

2013년 압축기 분야 연구동향

서정민*

1. 서 론

2013년 한 해 동안 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회의 논문 중 압축기 분야를 통해 발표된 연구내용을 요약하여 소개하고자 한다. 한국유체기계학회 논문집에 총 3편의 논문이 발표되었고 한국유체기계학회 학술대회에서 압축기 분야로 14편, 냉동기용 터보냉매압축기 분야로 5편의 논문이 발표되었다.

2012년도의 경우 논문집에 8편, 학술대회에 18편으로 총 26편의 논문이 발표되었으나, 2013년도의 경우 22편으로 발표된 논문의 수가 감소하였다. 하지만 2012년도의 경우 원심압축기 9편, 축류압축기 17편으로, 터보형 압축기에 대한 논문만 발표되었다. 하지만 2013년도의 경우 용적형 압축기가 5편 발표되는 등 압축기 분야의 다양성 측면이 확대되었다.

본 연감에서는 2013년도 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회에서 발표된 논문 22편을 압축기의 구동형식에 따라 터보형 압축기와 용적형 압축기로 구분하여 소개한다.

2. 터보형 압축기

터보형 압축기는 크게 원심압축기와 축류압축기로 구분할 수 있으며, 2013년도에 원심 압축기 11편, 축류 압축기 4편으로 총 15편의 터보형 압축기 논문이 발표되었다.

2.1 원심 압축기

원심압축기에 대해 총 11편의 논문이 발표되었고, 그 중 6편은 냉매용 원심압축기 분야로 나머지 5편은 일반 원심압축기 분야로 발표되었다.

조용훈⁽¹⁾은 국책과제로 진행하고 있는 빙축열용 중형 터보냉매 압축기 및 냉동기의 연구개발 과제에 대하여 5차년도까지 진행된 결과인 냉동기의 냉동 성능 시험 결과와 소음 및 진동 측정 결과를 발표하였고 향후 계획을 소개하였다. 이와 관련하여 박주훈 등⁽²⁾은 600 usRT급 COP 4.5 빙축열 시스템에서 R-134A 냉매를 사용하는 2단 원심압축기에 대해 임펠러 cut-off에 따른 공력 성능예측에 대한 전산해석적 연구를 수행하였다. 황준현⁽³⁾은 국책과제로 진행하고 있는 무급유 직결구동 소형 터보냉매 압축기의 상용기술 개발과제에 대하여 5차년도까지 진행된 결과인 주요 구성품의 성능시험 및 신뢰성 평가 결과를 소개하였다. 이와 관련하여 김성규 등⁽⁴⁾은 R-134A 냉매를 사용하는 200 RT급 냉매압축기의 최적냉각을 위한 냉각유로 해석 결과를 발표하였고, 박철훈 등⁽⁵⁾은 200 RT급의 터보냉매 압축기의 자기베어링 설계와 축계의 회전체 동역학 결과를 소개하는 논문을 발표하였다. 김창희 등⁽⁶⁾은 400RT 터보냉동기용 원심압축기를 대상으로 임펠러와 베인 디퓨저의 상호작용으로 인해 발생하는 비정상 압력장에 대한 전산해석적 연구에 대한 진행 내용을 발표하는 등 터보냉매 압축기 개발을 위한 다양한 분야의 연구 결과가 소개되었다.

