

2014년 압축기 분야 연구동향

서정민*

1. 서 론

2014년 한 해 동안 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회의 논문 중 압축기 분야를 통해 발표된 연구내용을 요약하여 소개한다. 한국유체기계학회 논문집에 총 3편의 논문이 발표되었고, 한국유체기계학회 학술대회에서 압축기 분야로 11편의 논문이 발표되었다.

2013년도의 경우 논문집에 3편, 학술대회에 19편, 총 22편의 논문이 발표된 2013년도에 비해, 논문 발표 수가 크게 감소하였다. 하지만 2013년도의 경우 한국유체기계학회 학술대회에서 특별세션으로 냉동기용 터보냉매압축기 분야에서 5편이 발표되어, 이를 제외하면 그 차이가 다소 줄어든다.

본 연감에서는 2014년도 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, 2014년도에는 원심압축기 7편, 축류압축기 4편으로 총 11편의 논문이 발표되었고, 원심압축기 11편, 축류압축기 4편으로 총 15편의 터보형 압축기 논문이 발표된 2013년도에 비해 논문 발표 수가 크게 줄어들었다. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 냉동기용 터보냉매압축기 분야 특별세션에서 발표된 원심압축기 5편의 논문을 제외하면 거의 유사한 수의 논문이 발표되었다.

2.1 원심압축기

원심압축기에 대해 총 7편의 논문이 발표되었다. 김홍원 등⁽¹⁾은 NOx 환경규제에 대비하여 선박용 디젤엔진 터보차저용 고압력비 압축기 개발 결과를 소개하였다. 1단 원심압축기를 이용하여 4.65 이상의 고압력비 구현을 위해 회전수, 날개 수 및 출구직경에 대한 검토를 수행하였고, 80% 이상

의 고효율 달성을 위해 임펠러, 베인 디퓨저, 케이싱 설계에 대한 최적화를 수행하였다. 시험으로 압력비 및 효율의 목표 달성을 확인하였으나, 서지마진에 대한 개선의 필요성이 대두되었다. 서태완 등⁽²⁾은 운전안정성 향상을 위한 원심압축기의 유입부 형상변화에 관한 연구를 수행하였다. 3차원 정상상태 수치해석을 통하여 압축기 입구 덕트에서 원주 방향으로 분포된 원형의 홀이 압축기 운전안정성을 향상시킨다는 결과를 얻었다. 이병주 등⁽³⁾은 천음속 원심압축기를 대상으로 스플리터 코드 길이에 대한 비정상 유동에 대한 수치해석적 연구를 수행하였다. 원심압축기에서 회전수 증가에 따른 선단부 충격파에 의한 손실 감소를 위해 적용되는 스플리터에 대해 코드 길이 변화에 대한 유동특성을 분석하였다. 임펠러의 압력비가 주기성을 띠며 변화하며, 임펠러 효율이 불안정한 구간을 나타내는데, 이는 틱간극 근처에서 순간적으로 유로막힘이 발생한 것과 관련이 있음을 보여주었다. 서정민 등⁽⁴⁾은 Box-Behnken 방식의 실험설계법과 반응면기법을 사용하여 원심압축기의 자오면 형상과 블레이드 각도에 대한 설계 최적화를 수행하였다. 설계점 및 탈설계점에서의 효율 개선에 대해 수치해석적으로 성능 분석을 수행하였으며, 효율 성능이 향상된 결과를 도출하였다. 강현수 등⁽⁵⁾은 원심압축기 임펠러 슈라우드 형상에 대해 최적화를 수행하였다. CCD 방식의 실험계획법과 반응면기법을 이용하여 설계 최적화를 수행하였고, 수치해석을 통해 효율 성능이 향상된 결과를 보여주었다. 김창희 등⁽⁶⁾은 고압력비 원심압축기를 대상으로 운전 시 임펠러의 변형을 고려한 익단간극을 예측하기 위하여 단방향 유체-구조 연석해석을 수행하였다. 원심력, 압력, 열하중에 의한 임펠러 변형이 임펠러 날개 선단에서의 간극 감소를 발생시키고, 이로 인해 효율 및 전압력비가 상승함을 보였다. 김홍원⁽⁷⁾은 현대중공업에서 터보식 공기 압축기 표준모델 개발 현황을 소개하였다.

