

## 압축기 분야 연구동향

서정민\*

### 1. 서 론

2012년 한 해 동안 국내에서 발표된 압축기 관련 논문들을 유체기계공업학회(KFMA), 대한기계학회(KSME), 대한설비공학회(SAREF) 및 한국항공우주학회(KSAS)를 대상으로 검토하였다. 대한기계학회는 국문논문과 영문논문집인 Journal of Mechanical Science and Technology를 모두 포함하였다. 논문의 수는 2005년도에 43편, 2006년도에 27편, 2007년도에 24편, 2008년도에 25편, 2009년도에 38편, 2010년도에 35편, 2011년도에 53편에 이어 2012년도에는 44편으로 논문수가 2011년도에 비해서는 줄어들었지만 그 이전에 비해서는 증가한 수치를 보인다. 본 연감에서는 압축기의 구동형식에 따라 크게 터보형 압축기와 용적형 압축기로 구분하였고, 터보형은 다시 원심압축기와 축류압축기로 구분하였으며, 용적형은 왕복동, 로타리, 사판식, 스크류, 스크롤 및 스윙 압축기로 분류하였다. Table 1에는 2012년도에 발표된 논문들의 수를 분야별로 분류하여 나타내었다. 원심압축기 및 축류압축기의 터보형 압축기 분야는 활발한 연구가 이루어진 반면 용적형 압축기 분야의 연구결과는 미미하며, 특히 스크류 압축기에 대한 연구결과는 한 편도 발표되지 않았다. 2012년도 연구 내용을 분류별로 기술하였다.

### 2. 터보형 압축기

#### 2.1 원심 압축기

원심압축기에 대한 논문은 2009년에 15.5편, 2010년에 15편이 발표되었으며, 2011년에는 25편이 발표되어 상당히 증가하였으나, 2012년도에는 예년 수준인 14편이 발표되었다.

먼저 냉매용 원심압축기에 대한 논문은 2011년도에는 12편이 발표되었으나, 2012년도에는 7편이 발표되어 그 수가 절반 정도 감소하였다. 김기태 등<sup>(1)</sup>은 R-134A 냉매 2단 원심압축기의 설계인자로 임펠러에 대해 incidence angle, blade 두께, 출구 기울임각, exit blade beta angle, 출구 폭, 출구 반경과 디퓨저에 대해 디퓨저 폭, 출구 반경, NACA Series, Stagger angle로 설정하고, 그 값의 변경에 따른 효율 및 손실 변화를 수치해석을 통해 분석하였다. 최민욱 등<sup>(2)</sup>은 R-134A 냉매용 원심압축기의 슈라우드 타입 임펠러에 대한 수치해석에서, 케비티 구조에 의한 누설 유무에 따른 압축기의 성능 변화 및 내부 유동장 변화를 분석하였다. 케비티 형상을 고려할 경우, 운전성능의 손실이 증가하고 효율이 낮아져 압축기 및 stage의 성능곡선이 전체적으로 좌하 방향으로 이동하는 것을 알 수 있었다.

Table 1. Domestic number of publications on compressor in 2012

	PUBLICATION								Total
	JOURNAL				CONFERENCE				
	KFMA	KSME	SAREK	KSAS	KFMA	KSME	SAREK	KSAS	
Centrifugal	2	1			7	2	2		14
Axial	6	1			11				18
Reciprocate						1	2		3
Rotary		1					1		2
Swash Plate		1				1	1		3
Screw									
Scroll			2						2
Swing			1						1
기타				1					1
Total	8	4	3	1	18	4	6		44

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

조용훈<sup>(3)</sup>은 국책과제로 진행하고 있는 빙축열용 중형 터보냉매 압축기 및 냉동기의 연구개발 과제에 대하여 4차년도까지 진행된 결과와 향후 계획을 소개하였다. 이와 관련하여 박주훈 등<sup>(4)</sup>은 600 usRT급 COP 4.5 빙축열 시스템에서 R-134A 냉매를 사용하는 2단 원심압축기에 대한 공력설계와 제빙운전 조건에서의 유동특성에 대한 전산해석적 연구를 수행하였다. 황준현<sup>(5)</sup>은 국책과제로 진행하고 있는 무급유 직결구동 소형 터보냉매 압축기의 상용기술 개발과제에 대하여 4차년도까지 진행된 결과와 향후 계획을 소개하였다. 이와 관련하여 김성규 등<sup>(6)</sup>은 R-134A 냉매를 사용하는 200 RT급 냉매압축기의 최적냉각을 위한 냉각유로 해석 결과를 발표하였고, 박철훈<sup>(7)</sup>은 200 RT급의 터보냉매 압축기의 자기베어링 설계와 축계의 회전체 동역학 결과를 소개하는 등 터보냉매 압축기 개발을 위한 다양한 분야의 연구 결과가 소개되었다.

