

## 압축기 분야 연구동향

신 유 환\*

### 1. 서 언

2004년 한 해 동안에 국내에서 발표된 압축기 관련 논문을 바탕으로 압축기분야의 연구동향을 살펴보고자 한다. 압축기 관련 국내 논문은 대한기계학회, 대한설비공학회 및 유체기계공업학회를 중심으로 발표되었으며, 발표 논문들 중에서 압축기가 전체 시스템의 단순한 부품으로 사용된 경우는 제외하고, 논문의 내용상 압축기 자체가 중요한 부분을 차지하는 경우에 대해서만 언급하기로 한다.

특히 유체기계공업학회 기술발표회의 특별세션에서 발표된 일부 자료의 경우 일반적인 논문 형태를 보이지는 않지만 특정 압축기에 대한 연구동향을 파악하는데 많은 도움이 될 것으로 예상되어 본 자료 정리에 포함시켰다. 또한 발표된 논문에 대해 각 압축기 종류별, 발표학술지별 및 발표자 소속 (산·학·연) 별로 표를 만들어 정리하였다. 본 내용이 최근 압축기 관련 연구동향 파악에 조금이나마 도움이 되고, 관련 산업 상호간의 이해와 협력을 높일 수 있기를 기대한다.

### 2. 터보형 압축기

#### 2.1 원심 압축기

원심압축기에 대한 2004년도의 연구실적을 보면 전체적으로 압축기 성능 특성에 관한 연구가 50% 이상으로 주를 이루고 있으며, 특히 임펠러 익단 간극의 영향에 대한 고찰이 많았다<sup>(1)~(7)</sup>.

이경용 등<sup>(1),(5)</sup>은 냉매 (R134a) 압축기 임펠러 및 디퓨저 내부 유동장을 수치해석적으로 연구, 그 결과를 기존 설계치와 비교, 분석하고, 동시에 압축기 성능에 관해 실험 결과와 비교함으로써 고효율 터보 냉동기 개

발의 CFD 활용 방법에 대해 고찰하였다. 노준구 등<sup>(3)</sup>은 회전익기용 터보샤프트 엔진의 축류 압축기와 연계하여 사용할 수 있는 고압 원심 압축기에 2열의 탠덤 디퓨저를 개발, 장착함으로써 디퓨저 입구의 천음속 유동을 짚은 디퓨저 유로를 통하여 효과적으로 감속시켜 높은 압축기 효율을 달성할 수 있었다.

조형희 등<sup>(4)</sup>은 마이크로 가스 터빈용 초소형 압축기와 관련한 2차원 임펠러에 대한 설계 방법을 제시하고, 제작된 각각의 임펠러에 대해 성능시험을 수행하였으며, 그 결과를 CFD 결과와 비교, 분석하였다.

이 외에 설계 및 개발과 관련된 논문들, 유동해석 및 소음 등에 초점을 맞춘 논문들이 발표되었다<sup>(8)~(11)</sup>. 또한 해마다 빠지지 않는 연구 주제로서 압축기 불안정성과 관련한 다수의 논문들이 꾸준히 발표되고 있다<sup>(12),(13)</sup>.

#### 2.2 축류 압축기

지난 1년 동안 축류 압축기에 대한 연구는 주로 손실 문제와 익렬 내부에서의 복잡한 유동 해석 문제 등의, 고전적인 주제이지만 매우 중요한 문제를 바탕으로 하고 있으며, 압축기 블레이드의 3차원 형상과 관련한 연구 및 블레이드 진동에 관한 연구 등이 발표되었다<sup>(14)~(16),(21)</sup>.

