

Mixing Vane에 의한 핵연료 봉다발에서 열전달 촉진

유성연, 김병채[†], 이상섭^{*}

충남대학교 기계설계공학과, [†]충남대학교 대학원, ^{*}한국전력기술(주)

Heat Transfer Enhancement for Nuclear Fuel Rod Bundle

Using Mixing Vane

Seong-Yeon Yoo, Byeong-Chae Kim[†], Sang-Sub Lee^{*}

Department of Mechanical Design Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

[†]*Graduate School of Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea*

^{*}*Korea Power Engineering Company Lnc, Daejeon, Korea*

요약

핵연료 설계의 핵심은 핵연료 봉다발 주위를 유동하는 유체의 열수력 현상(유동특성과 열전달특성)을 정확하게 규명하는데 있다. 핵연료 봉다발에서는 유동구조가 열적 성능에 직접적인 영향을 미치게 된다. 원자로에서의 열적 성능 제고를 위해서 지지격자와 와류발생기의 일종인 Mixing Vane에 의해 강한 난류를 발생시켜서 봉다발 내 냉각수 혼합을 증가시켜 봉 표면에서 냉각재 쪽으로 열전달을 촉진시키는 방법이 사용되고 있다. 지지격자와 Mixing Vane 주위에서는 박리, 재순환, 와류등의 매우 복잡한 유동이 발생하며 이러한 유동이 열전달에 영향을 미치므로 핵연료의 성공적인 설계를 위해서 3차원 열전달 특성 규명이 필요하다.

본 연구에서는 차세대 원자로(APR1400)를 모사한 3×3 핵연료 봉다발에서 3차원 열전달 특성을 파악하고, Mixing Vane을 사용하여 축방향 와류(logitudinal vortex)를 발생시켜서 이 와류에 의한 열전달 촉진을 연구하였다. 나프탈렌승화법을 사용하여 Mixing Vane을 설치한 핵연료 봉다발에서 3차원 국소 열전달계수를 측정하였다. 실험은 단일봉과 봉다발이 설치된 풍동에서 수행되었고, 다양한 Reynolds number, 사각날개형 Mixing Vane의 각도, Mixing Vane의 형상은 Mixing Vane에 의한 열전달 촉진을 파악하는 파라미터로 사용되었다.

사각날개형 Mixing Vane을 설치한 단일봉에서의 열전달계수는 그것이 설치되지 않은 것들과 비교되며, 90°의 받음각(angle of attack)을 가진 것이 45° 보다 더 효율적으로 열전달 촉진이 됨을 알 수 있다. 봉다발 실험에서는 세가지 형상의 Mixing Vane에 의한 열전달 촉진을 비교·분석하였다. 봉다발에서 Mixing Vane을 설치한 것이 Mixing Vane을 설치하지 않은 것보다 열전달 계수가 1.5-2.0배 정도 높으며, 이것은 Mixing Vane의 형상에 따라 약간의 차이를 나타내었다.

참고문헌

1. Lee, S. S., Yoo, S. Y., Kim, B. C., Kim, E. K., Lim, D. J., Chung, C. K., and Kim, S. B., 2003, Heat Transfer Enhancement in a Circular Rod Using Mixing Vane, KSME Fall Annual Meeting, 03F069.
2. Lee, S. S., 2003, A Study on the Heat Transfer Enhancement in Circular Cylinder Using Vortex Generator, Ph.D. thesis, Chungnam National University, Daejeon, Korea.