

2021년 압축기 분야 연구동향

서정민*

1. 서 론

2021년 한 해 동안 한국유체기계학회 논문집과 한국유체기계학회 하계 및 동계 학술대회의 논문 중 압축기 분야를 통해 발표된 논문의 연구내용을 요약하여 소개한다. 한국유체기계학회 논문집에는 단 1편의 논문만이 발표되었고, 한국유체기계학회 하계 및 동계 학술대회에서 압축기 관련하여 15편의 논문이 발표되었다. 2017년도에 15편, 2018년도에 18편으로 발표되던 논문수가 2019년도 및 2020년도에 각각 6편으로 크게 급감한 이후 2021년도에는 다시 예전 수준과 유사하게 논문집에 1편, 학술대회에 15편, 총 16편의 논문이 발표되었다.

본 연감에서는 2021년도 한국유체기계학회 논문집 과 한국유체기계학회 하계 및 동계 학술대회에서 발표된 논문 16 편을 압축기의 구동형식에 따라 원심압축기, 축류압축기 및 기타로 구분하여 소개한다.

2. 원심압축기

원심압축기는 2017년도에 13편, 2018년도에 11편의 논문 이 발표되었고, 2019년도에는 총 3편의 논문이 발표되어 크 게 감소한 이후 2020년도에는 5편으로 소폭 증가한 후 2021 년도에는 예전과 유사한 10편의 논문이 발표되었다.

홍성빈 등^(1,2)은 원심압축기 임펠러의 유동 해석 및 와류 가시화 기법을 통해 임펠러 내부 와류 구조를 가시화하여 유 량 변화에 따른 와류 구조 거동을 분석하였고, 실험을 통해 해석 결과와 비교 검증하였다. 추가 연구로 와류 가시화 기 법을 이용한 설계 최적화를 통해 설계점 성능을 향상시키는 결과를 제시하였다.

홍성운 등⁽³⁾, 박세진 등⁽⁴⁾, 주원구⁽⁵⁾ 및 하윤석 등⁽⁶⁾은 1,500HP급 터보 공기압축기 가변속 개보수 효율 향상 기술 개발 및 실증 과제에 관련된 연구 결과를 제시하였다. 노후 화된 1,500HP급 3단 터보 공기압축기를 개보수 전과 효율 향상 기술을 적용한 개보수 후의 효율을 비교하는 연구로 실 증 평가에 대한 계획, 터보압축기 성능해석, 압축기 실 누설

유량 해석, 가변 공기 압축기 가상 현실화 시스템 모델링 등 에 대한 진행 중인 연구 내용을 소개하였다.

강영석 등⁽⁷⁾은 마이크로 가스터빈 엔진에 적용되는 원심 압축기의 공력성능 및 설계특성을 터보차저 압축기와 비교 하였고, 이를 통한 마이크로 가스터빈 압축기의 설계를 진행 하고 3D CFD를 통해 압축기 내부 유동장을 분석하는 연구 내용을 소개하였다. 이를 통해 후연각 조정을 통한 설계 요 구 압력비 달성, 기하학적 제한 조건에 대응한 썩기-에어포 일 형상 디퓨저, 입구의 충격파, 출구의 임펠러-디퓨저 매칭 등을 고려한 설계와 분석된 결과를 제시하였다.

손용진 등⁽⁸⁾은 R718 냉매를 작동유체로 사용하는 원심식 압축기를 대상으로 디퓨저의 종류에 따른 유동 현상 및 성능 특성을 수치해석을 통한 연구 결과를 소개하였다. 베인 디퓨 저와 베인리스 디퓨저 간의 유량에 따른 압력비와 디퓨저 내 부의 압력 손실 분포 및 유동 박리 현상에 대해 분석하였다.

김경수⁽⁹⁾는 티앤이 코리아에서 개발 중이거나 개발된 수 소연료전지용 공기 압축기 제품군들에 대해 소개하였다. 특 히 수소자동차 및 수소발전에 사용되는 공기 압축기의 사양, 구조, 특징 등에 대해 발표하였다.

서정민 등⁽¹⁰⁾은 수소액화 파일럿 플랜트의 He Brayton cycle에 적용되는 터보 팽창기의 출력을 소모시키기 위한 브 레이크 압축기 개발에 관해 소개하였다. 압축기의 설계 사양 선정, 관유동 손실에 대한 고려, 설계 진행 과정 등에 대해 간략히 소개하였다.