공기용 원심압축기 또는 일반적인 원심압축기에 대한 논문은 2011년도에 12편이 발표되었으나, 2012년도에는 6편이 발표되어 그 수가 절반 정도 감소하였다. Park, C.-Y. 등<sup>(8)</sup>은 원심압축기의 작동 범위 개선을 위한 링그루브 적용과 위치 선정에 따른 성능변화에 대한 수치해석적 연구를 수행하였다. 링그루브를 적용할 경우, 효율은 약 1% 정도 감소하지만 실속마진은 6% 증가하는 결과를 보였으며, 링그루브에 안내 깃을 적용하면 안내 깃이 없는 경우에 비해 실속마진이 2.8% 개선되는 결과를 얻었다. 이원석 등<sup>(9)</sup>은 곡관형태의 입구 덕트의 설치 방향과 볼류트 설단부의 상대위치 변화에 따른 영향에 대해 전산해석적 연구를 수행하였다. 입구 덕트의 설치 방향에 따라 약 1%의 효율 차이를 나타내는 결과를 얻었다. 정요한 등<sup>(10)</sup>은 원심압축기의 후향각의 변화가 성능과 내부 유동에 미치는 영향에 대하여 수치해석적 연구를 수행하였다. 후향각이 감소할수록 전압력비와 임펠러 일 계수가 증가하고 미끄럼 계수가 감소하며, 임펠러 출구에서 wake 영역과 유동 편차각이 증가하여, 비균일한 유동 분포를 보인다. 결국 이러한 비균일한 유동으로 인해 디퓨저의 성능이 감소함을 확인하였다. 성선모 등<sup>(11)</sup>은 원심압축기의 전체 형상을 대상으로 한 정상유동해석을 통해 베인리스 디퓨저 내부유동장의 변화를 검토하여 베인리스 디퓨저 내부유동의 불안정성에 대한 연구 결과를 발표하였다. 유량이 감소함에 따라 디퓨저 하류에서 허브 경계층의 성장이 커져 원주방향 일부 영역에서 역류가 발생하고, 유량이 더 줄면 역류영역이 원주방향 전체로 확장되어 링 모양으로 나타나는 현상을 관찰하였다. 서정민 등<sup>(12)</sup>은 500W급의 초소형 가스터빈용 원심압축기의 성능평가 결과를 소개하였다. 속도 400,000rpm 및 압력비 3으로 설계된 원심압축기에 대해 정격의 50%, 60%, 70%, 80%에서 성능곡선도를 구하였고 3D 수치해석결과와 비교하여 성능평가 결과와 수치해석 결과가 매우 일치함을 확인하였다. 한재영 등<sup>(13)</sup>은 차량용 연료전지 시스템용

압축기에 대해 서지를 모사할 수 있는 모델을 개발하고 연료전지 진단 및 후단 밸브의 유량계수를 조절하여 압축기의 부하에 따른 서지 생성특성을 확인하고 최적의 조합을 구하는 연구를 수행하였다.

그 외 원심압축기로 극저온헬륨용 원심압축기에 대한 논문이 한 편 발표되었다. 장용복 등<sup>(14)</sup>은 고성능 장시간 플라즈마 발생 실험을 위한 초전도 자석 및 극저온 장치의 냉각을 위하여 4.5K의 초임계헬륨과 액체 헬륨을 사용하는 냉각 시스템에 사용되는 극저온헬륨용 원심압축기의 유지보수를 수행하였다. 액체 헬륨 증기압 유지를 위해 입구온도 4.3K, 압력비 1.2:1, 속도 170rps의 저온원심압축기가 사용되는데 압축기의 볼베어링 손상과 베어링 그리스 누출로 인한 타화현상 및 보수에 관해 소개하였다.