공기용 원심압축기 또는 일반적인 원심압축기에 대한 논문은 5편이 발표되었다. 백승운 등⁽⁷⁾은 항공기에서 cockpit 및 전자장비 등의 냉동공조를 위해 사용되는 환경제어장치인 ECS에 사용되는 압축기 설계 및 CFD 성능해석에 대한 내용을 소개하였고 시험에 대한 계획을 제시하였다. 박정희 등⁽⁸⁾은 연료전자자동차용 공기압축기의 내구 성능 확보를 위해 모터 및 베어링 냉각 및 축하중 저감 구조를 고려한 냉각유로를 설계하였고 시험을 통해 측정된 압력 분포 데이터를 기준으로 임펠러 전/후면에 작용하는 하중과 베어링의 예상 수명을 산정하여 설계된 냉각유로를 평가하였다. 허연행 등⁽⁹⁾은 원심 압축기에 적용되는 베인 디퓨저의 성능 예측에 필요한 설계 변수 및 성능 예측 모델에 관한 연구를 수행하였다. 베인이 없는 디퓨저의 CFD 결과와 1D 성능 예측 프로그램을 비교하여 베인의 영향에 의한 속도 변화와 압력 변화를 예측하고 이를 바탕으로 베인 디퓨저의 성능 예측 프로그램을 완성하여 수치 해석 결과와 비교 검증하였다. 정요한 등⁽¹⁰⁾은 블레이드 후향각이 원심압축기의 성능과 유동에 미치는 영향에 대해 수치해석적 연구를 수행하였다. 후향각이 감소할수록 전압력비와 임펠러 일 계수가 증가하고 미끄럼 계수가 감소하며, 임펠러 출구에서 wake 영역과 유동 편차가 증가하여 비균일한 유동 분포를 가져, 디퓨저의 성능이 감소함을 알아내었다. 조수영 등⁽¹¹⁾은 원심압축기 임펠러 형상에 관한 최적설계에 대한 연구 논문을 발표하였다. 임펠러와 케이싱의 쉬라우드 형상을 변경하여 효율 및 압력비를 향

* 한국기계연구원 극한기계부품연구본부
E-mail : jmseo@kimm.re.kr

상시키는 연구를 수행하였다. 최적화 기법으로는 인공지능의 알고리즘을 적용하고 추가적으로 실험계획법과 PSO법을 혼합한 알고리즘을 사용하여 향상된 효율 및 압력비에 대한 결과를 소개하였다. 익단의 오목한 흡인 그루브의 축방향 위치 및 길이가 축류압축기의 성능 및 스톨 마진 변화를 분석하였다.

2.2 축류 압축기

축류압축기에 관해서는 총 4편의 논문이 발표되었다. 박태춘 등⁽¹²⁾은 한국항공우주연구원에서 자체 개발한 천음속 다단 축류압축기의 공력 특성에 대한 실험적 연구를 수행하였다. 설계 회전수에서 유량에 대한 압력비 및 효율의 성능 곡선을 도출하고, 압축기 내부의 상세 유동도 계속하여 수치 해석 결과와 비교하였다. 임병준 등⁽¹³⁾은 1단 저압 천음속 축류압축기에서 작동점이 스톨 영역으로 접근함에 따라 동익 팁에서 측정된 비정상 압력 신호의 불균일성이 증가하는 현상의 원인과 자기상관 함수를 사용한 스톨 경고 방법을 적용한 결과를 소개하였다. 정영진 등⁽¹⁴⁾은 오목한 익단 형상이 축류 압축기 성능에 미치는 영향에 대한 연구를 소개하였다. 익단 그루브는 성능의 감소 없이 스톨 마진의 증대 효과를 나타냄을 확인하였다. 방제성 등⁽¹⁵⁾은 가스터빈 축류압축기의 블레이드 시제품의 타격 검사 시 블레이드와 고정 장치와의 결합정도가 고유진동수에 주는 영향도를 실험적으로 평가하였다. 2개의 로터 블레이드와 2개의 스테이터 블레이드를 평가하여 타격 검사 시 블레이드의 길이에 따라 고유진동수를 얻는데 정확도의 차이가 발생함을 확인하였다.

3. 용적형 압축기

용적형 압축기로는 왕복동 압축기, 로타리 압축기, 사판식 압축기, 스크류 압축기, 스크롤 압축기, 스윙 압축기들이 있는데, 2013년도 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회에서 로타리 압축기 1편, 스크류 압축기 3편, 스크롤 압축기 1편으로 총 5편의 용적형 압축기 논문이 발표되었다.