3. 축류압축기

축류압축기에 관해서는 2017년도에 1편의 논문이 발표된 이후 2018년도에 5편, 2019년도에 2편으로 발표 논문 수가 다소 증가하다가 2020년도에는 다시 1편으로 감소한 후 2021년도에는 증가하여 5편의 논문이 발표되었다.

박근성 등⁽¹¹⁾은 천음속 터보팬 정익의 적층 곡선 변화가 터 보팬 내부의 유동 현상에 미치는 영향에 관한 수치해석적 연 구를 수행하였다. 정익의 쉬라우드 근처 적층 곡선 형상에 변화를 주어 터보팬 스테이지의 공력 성능 및 정익 블레이드

* 한국기계연구원 에너지기계연구본부 (Energy Systems Research Division, Korea Institute of Machinery & Materials)
E-mail : jmseo@kimm.re.kr

주변의 유동 현상을 비정상 해석을 통해 분석하였다. ASYS CFX를 이용하고, 회전계와 정지계의 경계를 TBR(Transient Blade Row) - TT(Time Transformation) 기법을 적용하였다. 음의 피치 방향으로 변화시킨 정익은 스톨 근처에서 유동 박리를 지연시켜, 이로 인한 전효율이 향상되는 연구 결과를 도출하였다.

브영티엔응 등⁽¹²⁾은 천음속 축류압축기의 운전 안정성 향상을 위한 재순환-그루브 복합 케이싱 트리트먼트에 대한 연구를 수행하였다. 1단 천음속 축류압축기인 NASA Stage 37을 대상으로 경사진 슬롯을 적용하여 효율과 압력비에 대해 큰 손실 없이 스톨 마진을 향상시킨 결과를 제시하였다.

임병준 등⁽¹³⁾은 천음속 축류 팬의 스톨 발달에 대한 시험 연구를 발표하였다. 시험에서 고정된 회전수에서 가변출구 안내익의 개도를 조절하여 유량을 감소시켜 불안정성 유동 현상이 나타나도록 하였다. 동익 입구에 설치된 8개의 센서에서 측정된 정압력을 통해 스톨 발달 과정을 파악하였다. 시험 결과로 스톨 주파수를 측정하고 스톨 셀의 발달 과정에 대해 분석하였다.

서준혁 등⁽¹⁴⁾은 항공용 가스터빈에 적용되는 천음속 축류 압축기에서 서지 마진 개선에 대한 연구를 수행하였다. 엔진 중량 저감을 위해 가변입구가이드 베인(VIGV)나 가변가이드 베인(VGV)을 적용하지 않고 저회전수 스톨 발생을 줄이기 위한 설계 개선 활동에 대해 소개하였다. 특히 단별 유동입사각이 재분포 되도록 설계를 수정하고 3D CFD를 통해 개선 효과를 확인하였다.

최민석⁽¹⁵⁾은 기존 수행된 여러 압축기에 대한 연구를 통해 도출된 결과를 종합하여, 저 레이놀즈수가 압축기 성능과 유동에 미치는 영향에 대해 요약하고 고찰하는 연구를 수행하였다. 축류압축기의 경우 레이놀즈 수 250,000 이하에서, 원심압축기의 경우 레이놀즈 수 200,000 이하에서 성능이 급격히 감소한다는 결과를 도출하였다. 이는 레이놀즈 수 감소에 따른 경계층 두께의 증가로 마찰 손실이 증가하기 때문이며, 레이놀즈 수 감소는 익단 누설 유동 및 충격파에 의한 손실은 감소하며, 동익-정익 또는 임펠러-디퓨저에서의 비정상 상호작용의 강도는 약해진다는 결과를 제시하였다.

4. 기 타

남현수 등⁽¹⁶⁾은 모델링식을 사용하여 수소 가압에 따른 전기화학식 수소 압축기와 기계식 압축기의 수소 생산 질량당 에너지 소비량을 비교하는 연구 결과를 제시하였다. 전기화학식 수소 압축기는 전류밀도나 셀온도가 증가할수록 수소 질량당 에너지 소모량이 증가하며, 특정 압력 이상에서 전기화학식 수소 압축기가 기계식 압축기에 비해 에너지 소비량 측면에서 우수하다는 결과를 도출하였다.