## 2.2 축류 압축기

축류압축기에 대한 논문은 2009년에 14.5편, 2010년에 10편, 2011년에 17편이 발표되었고, 2012년에는 전년보다 증가한 18편이 발표되어 계속되는 증가 추세를 보이고 있다. 2012년도 발표 주제도 2011년과 유사하게 스톨 및 서지 관련한 비정상현상에 대한 논문이 주류를 이루며, 그 외 최적설계, 유동해석, 성능시험 등 다양한 주제에 대한 연구들이 계속 발표되고 있다.

먼저 축류압축기의 형상 설계에 따른 스톨 및 서지 특성 분석 및 성능 개선에 관한 논문들이 9편 발표되었다. 배효조 등<sup>(15)</sup>은 1단 저속 축류압축기의 IGV(입구안내깃) 각도에 따른 스톨선구신호 특성을 실험을 통해 연구하였다. 스파이크와 모드의 회전속도와 성능곡선 상에서 스톨 발생점 위치와의 상관관계를 파악하였고, 멀티셀이라는 새로운 스톨 선구신호에 대해 소개하였다. 이와 관련하여 배효조 등<sup>(16)</sup>은 1단 저속 축류압축기의 케이스에 axial skewed slot을 적용하여 스톨선구신호 및 운전영역 변화에 대해 실험적 연구를 수행하였다. axial skewed slot을 적용할 경우 스파이크 유형의 스톨선구신호가 나타나며, 안정 운전영역이 약 8% 확장되는 결과도 도출하였다. 또한 케이싱트리트먼트에 따른 RMS분석 결과의 차이에 대해 소개하였다. 황동하 등<sup>(17)</sup>은 굽은 정의 형상(bowed blade)이 축류압축기 성능에 미치는 영향에 관해 수치해석적 연구를 수행하였다. 굽은 정의 형상을 적용할 경우 기존 형상에 비해 허브 코너 박리가 감소하여 스톨마진이 증가하는 결론을 도출하였다. 최민석<sup>(18)</sup>은 Rotor 67 천음속 축류 압축기를 평가 대상으로 하여 가장 단순한 형태인 사각형 단면을 가지는 케이싱 그루브 적용에 따른 성능 특성 변화에 대해 수치해석적 연구를 수행하였다. 케이싱 그루브의 크기와 설치 위치를 변경하면서 압축기의 성능과 실속 마진에 미치는 영향을 분석하여 일정 크기 이상의 케이싱 그루브를 전면에 설치하는 경우 성능의 감소 없이 실속 마진을 증가시킬 수 있음을 보여주었다. 김진혁 등<sup>(19)</sup>은 공기분사

를 가지는 케이싱 그루브 내 베인의 적용에 따른 천음속 축류압축기의 공력성능특성을 수치해석적으로 연구하였다. 기존 베인의 높이가 70%인 형상에서 스톨마진 9.77% 및 최고 효율 0.79% 향상된 결과값을 얻었다. 송지한 등<sup>(20)</sup>은 한국항공우주연구원의 1단 천음속 축류 압축기를 대상으로 60도 경사를 가지는 slot 형태의 케이싱트리트먼트를 적용하여 정상상태 수치해석을 수행한 결과 및 상세 유동장에 대한 연구 결과를 소개하였다. 70% 회전속도에서 정상상태 수치해석에 의해 slot을 장착한 경우 동익 날개 전연에서 발생한 충격파가 제거되고, 축방향 모멘텀 증가로 인한 속도가 증가하는 결과를 얻었다. 또한 스톨 부근 운전점에서 smooth casing의 경우 팁 누설 유동이 인접 날개 전연에 도달하나 slot 적용 시 익단 누설 유동이 유로로 유입되어 스톨이 억제될 것이라는 결론을 제시하였다. 이와 관련하여 임병준 등<sup>(21)</sup>은 시험을 통하여 slot 적용에 따른 유동 불안정성에 연구하였다. 케이싱 트리트먼트를 적용한 경우 압축기의 불안정성 발생점이 저유량 쪽으로 이동하여 서지 마진이 증가함을 확인하여 수치해석을 통해 도출한 결과와 일치함을 보여 주었다. 강영석 등<sup>(22)</sup>은 3단 천음속 축류형 압축기를 대상으로 스톨 선구신호 파악, 스톨 특성 및 서지 특성에 관해 연구를 수행하였다. 이 3단 압축기의 경우 3단부터 부하가 커지도록 설계가 되어 있고 실제 스톨 선구신호는 3단부터 발생하였으나, 실제 스톨로의 천이는 내부 상대 마하수가 가장 큰 1단 동익에서 발생하여 3단으로 전파되는 결과를 보였다.

