

2016년 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 나날이 발전하고 있다. 본 특집은 2016년도 한국유체기계학회에서 발표된 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회의 논문 중 CFD 분야에 속한 논문 7편의 연구내용을 요약하여 소개하고자 한다.

2. CFD 분야

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

오영택 등⁽¹⁾은 헬리컬 노즐의 피치각에 따른 볼텍스 튜브의 성능특성을 비교하고 유동특성 분석을 위해 상용 전산해석 프로그램인 Ansys Fluent 13.0을 사용하여 연구를 수행하였다. 여러 피치각 및 저온 출구부 유량비에 대한 스윙 속도, 축방향 속도 및 에너지 분리 성능을 분석한 결과, 저온 출구부로 향하는 축방향 속도 최대점과 스윙 속도 최대점의 변화가 가장 크게 나타나는 피치각이 볼텍스 튜브의 에너지 분리 성능이 가장 높게 나타나는 피치각과 일치함을 관찰하였고, 이를 통하여 두 최대점의 변화가 에너지 분리 성능을 예측하기 위한 인자임을 확인하였다. 또한, 저온 출구부 유량비의 변화에 따라 에너지 분리 성능이 최대가 되는 피치각이 달라지며, 특히 유량비가 0.7인 지점에서는 피치각이 증가할수록 에너지 분리 성능이 떨어진다는 것을 확인하였다.

김준형 등⁽²⁾은 국내 전동차에 적용되는 일반적인 형식의 Blow-down HVAC 덕트 시스템의 유동 균일도 향상을 위해 상용 전산해석 프로그램인 Ansys Fluent 15에서 유동 해석을 위한 RANS 방정식과 난류 특성 모사를 위한 $k-\epsilon$ 난류모델을 적용하여 설계 최적화 작업을 수행하였다. 이와 같은 수치 해석과 수치 최적화를 접목시킨 최적 설계 기법을 도입하여 기본 모델에 비해 약 9% 향상된 유동 균일도 성능을 나

타내는 최적화 모델을 산출하였으며, 연구 수행 시 도입된 최적 설계 기법의 효율성 및 신뢰성을 입증하였다.

김노형은⁽³⁾ 확대관의 길이 350 mm, 흡입관의 길이 230 mm인 이젝터에서 구동관로의 최적 직경비와 구동관로 끝단의 최적 위치를 얻기 위해 상용코드 프로그램인 STAR-CD에서 밀도 997.561 kg/m³, 점성계수 0.00887 N·s/m²의 특성을 갖는 작동유체에, $k-\epsilon$ 난류모델 및 유한체적법을 적용하여 CFD 해석을 수행하였다. 그 결과로 확대관에 대한 구동관로의 직경비가 1:3이고, 구동관로의 길이가 입구에서부터 흡입관 중앙까지의 길이의 1.33배일 경우에 가장 빠른 유속을 나타냄을 확인하였다. 이를 통해 해당 직경비와 해당 구동관로의 길이를 만족하는 구동관로 끝단의 위치가 이젝터의 최적의 조건이라는 결론을 도출하였다.

김대환 등⁽⁴⁾은 프로펠러 허브 형상의 변화에 따른 허브볼텍스 유동특성의 분석과, 추력의 감소와 캐비테이션 발생의 원인이 되는 허브 볼텍스를 약화시키는 방법의 도출을 목적으로 $k-\epsilon$ 난류모델을 적용하여 CFD 해석을 수행하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 프로펠러 후방에 프로펠러 보스 캡 핀(PBCF)을 설치할 경우 허브 볼텍스를 크게 약화시킬 수 있다는 사실을 확인하였고, 허브 볼텍스를 약화시키더라도 유동의 특성에 부합하게 설계되지 않을 경우 토크의 증가와 역방향 추력의 증가를 일으켜 효율을 감소시킨다는 사실을 확인하였다.