이재석 등<sup>(15)</sup>은 축류 압축기 슈라우드 캐비티 (shrouded cavity)의 복잡한 유동현상을 선형 캐스케이드를 이용해 관찰함으로써 누수 유동 특성을 이해하고, 주 유동과의 상호작용에 의한 하류의 손실발생 원인을 규명하고자 하였다. 신유환 등<sup>(17)</sup>은 4단으로 구성된 축류 압축기 실험장치를 통해 세 번째 단 정의 흡입면에서의 경계층 유동을 측정, 분석함으로써 블레이드 팁 영역에서의 모서리 박리 (corner separation)가 압축기 설계 유량에서도 발생한다는 것을 확인하였다.

이 외에도 장춘만 등<sup>(20)</sup>은 반응면 기법을 이용한 수치최적화를 통해 동익의 스윙각을 최적화함으로써 천음

\* 자료제공 한국과학기술연구원 열·유동제어연구센터  
E-mail : yhshin@kist.re.kr

속 축류 압축기의 효율을 향상시키고자 하였다.

### 3. 용적형 압축기

#### 3.1 리니어 압축기

리니어 압축기는 리니어 모터의 선형 운동을 직접 피스톤에 전달하여 마찰손실을 감소시킨 고효율 압축기로서 냉장고에 장착되고 있는 기존의 왕복동 압축기를 대체할 경우 약 24% 이상의 소비전력 감소가 가능하여 현재 각광을 받고 있다.

홍언표 등<sup>(22)</sup>은 스트로크 제어 장치가 없는 리니어 압축기를 개발함으로써 기존의 리니어 압축기 대비 약 4%의 EER 증가와 43%의 제어 장치 관련 비용을 줄일 수 있었으며, 모터의 소형화도 가능하였다. 박성제 등<sup>(23)</sup>은 리니어 압축기의 scale-up 설계 방법을 묘사하고자 리니어 압축기 특성을 해석적으로 묘사하고, 설계 방정식들을 유도하여 scaling 법칙을 표현하였다.

고준석 등<sup>(24)</sup>은 극저온 냉각기용 리니어 압축기에 대한 제작 및 특성 실험에 대하여 고찰하였으며, 김진동 등<sup>(25)</sup>은 오일 소음 문제를 고찰하였다.

#### 3.2 로타리 압축기

현재 가정용 룸 에어컨에 주로 사용되고 있는 로타리 압축기에 대한 연구에는 지난 2003년과 유사하게 오일과 관련한 연구가 큰 비중을 차지하고 있으며, 압축기 성능해석, 트윈 로타리형에 대한 연구 및 소음 문제 등이 주요 연구 주제였다<sup>(26)-(30)</sup>.

조필재 등<sup>(27)</sup>은 가시화 기법을 이용하여 테스트 모델과 가시화 창이 장착된 압축기 상부의 오일 거동 특성을 분석하였으며, 새로운 정량화 기법을 개발함으로써 오일 거동에 대한 정량적 연구 가능성을 제시하였다. 남보영 등<sup>(28)</sup>은 양식장 등에 산소공급을 목적으로 사용하는 압축기를 대상으로 손실해석을 수행한 결과 압축기 손실의 약 59%는 기계적 마찰 손실이며, 마찰 손실의 약 90%는 베인 선단과 실린더 내면 사이의 마찰에 기인한다는 사실을 밝혔다.

장인선 등<sup>(30)</sup>은 로타리 압축기의 실린더 압축과정에서 발생하는 압력 맥동 소음을 1차적으로 감소시키는 머플러를 3가지 타입별로 제작하여, 효과를 비교, 분석하였다.

#### 3.3 사판식 압축기

사판식 압축기는 타 압축기에 비해 운전범위가 넓고, 내구성이 우수한 특징으로 인하여 자동차 에어컨용으로 가장 널리 사용되고 있는 압축기로서 2004년에는 가변용량형 압축기에 대한 연구가 주를 이루고 있다<sup>(31)-(33)</sup>.