수치해석적 방법을 통해 축류압축기의 유동해석에 관한 연구를 수행한 논문들도 있다. 송지한 등<sup>(23)</sup>은 1단 천음속 축류 압축기에 대해 수치해석을 수행하고 성능시험 결과와 비교하여 내부 유동 특성을 파악하는 연구를 수행하였다. 정상상태 수치해석은 설계점에서의 유동장을 거의 유사하게 모사하나, 스톨 근처의 유동장을 모사하기에는 한계가 있으며 비정상 해석 또는 FSI 해석을 통해서만 스톨 근처와 같은 탈설계점에서의 정확한 유동장 해석이 가능하다는 결론을 제시하였다. 황유준 등<sup>(24)</sup>은 저속 연구용 축류 압축기를 대상으로 수치계산을 통해 동익열 상류에 존재하는 허브 캐비티가 압축기 내부 유동에 미치는 영향 및 이에 따른 성능특성 변화에 대해 연구하였다. 허브 캐비티를 고려한 수치해석 결과는 팁 누설 유동을 작게 예측하여 상대적으로 저유량까지 안정적인 운전영역을 예측하는 결과를 나타내었다. 황유준 등<sup>(25)</sup> 및 Hwang, Y. 등<sup>(26)</sup>은 1/8 원주길이에 해당하는 동익열에 대해 수치해석을 수행하여 설계 유량 및 저유량 운전점에서 팁 주변 유동장 분석을 통해 팁 누설 유동의 비정상성을 분석하였다. 유량이 감소하면 팁 누설 유동과 블레이드의 상호 영향이 증가하여 팁 누설 유동의 비정상성의 세기와 주기 변화를 야기하였으며, 저유량 운전점에서는 회전 스톨 발달과 관계가 있는 유동 변동이 발생함을 확인하였다. 조영철 등<sup>(27)</sup>은 3단 천음속 축류압축기를 대상으로 CFX를 이용한 유동해석과

ANSYS Modal을 사용한 고유진동수 계산을 바탕으로 FSI 해석을 수행하여 플러터 발생 가능성에 대한 연구를 수행하였다. 모드 해석에 의한 고유 진동수와 FSI를 통한 진동수 비교를 통해 플러터 발생의 가능성에 대해 예측하였다.

작년에 이어 축류압축기의 최적설계에 대한 연구 논문도 지속적으로 발표되었다. 박태춘 등<sup>(28,29)</sup>은 축류압축기의 최적설계를 위해 공력 성능과 구조 안정성을 동시에 고려하는 MDO(multidisciplinary design optimization, 다분야 통합 최적 설계) 프레임워크를 개발하고 이를 이용하여 1단 천음속 축류압축기를 설계하였다. 이 압축기의 설계 검증을 위해 공력 성능 시험을 수행하였고, 설계 목표 사양을 만족하는 공력 성능 결과를 확인함으로써 MDO 프레임워크의 신뢰성을 확인하였다. 이세일 등<sup>(30)</sup>은 압축기 공력 설계에서 성능 최적화의 높은 신뢰도와 빠른 최적해 도출을 위해 2단계 최적설계 기법을 제안하였다. 최적화 과정 1단계에서는 인공신경망을 이용하여 근사모델을 구축하여 Pareto Front를 구하고, 2단계에서는 SQP(Sequential Quadratic Programming) 기법을 이용하여 최적해를 구하는 최적설계 기법을 저압 축류 압축기 최적화 설계를 통해 소개하였다.

대형 가스터빈용 축류압축기 개념설계에 대한 연구도 두 건 소개되었다. 강영석 등<sup>(31)</sup>은 100MW급 가스터빈 엔진용 축류압축기에 대한 개념설계를 수행하였고, 설계 반경, 단수, 유량계수 등 주요 설계변수의 변화에 따른 공력성능 변화를 소개하였다. 이성룡 등<sup>(32)</sup>은 축류압축기와 원심압축기가 결합된 Mixed type 압축기와 발전용 대형 가스터빈 축류 압축기를 대상으로 설계 시 고려하는 주요 인자들의 특성을 설계점 및 탈설계점에서 비교함으로써 대형 가스터빈 축류 압축기의 설계 특성에 대한 분석 결과를 소개하였다.