2.2 축류압축기

축류압축기에 관해서는 총 4편의 논문이 발표되었다. 박수민 등⁽⁸⁾은 다단 천음속 축류 압축기에서 wet compression에 따른 영향을 수치해석적 연구를 수행하였다. 습식 압축은 액적 입자의 사이즈가 작을수록 성능 개선이 커지며, 동일 유량 대비 높은 압력비를 얻을 수 있어 압축기의 효율이 증가

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

하나, 서지 마진선이 우측으로 이동하여 운전영역이 좁아지는 특징을 나타내는 결과를 도출하였다. 정희찬 등⁽⁹⁾은 압축기 날개 표면 거칠기에 대한 경계층 거동을 실험적 방법을 통해 조사하였다. 선형 압축기 캐스케이드에서 3종의 표면 거칠기를 가지는 날개 주변의 압력 및 유동 분포를 측정하여, 압축기 날개 표면 거칠기는 유동의 난류강도를 증가시키며, 증가된 난류강도에 의해 경계층 박리가 일어나며, 이로 인해 압축기의 성능이 감소함을 확인하였다. 황동하 등⁽¹⁰⁾은 상반각 정익이 천음속 축류 압축기 내부 손실에 미치는 영향을 살펴보기 위해 서로 다른 상반각 정익 형상에 대해 정상 및 비정상 유동 수치해석을 수행하였고, 압축기 내부의 전압력 손실, 역류 영역 및 이차 유로 등의 비교를 통해 압축기 성능 변화를 분석하였다. 허브 상반각과 보우드 정익의 경우 허브 근처에 추가적인 박리와 함께 역류 영역을 발생시킴으로써 전 작동영역에서 전압력 손실이 증가하고, 쉬라우드 상반각 또한 최대 효율점에서 기준 형상보다 낮은 전압력 손실을 보이는 결과를 나타내었다. 정영진 등⁽¹¹⁾은 축류 압축기에서 동익 및 정익의 스윙과 린이 스톨 마진 증가에 미치는 영향과 블레이드 형상의 변화가 축류 압축기 유동에 미치는 영향을 분석하였고, 동익 및 정익에서 각각의 성능감소는 최소화하면서 실속 마진을 증가시키는 최적의 블레이드 형상을 도출하는 수치해석적 연구를 수행하였고, 설계 유량 대비 실속 마진이 1.9 증가하는 결과를 얻었다.

3. 용적형 압축기

용적형 압축기로는 왕복동 압축기, 로타리 압축기, 사판식 압축기, 스크류 압축기, 스크롤 압축기, 스윙 압축기들이 있는데, 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회에서 2013년도에는 로타리 압축기 1편, 스크류 압축기 3편, 스크롤 압축기 1편으로 총 5편의 용적형 압축기 논문이 발표되던데 반해, 2014년도에는 로타리 압축기 1편, 스크류 압축기 2편으로 총 3편의 용적형 압축기 논문이 발표되었다.

3.1 로타리 압축기

로타리 압축기에 관해서는 1편의 논문이 발표되었다. 김현진 등⁽¹²⁾은 R410A 에어컨 시스템 성능 향상을 위해 롤링 피스톤 로타리 압축기와 베인 로타리 팽창기가 결합된 일체형 구조의 시스템을 도입하였다. 수치해석을 통해 제시된 시스템의 COP(성적계수)가 8.2% 향상되었음을 확인하였고, 응축기와 증발기 사이의 압력차가 커짐에 따라 동일한 질량 유량에서 COP 개선도가 증가함을 확인하였다.

