친수 표면처리 종류에 따른 공기 예열 열교환기의 응축 열전달 실험적 연구

석성철*, 정태용*†, 신동훈**, 황승식**, 최규홍*, 박재원*

Experimental Study of Condensation Heat Transfer in Pre-heating Exchanger to the Type of Hydrophilic Surface Treatment

Sungchul Seok*, Tae-Yong Chung*†, Donghoon Chin**,
Seungsik Hwang**, Gyuhong Choi*, Jaewon Park*

ABSTRACT

Recently, an energy-saving due to the energy utilisation efficiency enhancement is important. In order to improve the heat efficiency of the general residential boiler, We performed an experiment of condensation heat transfer to air pre-heat exchanger adhered to the condensing boiler. In this research, We analyze the heat transfer performance through the hydrophilic surface treatment(plasma, etching). The results of the research, On plasma and etching treated surface, Overall heat transfer coefficient is displayed the tendency to increase.

Key Words : Condensation, Overall heat transfer coefficient, Pre-heating exchanger

최근 에너지 이용 효율 향상에 의한 에너지 절감과 연료사용량의 감소에 따른 대기환경 개선 방안이 핵심 이슈가 되고 있다. 이에 따라서 에너지 절약에 적합한 신기술, 신자재, 기능성을 고려한 SYSTEM 선정은 필수 불가결 하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 가정에서 사용되는 에너지소비의 80% 이상을 난방과 온수 공급을 위한 보일러에 초점을 두었다. 그 중에서 콘덴싱 보일러 안에 설치되는 공기 예열 열교환기의 효율을 높이기 위해서 열교환기에 이용되는 STS430 재질의 표면을 친수처리를 통한 비교성능 실험을 수행하였다. 표면처리에 따라 달라지는 접촉각과 조도의 변화가 열전달계수에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 한다. 본 연구에서는 STS430 재질의 열교환기에 대하여 친수처리(상압 플라즈마, 에칭)를 달리 하여 인자를 변화시켜가면서 열전달 성능이 어떻게 달라지는지에 대한 실험을 수행하였다.

* 국민대학교 기계공학과
** 국민대학교 기계시스템공학부
† 연락저자, tyjung@kookmin.ac.kr
TEL : (02)910-5036 FAX : (02)-910-4839

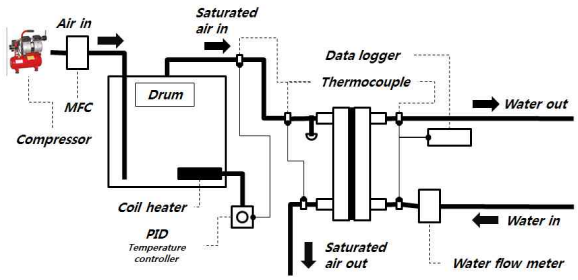

Fig.1 Schematic diagram of counter flow exchanger and flow systems

Fig.1은 실험장치의 기본 구성도이다. 저온측의 냉각수와 고온측의 습공기를 대향류 방식으로 열교환을 시켜서 표면처리에 따른 열전달계수의 변화를 실험을 통하여 알아보았다. 열전달 계수의 계산은 식(1)에서 나타내고 있다.[1]

$$Q = UA\triangle T \qquad (1)$$

여기서 Q는 열전달량으로 저온측 물의 질량유량($\dot{m}$)과 비열, 온도차의 곱($\dot{m}C_p\triangle T$)으로 계산되었고, A는 열교환기 판의 전열면적(0.02m×0.2m), $\triangle T$는 대수평균온도차이로 계산되었다.