### 3. 용적형 압축기

용적형 압축기로는 왕복동 압축기, 로타리 압축기, 사판식 압축기, 스크류 압축기, 스크롤 압축기, 스윙 압축기들이 있는데, 지난 2011년도에는 로타리 압축기 3편, 사판식 압축기 4편, 스윙 압축기 1편으로 총 8편의 논문이 발표되었고, 2012년에는 왕복동 압축기 3편, 로타리 압축기 2편, 사판식 압축기 3편, 스크롤 압축기 2편, 스윙 압축기 1편으로 총 11편의 논문이 발표되어 전년에 비해 증가하였다.

#### 3.1 왕복동 압축기

왕복동 압축기에 대하여는 냉장고용 냉매 압축기에 관한 세 편의 논문이 발표되었다. 김동우 등<sup>(33)</sup>은 가정용 냉장고에 사용되는 R-134A 및 R-600A 냉매에 대해 흡입관 열교환기의 압력강하에 의한 성능특성에 관한 연구를 수행하였다. R-600A는 R-134A에 비해 흡입관 압력강하에 취약하여 손실률이 1.63배나 높아 큰 직경의 흡입관이 필요하며, 흡입관

직경 증가에 따른 COP 감소 비율도 R-134A에 비해 상대적으로 커지는 결과를 확인하였다. 이원중 등<sup>(34,35)</sup>은 Top-mount 냉장고에서 압축기가 증발기 위에 위치하여 중력에 의해 증발기나 파이프 등에서 오일이 고이는 문제에 대해 연구하였다. 오일 회수를 위한 흡입관 설계 기준 제시를 위해 상업적인 냉장고 흡입관의 형상을 고려하여 다양한 시험관에 대해 실험을 수행하여 그 결과를 바탕으로 흡입관 설계 기준을 제시하였다.

### 3.2 로타리 압축기

로타리 압축기에 대해서는 두 편의 논문이 발표되었다. Kim, H. C. 등<sup>(36)</sup>은 로타리 압축기의 소음을 줄이기 위해 기여도 분석(coherence analysis)을 수행하였다. 캐비티 모드에서 레조네이터(resonator)의 설계 변수에 대한 효과를 실험계획법(DOE)으로 분석하고 설계 변경을 통해 소음을 3 dB(A) 줄였다. 김동호 등<sup>(37)</sup>은 케스케이드 열펌프의 압축기 운전 전에 따른 축열 과정 중 열펌프의 동적 성능 및 운전 시간을 비교하였다. 열펌프 성능이 우수한 구간을 빠르게 운전하는 경우는 성능계수는 거의 일정하였으며, 열펌프의 성능이 나쁜 구간을 빨리 운전하는 경우는 초기 성능계수가 좋았지만 물 온도의 상승과 난방 용량의 상승으로 성능계수가 급격하게 떨어지는 결과를 얻었다.

### 3.3 사판식 압축기

사판식 압축기에 대해서는 자동차 에어컨용 압축기에 관해 세 편의 논문이 발표되었다. 김영신 등<sup>(38)</sup>은 실차 환경 풍동에서 완성차를 이용한 에어컨 냉방 성능 및 연비 평가를 통해 에어컨 압축기의 단품 성능 개선품이 실차 연비에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다. 압축기 단품 성능 개선 시 구동 토크가 과도하게 커지는 경우 실차 냉방 성능은 개선되나 연비가 악화될 수 있음을 확인하였다. 유성연 등<sup>(39)</sup>은 자동차 연비에 대해 에어컨용 압축기의 연비 평가 영향도를 파악하기 위해, 활용성 및 비용 등의 문제로 실차 연비 평가 설비를 대신하여 에어컨 시스템 벤치를 구성하여 SC03 모드 연비 평가 조건을 구현하고, 압축기 토출 용량별로 연비 모사 평가를 진행하여, 실차 환경 풍동이 아닌 에어컨 시스템 벤치에서도 연비 평가가 가능함을 보였다. 이태진 등<sup>(40)</sup>은 R-744 냉매를 사용하는 압축기에 대하여, 압축기 토출 맥동에 의해 야기되는 시스템의 소음을 개선시키고자 토출 맥동을 저감시키기 위한 압축기 머플러의 형상 최적화를 수행하여, 3 종류의 머플러 형상을 제안하고 성능 평가를 통해 최적화된 머플러 형상을 제시하였다.