3.1 로타리 압축기

김학준 등⁽¹⁶⁾은 상업용 시스템 멀티 에어컨 시스템에 사용되는 로타리 압축기의 축압기 크기가 압축기 내 오일 유동 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 특히 오일 토출억제 실험을 수행하고 축압기 크기에 따라 압축기에서 토출되는 오일량을 측정하여 그를 통하여 오일순환율(OCR)을 비교, 분석하였다. 또한 실험 자료를 참고하여 CFD해석을 통한 최적화된 축압기 형상 설계 연구를 수행하였다.

3.2 스크류 압축기

스크류 압축기에 관하여 3편의 논문이 발표되었다. 변순석 등⁽¹⁷⁾은 스크류 압축기 내부에 체적변화에 따른 압축성 유동 CFD 모델을 구현하기 위해 계산시간 간격에 따라 공간 체적이 변형되는 동적격자기법(dynamic mesh)을 적용하여 스크류 압축기 내부 유동 특성 연구를 수행하였고, 토출구 주변 유동 영역의 압력분포 값을 기존의 계산값과 비교하여 해석기법의 타당성을 검증하였으며, 회전각 증가에 따라 토출구 부근에서 압력이 점차 증가함을 확인하였다. 조성욱 등⁽¹⁸⁾은 스크류 압축기에서 냉각유로의 최적 설계를 위해 이중 냉각유로의 분리벽 길이비와 두께비 변화에 따른 압력강하 및 Nu 수 변화와 같은 열유동 특성을 수치해석적으로 분석하였다. 김태운 등⁽¹⁹⁾은 에어엔드 형상변화에 따른 스크류 압축기 성능에 관한 실험적 연구를 수행하였다. 5×6조 로터 프로파일을 선택하여 에어엔드의 권선각과 형상비를 변경하여 이에 수반한 에어엔드의 토출부 형상을 설계한 3개의 스크류 압축기를 제작하였다. 실험을 통하여 에어엔드와 케이싱 사이 압축영역의 증감에 따른 토출공기량, 체적효율과 동력소비량을 측정 및 비교하였다.

3.3 스크롤 압축기

스크롤 압축기에 관하여 1편의 논문이 발표되었다. 윤종혁 등⁽²⁰⁾은 횡형 스크롤 압축기 내 오일 및 냉매의 거동을 예측하기 위해, Eulerian multiphase 기법을 이용하여 순환 경계조건을 적용한 2상 유동해석을 통해, 냉매와 오일의 혼합 및 분리에 대한 수치해석적 연구를 수행하였다.

4. 기타 압축기

기타 압축기로는 초임계 이산화탄소 브레이튼 사이클에 사용되는 압축기의 성능 실험에 관한 논문이 2편 발표되었다. 차재은 등⁽²¹⁾은 열입력 730kW에서 200kWe의 순출력을 생산하며, 초고 온도 및 압력이 550℃-20MPa인 브레이튼 사이클에 사용될 압축기의 성능시험루프 설계에 관한 논문을 발표하였다. 이제경 등⁽²²⁾은 초임계 이산화탄소 브레이튼 사이클에서 임계점 근처에서 급격한 물설치의 변화로 인하여 이상기체 가정을 기반으로 한 설계 방법론 및 해석 방법, 압축기의 성능 시험 결과의 불확실성에 대해 기술하였다. 특히 효율 계산의 불확실성, 압력비 계산의 불확실성에 대해 검토하였다.

5. 결 론

2013년 한 해 동안 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회의 논문을 중심으로 압축기 분야의 연구

동향을 간단히 정리하였다. 압축기 분야에서 연구의 특징을 서술한다면 전 해인 2012년에 비해 그 논문 수에 있어서는 다소 축소되었으나, 원심압축기 및 축류압축기와 같이 터보형 압축기 분야에 관한 논문만 발표된 2012년에 비해 2013년도에는 다양한 압축기 분야에 대한 논문들이 발표되었다. 향후에도 지속적으로 우수한 연구 결과들이 발표되기를 기대한다.

