

CFD 분야 연구동향

주현철*

1. 서 론

전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, 이하 CFD) 분야는 항공기, 터빈, 펌프, 원자력, 내연기관, 연료전지 등 다양한 산업의 연구 전반에 걸쳐 최적 설계에 사용되며 컴퓨터의 성능 및 처리속도의 개선 등을 통해 지속적으로 발전하고 있다. 본 특집은 2017년도 한국유체기계학회에서 발표된 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회의 논문 중 CFD 분야에 속한 논문 7편의 연구내용을 요약하여 소개하고자 한다.

2. CFD 분야

CFD 분야의 연구는 상용 CFD 코드를 이용하여 설계변수가 성능에 미치는 영향성을 알아보고 설계의 최적화를 이끌어내는 등 다양한 산업 분야의 연구 및 발전에 깊이 기여하였다.

손손 등⁽¹⁾은 발열장치내의 공동현상을 발생시키는 회전체 덩플의 위치와 형상이 공동현상 발생에 미치는 영향을 확인하기 위한 시뮬레이션 연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 상용 CFD 코드인 ANSYS Fluent[®]를 사용한 유동해석 시뮬레이션을 진행하였고, 덩플의 존재여부/위치/형상에 따른 발열장치 내부 유동장의 압력분포 변화를 확인하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 Cone 형태의 덩플의 Cylinder 형태의 덩플보다 공동현상에 유리하며, 길이 3.5 mm, 각도 150°의 Cone 형태의 덩플을 포함한 회전체의 경우가 공동현상 발생에 가장 유리할 것으로 분석하였다.

송유준 등⁽²⁾은 유도공기부상기(Induced Gas Flotation, IGF)의 정익의 각도가 성능에 미치는 영향을 분석하기 위해 각도에 따른 반경방향 속도, 축방향 속도, 기공율, 파워수와 같은 무차원수의 변화를 도출하고 형상에 따른 부상성능을 평가하였다. IGF 내의 복잡한 유동장의 예측을 위해 6 m³의 부피를 갖는 Dorr-Oliver 부상기를 선정하여 모델링하였으며, 상용 CFD 코드인 ANSYS CFX[®] 16.1의 SST(Shear Stress Transport)모델을 사용하여 이상 유동 시뮬레이션을

수행하였다. 시뮬레이션 결과 기포 크기가 증가할수록 부상하는 기포의 수가 많아지고 파워수가 상대적으로 큰 것을 확인하였고, 정익과 고정자 블레이드가 이루는 각도가 76°인 경우에 가장 높은 체적분율의 비와 낮은 파워수를 갖는다는 결론을 도출하였다.

마상범 등⁽³⁾은 서로 다른 회전속도에서 동익의 스윙 변화가 천음속 다단 축류 펌프의 공력성능에 미치는 영향성을 분석하기 위해 삼차원 레이놀즈평균 나비에-스톡스 방정식(RANS)을 사용하여 연구를 진행하였다. 팁에서의 스윙이 없는 모델을 기준으로 전/후향의 방향으로 스윙 변화량을 주어 공력 성능을 설계 및 탈설계 회전속도에서 분석하였다. 그 결과 다단 천음속 축류펌프에서 전향의 스윙을 사용했을 때 설계 회전속도에서 운전 영역과 단열 효율이 증가함을 확인하였다. 또한, 탈설계 회전속도에서 스윙의 영향으로 인해 전향의 스윙을 사용한 축류펌프의 운전 영역이 증가된 반면, 후향의 스윙을 사용한 축류펌프는 운전 영역이 감소된다는 사실을 확인하였다.

김준희 등⁽⁴⁾은 가스터빈의 터빈 블레이드 냉각을 위한 확장된 입구부를 가지는 수렴형 막냉각 홀을 제시하고 삼차원 RANS 방정식을 사용하여 막냉각효율에 대한 막냉각홀 형상 변수(입구부의 유동방향 확장각, 측면방향 확장각, 출구부 원통형 홀의 길이 및 홀 직경비)의 영향을 알아보기 위한 매개변수 연구를 수행하였다. 원통형 막냉각 홀과 수렴형 막냉각 홀을 비교 분석하였고, 그 결과 수렴형 막냉각 홀의 경우 막냉각 성능에 부정적인 영향을 끼치는 제트 효과가 감소하여 막냉각 성능이 향상됨을 확인하였다. 아울러 세 가지 형상 변수 모두 막냉각효율에 민감한 영향을 끼치며 입구부의 유동방향과 측면방향 확장각이 증가할수록 홀 내부에서 생성되는 와류의 크기가 감소하고, 출구부 원통형 홀의 길이가 감소할수록 홀 내부 와류의 위치가 홀 중심에서 열전달 면에 가까운 홀 하부로 이동하는 것을 확인하였다.

