

2019년 CFD 분야 연구동향

박성군*

1. 서 론

자동차, 항공기, 플랜트, 터빈 등 산업 전반에서 전산유체 역학(Computational Fluid Dynamics, 이하 CFD)을 이용한 수치 해석 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 컴퓨터 성능의 개선 및 수치 기법의 발전과 함께 CFD 분야 역시 지속적으로 발전하였다. 다양한 분야의 전문가들이 CFD를 통해 산업의 다양한 문제를 진단하고 해결하는데 기여하였으며, 체계적인 설계변수 설정을 통해 설계의 최적화를 도출하였다. 본 특집을 통해 2019년도 한국유체기계학회에서 발표된 논문 중 CFD 분야에 속한 논문 10편의 연구내용을 정리하고 최근 연구 동향을 파악하고자 한다.

2. CFD 분야 연구 동향

강지윤 등(1)은 사이클론 분리기의 복통구조 및 원통부 형상의 면적 변화가 유동에 미치는 영향을 Ansys Fluent 17.1을 사용하여 수치적으로 분석하였다. 사이클론 분리기의 난류 모델은 swirl의 속도장을 예측할 수 있는 Reynolds Stress Model (RSM)을 사용하였으며, 준과도상태 기법을 사용하여 다상 유동 모델의 정상상태 해석 시 발생하는 수치적 불안정성을 완화하였다. 사이클론 분리기에 유입되는 유체가 복통 구조로 인해 두 파트로 분할되는 과정에서 유동은 회전력을 상실하게 되고 이로 인해 분리 성능이 저하되는 현상을 확인하였다. 이를 해결하기 위해 원통부 직경 및 길이를 조절하여 유속을 증가시켜서 분리 효율을 향상시킬 수 있다는 결론을 도출하였다.

강우제 등(2)은 팬 모터의 냉각에 대한 전산해석을 통해 팬의 공기 역학적 특성 및 유동이 모터의 냉각에 미치는 영향을 분석하였다. Reynolds-averaged Navier-Stokes (RANS) 방정식을 풀어 정상상태 유동을 해석하였으며, 난류 모델은 경계층이 있는 유동에서 벽면 열전달 예측에 효과적인 SST k-omega (Shear Stress Transport k-omega) 모델을 사용하였다. 전산 해석을 통해 최적화 된 형상을 도출하였으며, 모터의 평균 표면온도 및 최대 온도 값이 각각 2.91K,

17.47K 감소하였다. 팬의 소모동력 차이는 0.1% 내외임을 감안할 때, 본 연구에서 도출한 최적화된 형상의 성능이 기존 모델보다 우수하다는 결론을 도출하였다.

김학선 등(3)은 Ansys CFX 17.1을 이용하여 유입구와 오리피스관 직경비 및 방출구 개수가 가스계 다공성 소화노즐의 성능에 미치는 영향을 수치적으로 분석하였으며, 높은 효율을 갖는 형상을 도출하였다. 유입구 직경비와 방출구 개수가 서로 다른 9개의 해석모델을 설립하였으며, 비정상상태 해석을 수행하였다. 난류모델은 벽면 근처 유동 모사에 장점을 보이는 SST (Shear Stress Transport)를 사용하였다. 직경비 증가와 방출구 개수가 감소함에 따라 작동유체의 방출 속도는 증가하였으며, 유동영역 내의 이산화탄소 체적분율이 증가한다는 결론을 도출하였다.

진정민 등(4)은 에어로졸 탐지를 위해 외장유동 노즐의 분사각이 에어로졸 입자의 집속효율에 미치는 영향을 수치적으로 분석하였으며, Ansys CFX 18.1의 반응면 최적설계 기법 (Response Surface Method, RSM) 기능을 사용하여 최적화된 형상을 도출하였다. 난류 모델은 k-omega 난류 모델과 k-epsilon 난류 모델의 장점을 결합한 k-omega SST(Shear Stress Transport) 모델을 사용하였다. 내부 노즐의 분사각이 감소할수록 에어로졸 입자의 속도는 더욱 증가하였고, 이에 따라 집속 효율이 향상되는 결과를 도출하였다. 또한 외부 노즐의 분사각 감소는 외장 유체의 속도를 증가시켜 입자의 집속 효율이 향상되는 경향을 나타내었다.

