

소구경 관내 응축열전달 실험기법 개발

신정섭, 김태주, 김무환[†]

포항공과대학교 기계공학과

Development of Experimental Techniques for Condensation Heat Transfer Inside Small Hydraulic Diameter Tube

Jeong-Seob Shin, Tae-Joo Kim, Moo Hwan Kim[†]

Pohang University of Science and Technology, San 31, Hyoja Dong, Pohang, 790-784, Korea

요약

최근 제품의 경박 단소화나 국부 공간에서의 집중적인 열전달 필요성 증가로 인해 고효율 열교환기에 많은 관심들을 가지고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해선 상변화를 이용하는 것이 열전달 측면에서 유리하며, 수력직경이 작은 관을 사용할수록 열전달 향상을 기대할 수 있다. 한편 알루미늄 압출 및 브레이징 기술의 발전으로 인하여 전통적인 열교환기보다 수력직경이 매우 작은 열교환기의 사용이 이미 보편화되고 있으며 이 기술로 제작되는 열교환기의 일반적인 단면 형태는 수력 직경이 1 mm 내외의 사각단면을 가지는 다채널 관이다. 그러므로 이처럼 작은 관에서의 상변화 열전달 특성을 정확히 예측하는 것은 무척이나 중요하다. 그러나 소구경관에서의 열전달 또는 압력 강하 특성을 결정짓는 중력, 점성력, 표면장력 등의 상대적인 크기가 기존 관과는 다르기 때문에 기존의 상관식 및 실험 결과를 소구경관에 적용하는 것이 어렵다.

응축열전달은 발열 과정이므로 냉각시키기 위해서는 일반적으로 2차 유체가 필요하게 되며 열교환량을 구하기 위해선 질량유량, 비열, 온도차 등의 정확한 측정이 요구되는데, 응축열량이 적을수록 실험의 불확실성이 크게 증가하게 된다. 게다가 기존의 많은 연구들과 같이 2차 유체로 물을 사용하는 경우, 열전달계수를 구하기 위한 관벽온도를 측정하기가 구조상 어렵고, 그 대안으로 Wilson Plot 방법을 사용하면 정칙한 사전 실험이 요구되고 철저한 수질관리가 필요하다는 점 등이 관내 응축열전달 실험을 어렵게 하는 요소들이다. 특히 전통적인 응축열전달 실험 방법으로는 시험부의 열교환량을 자유롭게 제어하거나 균일한 열유속 조건을 만들기 어려우며 열누설량 또한 무시하지 못할 정도가 된다.

실제적으로 응용범위가 넓은, 수력직경 1 mm 내외의 단관에서 응축열전달 실험을 수행하기 위해선 수 와트 정도의 열량을 제어할 수 있어야 하며 분당 수 그램 정도의 질량유량도 정확하게 측정할 수 있어야 한다. 그러므로 이러한 어려움 때문에 기존의 연구들은 단관이 아닌 다채널관에 집중되어 있는데, 이 경우 채널간 불균일한 분류 문제가 발생하기 쉽고, 단면 형상의 정확한 치수를 얻기가 어려우며 단관에 비해 제작상의 난점으로 인해 보다 기초적인 연구를 수행하기 다소 어렵다고 판단된다. 그러나 현재 이러한 다채널 관에서조차 응축실험의 자료들이 크게 부족하고, 더우기 실제 응용범위에서 다소 벗어난 조건에서의 결과들이 많은 형편이다.

본 연구에서는 소수경관에 적합한 관내 응축 실험기법을 개발하여 수 와트 내외의 응축열량을 비교적 정확하고 용이하게 제어할 수 있게 되었다. 또한 페루프에서의 질량유량 측정기법을 개발하여 분당 수 그램의 범위에서도 만족스럽게 측정할 수 있었다. 이러한 실험 기법들을 이용하여 관내 응축열전달 실험장치를 제작하였으며 본 연구에서는 내경 0.691 mm인 원형 단관에서 포화온도 40°C인 R134a의 응축 열전달계수를 질량유속 100-600 kg/m²s, 열유속 5-20 kW/m²의 조건에서 측정한 결과를 소개한다.