참고문헌

- (1) 조용훈, 2013, “빙축열용 중형 터보냉매 압축기 및 냉동기 기술 개발,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (2) 박주훈, 정진택, 신유환, 이윤표, 조용훈, 2013, “빙축열용 중형 터보 냉매압축기의 임펠러 Cut-off에 따른 성능예측,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (3) 황준현, 2013, “무급유 직결구동 소형 터보 냉매 압축기 상용 기술개발,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (4) 김성규, 주원구, 양손준, 황준현, 박준영, 윤의수, 2013, “200RT급 터보냉매압축기 냉각유로해석,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (5) 박철훈, 최상규, 2013, “200RT급 터보냉매압축기용 자기베어링 개발,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (6) 백승운, 조재필, 안성민, 권세진, 2013, “전투기 Cockpit용 ACM의 원심 압축기 설계,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (7) 박정희, 박용선, 김치명, 권혁률, 이창하, 2013, “공기압축기 내구성 향상을 위한 냉각유로 설계에 관한 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (8) 허연행, 이영환, 강신형, 2013, “원심 압축기 베인 디퓨저의 성능 예측 모델에 관한 수치해석적 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (9) 정요한, 백제현, 박준영, 최민석, 2013, “블레이드 후향각이 원심압축기의 성능과 유동에 미치는 영향,” 한국유체기계학회 논문집, 제16권, 제2호, pp.48~53.
- (10) 조수용, 이영덕, 안국영, 김영철, 2013, “원심압축기 최적 임펠러 형상설계에 관한 연구,” 한국유체기계학회 논문집, 제16권, 제1호, pp.11~16.
- (11) 김창희, 양장식, 손창민, 이호립, 박한영, 김규영, 황윤제, 정진희, 2013, “원심압축기의 비정상 유동 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (12) 박태춘, 강영석, 양수석, 2013, “천음속 3단 축류압축기의 유동 특성에 관한 실험적 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (13) 임병준, 박태춘, 강영석, 차봉준, 2013, “비정상 동익 팁 압력 신호를 이용한 천음속 축류 압축기 스톱 경고,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (14) 정영진, 김태곤, 최민석, 2013, “오목한 익단 형상이 축류 압축기 성능에 미치는 영향,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (15) 방제성, 선경호, 이안성, 김병욱, 변삼섭, 2013, “루트부의 경계조건에 따른 압축기 블레이드 고유진동수의 변화에 관한 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (16) 김학준, 김윤제, 2013, “축압기 최적화를 통한 인버터 로터리 압축기 내 오일 신뢰성 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (17) 변순석, 전진현, 이재영, 김윤제, 한유상, 2013, “무급유식 트윈 스크류 공기 압축기 유동 특성에 관한 수치적 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (18) 조성옥, 서현석, 김윤제, 손길원, 2013, “스크류 압축기 냉각유로 형상 변화가 열유동 특성에 미치는 영향,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (19) 김태윤, 이재영, 김윤제, 2013, “에어엔드 형상변화에 따른 스크류 압축기 성능에 관한 실험적 연구,” 한국유체기계학회 논문집, 제16권, 제1호, pp.5~10.
- (20) 윤중혁, 허남건, 김명균, 이규호, 2013, “횡형 스크롤 압축기 내 오일 및 냉매 거동에 관한 수치해석 연구,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (21) 차재은, 최화림, 장세정, 이제경, 이정익, 2013, “초임계 이산화탄소 브레이크 싸이클 압축기 성능시험루프,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집
- (22) 이제경, 이정익, 김성구, 2013, “초임계 이산화탄소 압축기 성능 실험의 불확실성 해석,” 2013 한국유체기계학회 학술대회 논문집