김요환 등(5)은 Ansys Fluent 18.1을 사용하여 가스계 소화 노즐 내부 다중경벽의 방출구 직경이 방출 소음에 미치는 영향을 수치적으로 분석하였다. 전산공력음향해석의 경우 유동해석의 결과를 기반으로 수행하는데, 유동의 고차-고해상도의 수치기법을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 LES (Large Eddy Simulation)를 이용하여 유동 해석을 진행하고, Lighthill의 음향상사식을 풀어 공력음향해석을 수행하였다. 일정한 압력 조건에 대해 배플의 지름에 따라 유량이 변하며, 배플로 구성된 공실은 소화약제가 통과할 때, 압력을 감소시키는 역할을 한다. 이는 소화약제 방출시 충격 소음을 낮추는데 큰 역할을 하게 된다. 본 연구에서 도출한 최

* 서울과학기술대학교 기계자동차공학과
E-mail : psg@seoultech.ac.kr

적화 형상에 대해 평균소음도가 기준 모델에 비해 약 17% 감소한다는 사실을 확인하였다.

박재현 등⁽⁶⁾은 passive type 컨테이너의 내기 자연대류, 외기 자연대류 및 강제대류, 컨테이너 자체의 열전도를 모두 고려하여 열전달 해석을 수행하였다. 복합열전달 해석을 통해 컨테이너의 열전달 특성을 파악하고, 컨테이너의 손실 열량을 계산하는 것이 주된 목표이다. 수치 계산을 위해 Ansys Fluent를 사용하였으며, 난류 모델은 Realizable k-epsilon 모델을 도입하였다. 실제 작동 환경에서 컨테이너 열 손실량을 계산한 결과, 외기 속도가 25m/s이고 내부 온도가 -20°C 인 경우 8월중 최대 열손실량을 보일 것으로 보이며, 값은 약 324W 일 것으로 예측된다. 본 연구를 통해 Active type 스마트 고단열 컨테이너의 공조장치의 재원 설계를 위한 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

김요환 등⁽⁷⁾은 전산 유체 역학을 이용하여 가스계 소화설비의 배기소음을 분석하였다. Ansys Fluent 18.1을 사용하였으며, RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes Simulation) 방법과 LES (Large Eddy Simulation) 방법을 각각 적용 및 비교하여 유동 및 소음 특성을 분석하였다. RANS 모델의 경우 와류 구조 형태가 LES 방법에 비해 뭉뚱하며 정확하게 묘사되지 못하는 부분이 존재하는 것을 확인하였다. 또한 LES 모델이 난류를 더 세분화하여 넓은 영역에 분포한 것을 확인하였으며, 헬리시티(helicity) 값이 실제 RANS에 비해 약 1.6배 정도 크게 측정되었다. 소음에너지 시뮬레이션 결과에서도 LES 모델과 실제 실험 데이터의 오차는 약 1.8%의 오차를 보이지만 RANS 모델의 경우 약 21.8%의 오차가 발생하였다. 이는 LES 모델에 비해 RANS 모델이 난류 섭동을 정밀하게 묘사하지 못하기 때문이며, 이를 통해 고해상도 주파수영역의 소음에너지 분석을 위해서는 LES 모델이 더 적합하다는 결론을 도출하였다.

김근배 등⁽⁸⁾은 벤츄리관을 결합한 제트믹서를 저장 탱크에 설치했을 때 유동 특성을 분석하고, 벤츄리관 형상 변화에 따른 교반 성능 평가를 통해 제트믹서의 설계 방향을 제시하였다. 유동 해석을 위해 Ansys CFX 15.0을 사용하였으며, 난류 모델은 Standard k-epsilon 모델을 도입하였다. 벤츄리관이 결합된 제트믹서의 경우 음압이 일반적인 제트믹서에서 발견되는 음압에 비해 더 넓은 영역에서 확인되었으며, 압력차이로 인해 주변의 유체가 벤츄리관 내부로 유입되어 혼합 성능이 향상되는 결과를 확인하였다. 또한 벤츄리관 단면적 비가 커질수록 유량 흡입비율이 커지고, 제트믹서 노즐-벤츄리관 거리가 짧아질수록 혼합 성능이 향상되는 경향을 도출하였다.