### 3.4 스크롤 압축기

스크롤 압축기에 대하여는 두 편의 논문이 발표되었다. 김유찬 등<sup>(41)</sup>은 R-600A 냉매를 사용하는 소형 냉장고용 대수

나선 스크롤 압축기를 설계하고, 체적, 냉동능력, 단열압축 효율, 압축기 전효율 등을 왕복동 압축기와 비교하여, 비교적 높은 압축비가 요구되는 가정용 냉장고에 대해 스크롤 압축기의 적용 가능성을 검토하였다. 고석빈 등<sup>(42)</sup>은 R-410A를 적용한 히트펌프의 난방성능 향상을 위해 SCVI(sub-cooler vapor injection)와 FTVI(flash tank vapor injection) 두 가지 방식의 인젝션 시스템을 비인젝션 펌프와 비교하여 난방용량, 성능계수, 소요전력, 압력 및 냉매유량 등의 성능 변화 및 특성에 대한 연구를 수행하였다.

### 3.5 스윙 압축기

스윙 압축기에 대하여는 한 편의 논문이 발표되었다. 문석환 등<sup>(43)</sup>은 스윙 압축기의 거동을 분석하여 동일한 조건을 적용한 롤링 피스톤형 로타리 압축기와 성능을 비교 평가하는 수치해석적 연구를 수행하였다. 스윙 압축기는 로타리 압축기에 비해 토출 유량이 6.68% 증가하고, 기계손실에서 롤러 내면과 편심부 간의 손실이 37.9% 증가하며, 냉방능력은 6.69%, 압축기 일은 2.9% 증가하여, 에너지 효율 비는 3.71% 향상되는 결과를 얻었다.

## 4. 기타 압축기

오현웅 등<sup>(44)</sup>은 극저온이 요구되는 우주용 탑재장비의 냉각을 위해 적용되는 pulse tube-type 압축기를 대상으로 미소진동저감용 진동절연기의 성능유지와 압축기를 허용온도 범위로 유지하기 위한 열설계에 관해 연구를 수행하였다. 최적화를 통해 무게를 줄이고, 궤도 열해석을 통해 압축기 열제어 성능을 검증하였다.

## 5. 결 론

2012년 한 해 국내에서 발표된 압축기 관련 논문을 유체기계공업학회(KFMA), 대한기계학회(KSME), 대한설비공학회(SAREF) 및 한국항공우주학회(KSAS)의 논문집과 각각의 학술대회 논문집을 중심으로 간단히 정리해 보았다. 분야별 게재논문과 발표 논문들을 Table 1에 학회별로 구분하여 정리하였다. 2012년에는 총 44편의 논문이 발표되었는데, 터보형 압축기 중 원심압축기가 약 31.8%(14편), 축류압축기는 40.9%(18편)이고 용적형 압축기는 25%(11편)이며 기타 압축기가 2.3%(1편)인 분포를 보였다.

올해의 압축기 분야에서 연구의 특징을 서술한다면 축류 압축기 분야에서 스톨 및 서지 관련한 비정상현상에 대한 연구 결과가 많았다. 원심압축기 분야에서는 냉매 압축기와 공기 압축기에 대해 비슷한 수의 논문들이 발표되었다. 향후에도 지속적으로 우수한 연구 결과들이 발표되기를 기대한다.