U는 총괄열전달계수로 표면처리에 따른 접촉각과 조도의 변화로 인해 달라지는 값을 실험을 통하여 산출하였다. 고온측에서 Compressor에서 나오는 공기는 MFC를 통하여 유량을 조절하고, Drum에 보내져서 가습과정을 거친다. 그리고 80℃로 가습된 습공기가 열교환기를 거쳐서 배출이 된다. 저온측에서는 냉각수가 유량계를 거쳐 80cc/min으로 보내지게 되고 열교환기를 거쳐서 배출이 된다. 따라서 열교환기에서 습공기와 물과의 열교환이 이루어지게 되고 이 열교환기에서 사용되는 STS430 재질의 표면처리를 통하여 총괄열전달계수 값의 변화를 실험을 통하여 알아보았다.

Fig.2는 표면처리에 따른 접촉각의 변화를 나타내고 있다.

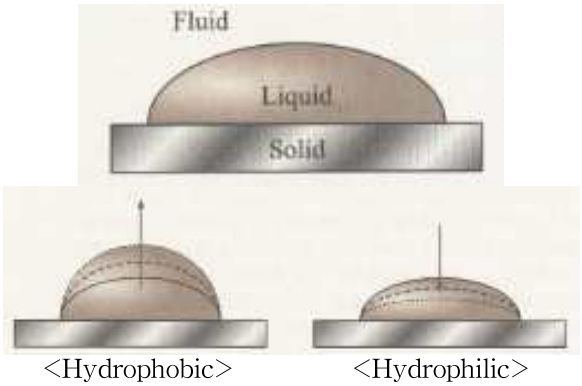

Fig.2 Apparent contact angle in a typical wetting system[2]

Fig.3은 표면처리에 따른 조도 변화와 접촉각의 상관관계를 나타내고 있다.

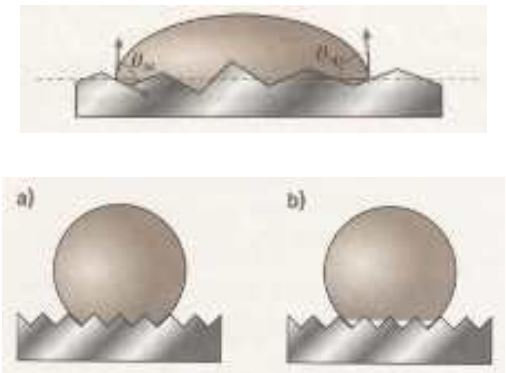

Fig.3 The actual and the apparent contact angle on a rough surface[2]

고온측의 습공기와 저온측의 물이 대향류 방식으로 열교환을 하는 과정에서 응축수의 접촉각이 달라짐에 따라 열전달에 미치는 영향이 달라질 것으로 생각된다.[3][5] 그리고 표면조도의 변화와 응축수의 접촉각과의 상관관계에 따라 열전달에 미치는 영향을 살펴보았다.[4]

연구 결과 총괄열전달계수의 값은 상압 플라즈마 처리와 에칭 처리를 한 친수 평판이 원판(STS430)보다 증가하는 경향을 보였으며 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 국민대학교 에너지인력양성사업의 일환(20114010100070)과 지식경제부 에너지자원 기술개발사업의 일환(2012T100201553)으로 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] Frank P.Incropera, David P.DeWitt, Theodore L.Bergman, Adrienne S.Lavine "Introduction to Heat Transfer" *WILEY*, 2008, pp. 698-737.
[2] Cameron Tropea, Alexander L.Yarin, John F.Foss "Springer Handbook of Experimental Fluid Mechanics" *Springer*, 2007, pp. 106-119
[3] Xue-H.M, Xing-D.Z, Zhong-L, Yi-M.L and Yu Z "Condensation heat transfer enhancement in the presence of non-condensable gas using the interfacial effect of dropwise condensation" *Int.J.Heat mass transfer*, Vol51, No.7-8, pp. 1728-1737.
[4] M.H.M. Grooten, C.W.M. van der Geld "Surface property effects on dropwise condensation heat transfer from flowing air-steam mixtures to promote drainage" *International Journal of Thermal Sciences 54* (2012) 220-29
[5] Min Gyun. Kang "Experimental study for improving the energy and condensation efficiency of an Air-to-air heat exchanger" 2012