문지호 등⁽⁹⁾은 일반적으로 사용되는 날개 모델인 Onera M6에 대해 시뮬레이션을 수행하였으며, 양력 팬이 장착되지 않은 날개와 양력 팬이 장착된 날개 각각에 대해 자유 흐름 속도와 받음각이 유동 특성과 날개 상하단의 압력차에 미치

는 영향을 분석하였다. 시뮬레이션을 위해 Ansys Fluent 19를 사용하였고 난류 모델은 realizable k-epsilon를 도입하였다. 양력 팬을 장착한 모델의 경우 3, 6, 9 m/s에서 수직 이차류 기능이 향상되었으며, 양력 계수 값은 각각 14%, 4%, 3% 증가하였다. 즉, 이륙 공간이 충분하지 않으며 동시에 저속 비행 조건을 충족해야 하는 환경에서 양력 팬이 장착된 Onera M6 모델을 통해 성능을 향상시킬 수 있다는 결론을 도출하였다.

김노형⁽¹⁰⁾은 전산 유체 해석을 통해 산업 현장에서 실제로 사용 중인 원심펌프 모델(EHC-50B)의 유동 특성을 분석하고자 하였다. 원심 펌프 모델링은 CATIA V5에서 수행하였으며, 형상을 ADINA 9.0 으로 수입해 해석을 진행하였다. 난류 모델은 k-epsilon 모델을 도입하였고, SIMPLE 알고리즘을 사용하였다. 임펠러 출구압력은 임펠러 높이 차이에 대해서는 거의 변화가 없었으며, 회전 방향의 출구압력은 감소하다가 증가하는 현상을 확인하였다. 임펠러 입구 영역의 압력은 압력면에서는 약한 양의 압력 값을 보였으며, 부압면에서는 강한 음압의 영역이 발생하였다. 본 해석 결과는 임펠러 출구압력의 편중 현상을 개선하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

3. 결 론

2019년도 CFD 분야에 발간된 논문은 총 10편으로 전년도(2017, 2018년도 각각 7편)에 비해 증가하는 추세를 보였다. 소화 노즐의 방출 특성 및 배기 소음과 관련된 논문 3편을 포함하여 사이클론 분리기, 팬, 원심펌프, 컨테이너, 벤츄리관, 무인기 등 다양한 분야에서 다양한 모델을 이용하여 해석이 수행되었으며, 결과들을 바탕으로 각 분야의 최적 설계를 도출하는데 기여하였다.

References

- (1) 강지운, 진정민, 김윤제, 2019, “복통 사이클론 분리기를 이용한 다상유체의 분리효율 향상연구” 한국유체기계학회 논문집, 제22권, 제 1호, pp13~18.
- (2) 강우제, 이현규, 이정수, 조진수, 2019, “축류 팬 허브의 홀 형상 최적화를 통한 모터 열 해석 및 유동 특성에 대한 수치해석적 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제22권, 제1호, pp. 19~26.
- (3) 김학선, 노고섭, 황인주, 김윤제, 2019, “가스계 다공성 소화 노즐의 방출 특성 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제22권 제1호, pp. 35~40.
- (4) 진정민, 이진우, 강민성, 강현철, 김윤제, 2019, “외장유동 노즐 형상이 에어로졸 입자 집속효율에 미치는 영향”, 한국유체기계학회 논문집, 제22권, 제4호, pp. 13~18.
- (5) 김요환, 유한술, 김상원, 김윤제, 2019, “소화 노즐 내부 다

- 중격벽의 방출구 직경이 방출소음에 미치는 영향”, 한국유체기계학회 논문집, 제22권, 제4호, pp. 29~36.
- (6) 박재현, 윤준석, 송정연, 신흥철, 이영호, 김성민, 2019, “진공 단열재를 적용한 컨테이너의 단열성능 평가에 대한 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제22권, 제5호, pp. 13~20.
- (7) 김요환, 유한솔, 이재성, 김윤제, 2019, “난류처리기법에 따른 소화노즐 배기소음 예측연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제22권, 제5호, pp. 28~34.
- (8) 김근배, 마상범, 김광용, 2019, “벤츄리관 형상이 제트 믹서의 성능에 미치는 영향”, 한국유체기계학회 논문집, 제22권, 제6호, pp. 14~21.
- (9) 문지호, 이현규, 조진수, 2019, “Fan - in - Wing UAV 유동특성 연구”, 한국유체기계학회 논문집, 제22권, 제6호, pp. 22~29.
- (10) 김노형, 2019, “원심펌프 내부의 유동특성 해석”, 한국유체기계학회 논문집, 제22권, 제6호, pp. 56~61.