

발포 알루미늄이 삽입된 환형관에서의 유동 및 열전달 특성

노 주석[†], 이 계 복^{*}, 이 충 구

[†] 경기공업대학 실내환경시스템과, ^{*} 충북대학교 기계공학부

The Flow and Heat Transfer Characteristics in an Annulus Filled with Aluminum Foam

Joo-Suk Noh[†], Kye-Bock Lee^{*}, Chung-Gu Lee

[†] Department of Indoor Environment System, Kyonggi Institute of Technology, Shihung 429-792, Korea
School of Mechanical Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 361-763 Korea

요 약

냉각유체에 작은 강철 입자(steel particles)를 삽입하여 관 벽의 온도와 냉각유체의 온도차를 현저히 감소시키는 냉각효과가 증가하는 것이 밝혀진 이후⁽¹⁾ 다공성 물질을 이용한 전열촉진 연구와 다공성 물질에서의 유동 마찰손실에 대한 연구가 많이 수행되어 오고 있다.

본 연구에서는 실제 열교환기에서 발생하는 유동 즉 관성력의 영향을 고려한 non-Darcy flow를 주 대상으로 하였으며 2중관 열교환기에 많이 사용되는 환형관(annulus) 내에 0.9 이상의 높은 공극률을 갖는 발포 알루미늄을 삽입하여 다공성 매체를 형성하고 작동유체로서 물을 사용하여 마찰계수(friction factor)와 Nusselt 수를 실험을 통해 측정하여 압력손실과 열전달 특성을 분석하여 방열성능의 개선 방법을 검토하였다.

동관에 가열한 열유속(heat flux)은 13.6, 18.9, 25.1, 31.4 kW/m^2 이었으며 사용된 레이놀즈 수의 범위는 120~1700이었다. 실험에서 측정된 압력강하율은 채널 형상에 대해 실험한 Beavers & Sparrow⁽²⁾의 결과와 같은 경향을 보여준다. 동관의 길이가 짧은 구간에서 평균 Nusselt 수는 레이놀즈 수에 따라 크게 변하지만 동관의 길이가 증가할수록 레이놀즈 수에 따른 평균 Nusselt 수의 변화가 작아지는 것을 알 수 있다.

발포 알루미늄이 삽입된 환형관에서 non-Darcy flow의 유동방정식이 성립하는 것을 확인할 수 있었으며 마찰계수(friction factor)는 채널유동과 비교하여 레이놀즈 수가 작은 영역에서는 큰 차이를 보이나 관성력이 중요한 레이놀즈 수가 큰 영역에서는 단면의 형상에 따른 차이가 줄어드는 것을 알 수 있다.

결론적으로 발포알루미늄이 삽입된 환형관 내의 유동에서 일정 열유속으로 관 벽을 가열할 때 관 벽에서의 국부 Nusselt 수는 삽입되지 않은 경우에 비해 6~10 배의 큰 값을 가진다. 따라서 열교환기의 크기가 제한되는 경우 2중관 열교환기에 발포알루미늄을 삽입하여 Nusselt 수를 증가시키면 열교환기의 전열면적을 대폭 감소시킬 수 있다.

참고문헌

1. J. C. Y. Koh and R. L. Stevens, 1975, Enhancement of Cooling Effectiveness by Porous Materials in Coolant Passage, J. of Heat Transfer, Transactions of ASME, pp. 309-311
2. G. S. Beavers and E. M. Sparrow, 1969, Non-Darcy flow through fibrous porous media, J. Applied Mechanics, Transactions of the ASME, pp. 711-714.
3. S. Y. Kim, B. H. Kang and J. H. Kim, 2001, Forced convection from aluminum foam materials in an asymmetrically heated channel, International J. of Heat and Mass Transfer 44, pp. 1451-1454.