참고문헌

- (1) 김기태, 김한영, 장시혁, 윤인규, 남임우, 2012, “터보 냉동기의 효율 개선 방안,” 대한설비공학회 2012 동계학술발표대회 논문집, pp. 19~25.
- (2) 최민욱, 주원구, 박준영, 윤의수, 최상규, 2012, “슈라우드 임펠러에서 누설 유동이 압축기 성능에 미치는 영향에 대한 수치해석적 연구,” 유체기계저널, 제15권, 제3호, pp. 64~69.
- (3) 조용훈, 2012, “방축열용 증형 터보냉매 압축기 및 냉동기 기술개발,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SP07051.
- (4) 박주훈, 정진택, 신유환, 이윤표, 조용훈, 2012, “방축열용 증형 터보 냉매압축기 공력설계 및 유동해석,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SP07054.
- (5) 황준현, 2012, “무급유 직결구동 소형 터보 냉매 압축기 상용기술개발,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SP07052.
- (6) 김성규, 주원구, 양순준, 황준현, 박준영, 윤의수, 2012, “터보냉매압축기 최적 냉각을 위한 냉각유로 해석,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SP07050.
- (7) 박철훈, 2012, “터보냉매압축기용 마그네틱 베어링 설계 기술개발,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SP07053.
- (8) Park, C.-Y., Choi, Y.-S., Lee, K.-Y. and Yoon, J.-Y., 2012, “Numerical study on the range enhancement of a centrifugal compressor with a ring groove system,” *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 26, no. 5, pp. 1371~1378.
- (9) 이원석, 김대현, 박주훈, 정진택, 2012, “원심압축기 입구 곡관 설치 방향이 유동 및 성능특성에 미치는 영향에 대한 전산해석적 연구,” 대한기계학회 2012 추계학술대회 논문집, pp. 1332~1335.
- (10) 정요한, 백제현, 박준영, 최민석, 2012, “블레이드 후향각이 원심압축기의 성능과 유동에 미치는 영향,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_OP07065.
- (11) 성선모, 강신형, 2012, “원심압축기 베인리스 디퓨저 내부 유동에 관한 수치해석,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_OP07064.
- (12) 서정민, 박준영, 최범석, 박무룡, 2012, “500W급 초소형 가스터빈 개발을 위한 압축기 성능 평가,” 유체기계저널, 제15권, 제6호, pp. 51~57.
- (13) 한재영, 탁현우, 김경택, 유상석, 2012, “차량용 연료전지 동특성 모델을 이용한 공기 공급계 압축기 서지 연구,” 대한기계학회 2012 추계학술대회 논문집, pp. 874~879.
- (14) 장용복, 박동성, 주재준, 문경모, 김남원, 송낙형, 곽상우, 이현정, 박영민, 양형렬, 2012, “극저온헬륨용 원심회전식 압축기 유지보수 결과,” 대한설비공학회 2012 하계학술발표대회 논문집, pp. 931~934.
- (15) 배효조, 임형수, 송성진, 강신형, 양수석, 2012, “축류압축기의 입구안내각 각도에 따른 스톨선구신호 특성 연구,” 유체기계저널, 제15권, 제1호, pp. 52~57.
- (16) 배효조, 임형수, 송성진, 강신형, 2012, “케이싱 트리트먼트를 통한 축류압축기 안정성 향상에 관한 연구,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07019.
- (17) 황동하, 정요한, 백제현, 최민석, 2012, “굽은 정익 형상이 축류 압축기 성능에 미치는 영향에 관한 수치적 연구,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07032.
- (18) 최민석, 2012, “케이싱 그루브가 천음속 압축기 성능에 미치는 영향,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_OP07063.
- (19) 김진혁, 김대웅, 김광용, 2012, “공기분사와 결합된 케이싱 그루브 내 베인의 적용에 따른 천음속 축류압축기의 스톨 특성 연구,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07017.
- (20) 송지한, 강영석, 박태춘, 황오식, 양수석, 임병준, 2012, “케이싱 트리트먼트를 적용한 1단 천음속 축류압축기에 대한 수치해석적 연구,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07016.
- (21) 임병준, 박태춘, 강영석, 황오식, 송지한, 2012, “케이싱 트리트먼트를 적용한 1단 천음속 축류압축기에 대한 실험적 연구,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07015.
- (22) 강영석, 박태춘, 황오식, 임형수, 양수석, 2012, “다단 천음속 압축기의 유동 불안정성에 관한 실험적 연구,” 유체기계저널, 제15권, 제2호, pp. 12~19.
- (23) 송지한, 황오식, 박태춘, 양수석, 강영석, 2012, “수치해석을 활용한 1단 천음속 압축기 내부 유동장 분석,” 유체기계저널, 제15권, 제6호, pp. 85~91.
- (24) 황유준, 강신형, 2012, “축류 압축기의 허브 캐비티에 의한 성능 특성 변화,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07018.
- (25) 황유준, 강신형, 2012, “축류 압축기 팁 누설 유동의 비정상 특성에 관한 연구,” 유체기계저널, 제15권, 제1호, pp. 58~63.
- (26) Hwang, Y. and Kang, S.-H., 2012, “Numerical study on unsteadiness of tip clearance flow and performance prediction of axial compressor,” *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 26, no. 5, pp. 1379~1389.
- (27) 조영철, 고성호, 강영석, 양수석, 곽영균, 2012, “FSI 기법을 이용한 다단 천음속 축류 압축기의 진동해석,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07029.
- (28) 박태춘, 황오식, 강영석, 임병준, 송지한, 2012, “1단 천음속 축류압축기의 공력성능에 대한 시험 분석,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07030.
- (29) 박태춘, 강영석, 황오식, 송지한, 임병준, 2012, “1단 천음속 축류압축기의 최적 설계 및 공력 성능 시험 평가,” 유체기계저널, 제15권, 제6호, pp. 77~84.
- (30) 이세일, 최선, 이동호, 강영석, 양수석, 2012, “신뢰도 확보를 위한 축류 압축기 다단계 최적설계,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07028.