5. 결 론

2021년 한 해 동안 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 하계 및 동계 학술대회를 통해 발표된 논문을 중심으로 압축기 분야의 연구동향을 간단히 정리하였다. 압축기 분야에서 연구 동향에 대해 서술한다면 15편의 논문이 발표된 2017년과 18편의 논문이 발표된 2018년 이후 6편의 논문이 발표된 2019년 및 2020년 압축기 분야 학술발표가 다소 위축되었으나, 2021년도에는 16편의 학술발표로 예전 수준으로 회복되었다.

압축기 연구 내용의 특징을 살펴보면 2019년 및 2020년에는 초임계 이산화탄소 사이클용 압축기, 냉매 변경에 따른 상사모델 적용성 연구 등 기존의 발전용이나 산업용이 아닌 새로운 어플리케이션에 관한 연구의 비중이 커졌으나, 2021년에는 다시 공기 압축기에 대한 연구가 대부분을 차지하였다.

용적형 압축기에 대한 논문은 2018년도 이후 단 한편도 발표되지 않았다.

References

- (1) Hong, S. B., Moon, H. G., and Jeong, J. H., 2021, "Numerical Study on Vortex Structures for a Centrifugal Compressor," Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting.
- (2) Hong, S. B., and Jeong, J. H., 2021, "Numerical Study on Vortical Flow Structures and Optimization for Centrifugal Compressor Impeller," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (3) Hong, S. W., Son, S. W., Son, D. K., and Lee, J. M., 2021, "Empirical experiment to validate the before and after performance of retrofit multi stage turbo compressor," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (4) Park, S. J., Jeong, H. C., Seo, J. M., Park, J. Y., Lim, H. S., Lim, Y. C., Yoon, E. S., Choi, B. S., Park, M. R., and Hwang, S. C., 2021, "Numerical simulation and geometry modeling and for performance analysis of commercial 1,500 hp multi-stage turbo-compressor," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (5) Joo, W. G., 2021, "Development and demonstration of retrofit and repair efficiency improvement technology for 1500HP class turbo air compressor with variable speed," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (6) Ha, Y. S., Kim, J. W., and Lee, Y. B., 2021, "A Study on Modeling a Variable Air Compressor Cyber-Physical System and Network Data Interworking," Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting.
- (7) Kang, Y.-S., and Huh, J. S., 2021, "Aerodynamic

- Performance Characteristics of MGT Compressors,” The KSFJ Journal of Fluid Machinery, Vol. 24, No. 6, pp. 47~55.
- (8) Son, Y. J., Yang, H. M., Lee, K. Y., Yoon, J. Y., and Choi, Y. S., 2021, “Performance Prediction of Centrifugal Compressor Diffuser for R718 Refrigerant,” Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
- (9) Kim, K. S., 2021, “Introduction of TNE Korea,” Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
- (10) Seo, J. M., Lim, H. S., Jeong, H. C., Park, J. Y., Kim, S. W., Lim, Y. C., Bang, J. S., Hwang, S. C., Park, M. R., Choi, B. S., and Yoon, E. S., 2021, “Development of Brake Compressor for Cryogenic Turbo Expander,” Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
- (11) Park, K. S., Ali, Z., Lee, B. J., and Chung, J. T., 2021, “Numerical Study on the Effect of the Stacking Curve Variation of the Stator Blade on the Flow Characteristics in a Transonic Turbofan,” Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (12) Vuong, T. D., and Kim, K. Y., 2021, “Effect of Oblique Inclined Slots on the Performance of a Transonic Axial Compressor,” Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.
- (13) Lim, B. J., Park, T. C., Choi, Y. H., and Choi, J. H., 2021, “Experimental Study of Stall Inception in a Transonic Axial Fan,” Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
- (14) Seo, J. H., Park, J. H., Kim, S. M., and Choi, J. H., 2021, “Surge Margin Improvement of an Axial Compressor Through 3D Airfoil Design,” Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
- (15) Choi, M. S., 2021, “A Review for Effects of Low Reynolds Numbers on Performance and Flow in Compressors,” Proceedings of the KSFJ 2021 Winter Annual Meeting.
- (16) Nam, H. S., Gong, M. K., Rhee, G. H., and Na, Y. S., 2021, “Comparison of energy consumption between an electrochemical hydrogen compressor and a mechanical compressor based on a hydrogen pressurization,” Proceedings of the KSFJ 2021 Summer Annual Meeting.