송인엽 등⁽⁵⁾은 초음속 분리기의 선회 성능과 효율적인 열적 영향 및 선회유동을 형성하는 정익 형상을 설계하기 위해 총 7가지 블레이드 형상에 대해 상용 CFD 프로그램인 ANSYS CFX[®]의 *k-ε* 모델을 이용하여 분석하였다. 분석 결

* 인하대학교 기계공학과(Department of Mechanical Engineering, Inha University)
E-mail : hcju@inha.ac.kr

과 모든 경우에서 압력손실은 그 차이가 뚜렷하지 않았으며 회전 강도는 일반적인 초음속 분리기 목에서의 회전 강도인 10~20%의 값이 나타남을 확인하였다. 여러 익형 중 NACA1408 형상은 회전 강도가 0.19367로 다른 익형에 비해 높고, 그만큼 더 큰 원심력을 생성하여 분리를 효과적으로 수행할 수 있기 때문에 초음속 분리기의 익형으로 적합하다는 결론을 도출하였다.

정희성 등⁽⁶⁾은 전산유체해석을 통하여 계류시스템이 부유식 파력발전장치에 미치는 영향에 대해 연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 상용 CFD 프로그램인 ANSYS CFX[®] 14.0와 Star CCM+를 사용하여 파장과 파력발전장치 길이의 비에 따른 pitch angle값의 변화를 확인하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 단일 계류시스템의 경우 pitch angle의 값은 최대 $\pm 20.1^\circ$ 이고, 계류선이 증가하더라도 파력발전장치의 거동이 방해요소로 작용하지 않고 단일 계류를 적용시의 파력발전장치의 해석 값과 큰 차이를 보이지 않음을 확인하였다.

강홍구 등⁽⁷⁾은 전산유체해석을 통하여 OWC형 파력발전시스템의 cross-flow 공기터빈에 대한 연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 ANSYS CFX[®] 14.0을 사용하여 다양한 유량 범위와 블레이드의 회전속도에 따른 터빈 성능과 orifice plate가 터빈의 댐핑효과를 대신할 수 있는지에 대한 연구를 수행하였으며, 해석 결과의 타당성을 입증하기 위해 실험 결과와의 비교를 통해 검증하였다. 해석 결과 12 m/s의 공기속도와 48 rpm의 블레이드 회전속도에서 58.7%의 터빈 최고 성능을 보였고, 0.3D orifice로 터빈의 댐핑효과를 대체할 수 있을 것으로 분석하였다.

References

- (1) Sun, X., Sin, M. S., Lee, W. Y., Om, A. S. and Yoon, J. Y., 2017, "A Numerical Simulation Study on the Shape of the Rotor in Hydraulic Cavitation Heat Generator," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 20, No. 2, pp. 75~81.
- (2) Song, Y. J., Lee, J. G. and Kim, Y. J., 2017, "Effects of Blade Configuration on the Performance of Induced Gas Flotation Machine," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 20, No. 2, pp. 41~46.
- (3) Ma, S. B., Kim, K. Y., Lee, W. S., Choi, J. H. and Kim, Y. R., 2017, "Effect of Blade Sweep on Aerodynamic Performance of A Multi-Stage Transonic Axial Fan," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 20, No. 3, pp. 42~48.
- (4) Kim, J. H. and Kim, K. Y., 2017, "Performance Analysis of a Film-cooling Hole with Converged Inlet Shape," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 20, No. 3, pp. 63~71.
- (5) Song, I. Y., Li, C. T., and Kim, Y. J., 2017, "Effects of Blade Configuration on the Thermal-Flow Characteristics of a Supersonic Separator," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 20, No. 3, pp. 49~53.
- (6) Jeong, H. S., Kim, B. H. and Lee, Y. H., 2017, "A Study on the Mooring System for Floating Wave Energy Converter using Numerical Analysis," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 20, No. 3, pp. 5~10.
- (7) Kang, H. G., Kim, B. H. and Lee, Y. H., 2017, "A Performance Study of a Cross-flow Air Turbine Utilizing an Orifice for OWC WEC," The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 20, No. 3, pp. 54~62.