신도영 등⁽⁵⁾은 사용 후 핵연료의 저장 방법 중 하나인 건식저장시스템을 주제로, 자연대류 조건 하에 충전기체의 종류에 따른 영향성에 대하여 연구하였다. 이 연구에는 일반적인 공기, 질소, 헬륨, 아르곤이 사용되었으며, 상용코드 프로그램인 Ansys Fluent 17.0을 통해 해석하였다. 해석결과, 공기와 질소는 매우 유사한 경향을 보였으나 질소를 사용하는 것이 더욱 효율적인 것을 관찰하였고, 헬륨의 경우 낮은 열 전달 효율 및 높은 PCT를 보이면서 좋지 못한 성능을 나타냈으며, 아르곤은 큰 부력으로 가장 강력한 유동을 가졌지만 낮은 비열과 열 전도도로 인하여 네 가지 유체 중 가장 낮은 냉각효과를 보였다. 이를 통해 건식저장시스템에서의 충전기체로서 질소를 사용하는 것이 가장 효율적임을 확인하

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

었다.

이종철 등⁽⁶⁾은 작동유체로서 사용되는 화학약품 등의 위험물질이 주는 변화를 방지하기 위해 내면부에 불소계수지 PFA가 가공되어있는 PFA 라이닝 볼밸브(PFA lined ball valve)의 유량계수를 상용 CFD 프로그램인 ANSYS CFX v15를 이용하여 예측하였다. CFD 결과로 작동유체가 20°C 물인 경우, 수치해석적 방법으로 산출된 유량계수와 측정된 유량계수를 비교하였을 때, 5% 이내의 정밀도를 나타내었다. 실제 작동유체인 40°C, 36% HCl일 때 유량계수는 물과 비교하여 10% 이상 작은 것을 확인하였으며, 각 유체별 개폐 각도에 따른 유량계수를 계산한 결과 완전 열림 상태에서 밸브 개도가 조금만 더 닫히더라도 급격한 유량변화가 발생함을 확인하였다. 이러한 연구 결과는 밸브 선정 시 유량계수 측정에 사용되는 작동유체와 실제 PFA 라이닝 밸브가 이송해야 할 작동유체가 다르다는 점을 반영하여 과잉설계나 불안을 야기할 수 있는 인자들을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

김노형⁽⁷⁾은 분사펌프의 흡입관에 대해 최적의 각도를 찾고, 흡입관의 각도 변화에 따른 유동특성을 분석하기 위하여 상용코드인 STAR-CD version 3.2를 이용하여 해석을 진행하였다. 분사펌프 흡입관의 각도조건은 45°, 60°, 90°이고 유속조건이 1m/s일 때 흡입관의 각도가 커질수록 최대 속도벡터 값이 커지는 것을 확인하였으며, 난류운동 에너지는 흡입관의 각도가 작아지고 출구에 가까워질수록 감소하는 것을 확인하였다. 또한 난류 점도는 흡입관의 각도가 60°일 때 제

일 크며, 흡입관의 각도가 45°일 때 유량효율이 가장 높다는 것을 확인하였다.

References

- (1) 오영택, 김귀순, 2016, “헬리컬 노즐의 피치각에 따른 볼텍스 튜브의 성능특성에 관한 연구,” 한국유체기계학회 논문집, 제19권, 제1호, pp. 11~17.
- (2) 김준형, 노주현, 2016, “전동차용 Blow-Down HVAC 덕트 시스템의 유동 균일도 향상을 위한 수치적 연구,” 한국유체기계학회 논문집, 제19권, 제1호, pp. 18~23.
- (3) 김노형, 2016, “이젝터 구동관로의 직경비와 끝단의 위치 변화에 따른 유동특성,” 한국유체기계학회 논문집, 제19권, 제1호, pp. 45~51.
- (4) 김대한, 문영준, 2016, “수처리 교반기의 프로펠러 허브 볼텍스 제어,” 한국유체기계학회 논문집, 제19권, 제2호, pp. 11~15.
- (5) 신도영, 정의주, 전규동, 김성중, 2016, “CFD Analysis of Natural Convection Flow Characteristics of Various Gases in the Spent Fuel Dry Storage System,” 한국유체기계학회 논문집, 제19권, 제4호, pp. 19~28.
- (6) 전홍필, 이원섭, 김철수, 이종철, 2016, “CFD 해석방법을 이용한 PFA 라이닝 볼밸브의 유량계수 예측,” 한국유체기계학회 논문집, 제19권, 제4호, pp. 35~38.
- (7) 김노형, 2016, “분사펌프의 흡입관 각도 변화에 따른 유동특성,” 한국유체기계학회 논문집, 제19권, 제6호, pp. 61~67.