. Incropera, Frank P. and Dewitt, David P., 2006, "Fundamentals of Heat And Mass Transfer ", John Wiley & Sons Inc.
3. White, Frank M., 2006, "Fluid Mechanics", McGraw-Hill College
4. Hajime Onishi, Kyoji Inaoka, Kenjiro Suzuki, and Koji Matsubara, 1998, "Heat Transfer Performance of a Plate-Finned Tube Heat Exchanger - A Three-Dimensional Steady Numerical Analysis for a Single Row Tube" KSME Heat Transfer Conference, Vol 6, pp.227-232.