- (31) 강영석, 김춘택, 양수석, 2012, “대형 발전용 가스터빈 엔진의 축류압축기 개념 설계,” 2012 유체기계 연구개발 발표회 논문집, KFMA\_2012\_SA07031.
- (32) 이성룡, 송재욱, 김수용, 2012, “발전용 대형 가스터빈 축류압축기 설계 특성 분석,” 유체기계저널, 제15권, 제1호, pp. 64~69.
- (33) 김동우, 윤원재, 김용찬, 2012, “가정용 냉장고의 압축기 흡입관 압력강하 특성이 성능에 미치는 영향에 대한 해석적 연구,” 대한설비공학회 2012 하계학술발표대회 논문집, pp. 89~92.
- (34) 이원중, 광천동, 정지환, 2012, “냉장고 압축기 오일회수를 위한 흡입관 운전조건,” 대한기계학회 2012 추계학술대회 논문집, pp. 1398~1403.
- (35) 이원중, 광천동, 정지환, 2012, “냉장고 압축기 오일회수를 위한 흡입관 운전조건설계,” 대한설비공학회 2012 동계학술발표대회 논문집, pp. 82~85.
- (36) Kim, H. C., Cho, M. G., Kim, J., Park, J. H. and Shim, J., 2012, “Coherence technique for noise reduction in rotary compressor,” Journal of Mechanical Science and Technology, vol. 26, no. 7, pp. 2073~2076.
- (37) 김동호, 박한샘, 류진우, 김민수, 2012, “캐스케이드 열펌프의 압축기 운전 방식에 따른 성능 특성,” 대한설비공학회 2012 하계학술발표대회 논문집, pp. 141~144.
- (38) 김영신, 유성연, 2012, “차량용 에어컨 압축기의 성능 향상이 실차 연비에 미치는 영향,” 대한기계학회 2012 추계학술대회 논문집, pp. 2837~2841.
- (39) 유성연, 김영신, 2012, “벤치 연비 모사 조건에서 차량용 에어컨 압축기의 특성에 관한 연구,” 대한기계학회 논문집 B권, 제36권, 제7호, pp. 705~710.
- (40) 이태진, 김현재, 이건호, 2012, “R744 압축기의 토출 머플러 설계 최적화,” 대한설비공학회 2012 동계학술발표대회 논문집, pp. 78~81.
- (41) 김유찬, 김우영, 김현진, 2012, “소형 냉장고에 대한 스크롤 압축기 적용성에 관한 연구,” 설비공학논문집, 제24권, 제2호, pp. 164~173.
- (42) 고석빈, 허재혁, 조일용, 김용찬, 2012, “인젝션형 가변속 스크롤 압축기를 적용한 히트펌프의 난방성능 특성에 관한 연구,” 설비공학논문집, 제24권, 제5호, pp. 377~384.
- (43) 문석환, 노기윤, 사범동, 양장식, 최경민, 김덕줄, 2012, “스윙 압축기의 수치해석적 성능평가,” 설비공학논문집, 제24권, 제1호, pp. 77~84.
- (44) 오현웅, 이경주, 정석용, 신소민, 2012, “미소진동저감용 진동절연기의 성능유지를 위한 극저온 냉각용 압축기 조립체 열제어 설계,” 한국항공우주학회지, 제40권, 제3호, pp. 237~242.