3.2 스크류 압축기

스크류 압축기에 관하여 2편의 논문이 발표되었다. 변순

석 등⁽¹³⁾은 수분사 스크류 압축기에서 분사 유량 변화에 따른 성능 특성에 관해 수치적 연구를 수행하였다. 압축성 및 다상유동 해석을 위해 분산입자 이상유동 모델(discrete phase model)을 이용하였다. 분사 유량에 따른 체적 효율 분포와 배출 압력 분포의 결과를 그래프로 나타내었다. 조성욱 등⁽¹⁴⁾은 스크류 압축기 냉각유로 형상 변화가 열유동 특성에 미치는 영향에 대하여 수치해석적 연구를 수행하였다. 작동유체의 효과적인 유동을 확보하기 위하여 냉각유로 분리벽을 설치하였으며, 좁은 곡관 형상을 가질 때 높은 열전달 성능이 나타났으며, 이러한 유로를 따라 이동하는 작동유체는 곡관 하류에서 유동 박리 및 원심력으로 인한 재순환 영역을 생성되는 결과를 나타내었다. 분리벽 두께비가 얇을수록 냉각유로 상류에서 하류로 작용하는 노즐 효과 증가로 인해 재순환 영역이 증가하기 때문에 열전달 성능이 우수하다는 결론을 얻었다.

4. 결론

2014년 한 해 동안 한국유체기계학회 논문집 및 한국유체기계학회 학술대회의 논문을 중심으로 압축기 분야의 연구 동향을 간단히 정리하였다. 압축기 분야에서 연구의 특징을 서술한다면 전 해인 2013년에 비해 그 논문 수에 있어서는 다소 감소하였고, 원심압축기 및 축류압축기와 같이 터보형 압축기 분야에 집중적으로 발표되었다. 향후에도 지속적으로 우수한 연구 결과들이 발표되고, 특히 용적형 압축기에 대한 논문이 증가하여, 압축기 분야의 다양성이 향상되기를 기대한다.

References

- (1) 김홍원, 류승협, 이근식, 2014, “과급기의 고압력비 원심압축기 공력설계 및 시험평가,” 한국유체기계학회 논문집, 제17권, 제6호, pp.13~20.
- (2) 서태완, 허만웅, 김광용, 2014, “운전안정성 향상을 위한 원심 압축기의 유입부 형상변화에 관한 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (3) 이병주, 김대현, 정진택, 2014, “다양한 스플리터 코드길이를 갖는 천음속 원심압축기 내 비정상 유동에 대한 수치해석적 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (4) 서정민, 박준영, 최범석, 2014, “원심압축기 임펠러의 형상설계 최적화에 관한 수치적 연구,” 한국유체기계학회 논문집, 제17권, 제3호, pp.5~12.
- (5) 강현수, 김진형, 김윤제, 2014, “반응표면법을 이용한 원심 압축기 임펠러 쉬라우드 형상 최적설계,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (6) 김창희, 손창민, 양장식, 이호림, 황윤제, 정진희, 2014, “단방향 유체-구조 연성해석을 통한 원심압축기의 운전익단간극과 성능 예측,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.

- (7) 김홍원, 2014, “터보식 공기 압축기 표준모델 개발현황 소개,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (8) 박수민, 강영석, 강정식, 박태춘, 유두환, 양수석, 2014, “다단 천음속 축류 압축기의 다단 천음속 축류 압축기의 Wet Compression에 대한 수치해석적 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (9) 정희찬, 송성진, 2014, “압축기 캐스케이드에서 표면 거칠기가 경계층에 미치는 영향,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (10) 황동하, 최민석, 백제현, 2014, “상반각 정익이 천음속 축류 압축기 손실에 미치는 영향에 관한 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (11) 정영진, 김태곤, 최민석, 2014, “동익 및 정익의 스윙과 린이 축류 압축기 성능에 미치는 영향,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (12) 김현진, 노영재, 김용희, 2014, “일체형 로타리 압축기-배인 팽창기,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (13) 변순석, 이재영, 김윤제, 2014, “수분사 스크류 압축기 성능특성에 관한 수치적 연구,” 유체기계 연구개발 발표회 논문집.
- (14) 조성욱, 서현석, 손길원, 김윤제, 2014, “스크류 압축기 냉각유로 형상 변화가 열유동 특성에 미치는 영향,” 한국유체기계학회 논문집, 제17권, 제1호, pp.41~46.