김민준 등<sup>(31)</sup>은 가변 사판식 압축기를 평가할 수 있는 테스트 장치를 설계, 제작하고, 이를 통해 스트로크 제어방식의 가변용량형 압축기의 사판실 압력변화에 따른 압축기 특성을 고찰하였으며, 가변압축기의 제어에 관한 또 다른 연구<sup>(32)</sup>에서 제어밸브에 인가되는 전류 값을 조절함으로써 압축기 흡입압력이 제어될 수 있다는 것을 확인하였다. 이태진 등<sup>(33)</sup>은 자동차 운전 속도에 따른 냉매 순환량 변화에 대해 실험과 계산 결과를 비교하였고, 가변 사판의 동적거동 해석을 위해 모멘트 평형방정식을 제시하였다.

#### 3.4 스크롤 압축기

2004년에도 용적형 압축기 중에서 스크롤 압축기에 관한 연구가 가장 활발히 행해졌으며, 성능과 관련한 연구, 압축기 관련 부품 설계, 스크롤 압축기를 사용한 에어컨의 냉방 및 난방 특성에 대한 연구 등이 발표되었다<sup>(34)-(39)</sup>.

장기태 등<sup>(34)</sup>은 축 방향 간극과 압축기 회전수가 압축기의 효율에 미치는 영향에 대하여 고찰하였으며, 박익서 등<sup>(35)</sup>은 급탕기용 CO<sub>2</sub> 압축기의 성능을 Hot Gas 시스템을 통하여 실험적으로 고찰하였으며, 이를 통해 냉매순환양은 압축기 회전수 및 흡입압력이 증가할수록 압축기의 토출온도가 증가하지만, 상대적으로는 회전수 증가에 대해 토출온도의 변화는 거의 없는 것으로 관찰되었다.

서정환 등<sup>(36)</sup>은 압축기 진동 수준을 극소화하기 위한 상부 및 하부 균형추의 크기 및 형상 설계에 활용하고자 측정 및 진동해석 모형을 기반으로 하는 진동 평면법 (V-plane)을 제안하고 이의 효용성을 고찰하였다.

권영철 등<sup>(38)</sup>은 다양한 실내외 조건에 적용가능한 상용 멀티 시스템 에어컨을 모델로 하여 제품의 고유 냉방 제어 알고리즘에 대하여 고찰하였으며, 진의선 등<sup>(39)</sup>은 난방 성능에 대해 각각 실험, 고찰하였다.

Table 1 Domestic publications on compressor in 2004

	PUBLICATION						AUTHOR			
	JOURNAL			CONFERENCE			Univ.	Company	Institute	Total
	KFMA	KSME	SAREK	KFMA	KSME	SAREK				
Linear	-	-	-	2	-	2	1	2	1	4
Rotary	-	-	-	1	1	3	4	1	-	5
Swash Plate	-	-	-	1	-	2	3	-	-	3
Scroll	-	-	1	2	-	3	4	2	-	6
Reciprocate	-	-	-	2	-	1	1	2	-	3
Orbiter	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1
Centrifugal	6	2	-	4	1	-	3	3	7	13
Axial	1	4	-	3	-	-	5	-	3	8
Total	7	6	1	15	2	12	22	10	11	43

### 3.5 왕복동 압축기

왕복동 압축기에 대한 연구는 주로 소음 문제와 관련하여 진행되어 왔다. 김병현 등<sup>(40)</sup>은 CFD를 통한 수치해석적 방법으로 압축기 흡입머플러를 설계하고, 실험 결과와 비교, 분석하였다. 또한 이진우 등<sup>(41)</sup>은 왕복동 압축기의 고주파 소음을 감소시키기 위한 2가지 방법으로서, 압축기 내부에서 발생되어 토출 파이프와 서스펜션으로 전달되는 진동을 억제하는 방법과 쉘의 진동 억제를 통한 방사소음을 낮추는 방법을 소개, 적용하고 그 결과를 분석하였다.

고원 등<sup>(42)</sup>은 용량이 수십내지 수백마력급에 이르는 CNG 압축기에 대한 설계 프로그램을 개발함으로써 주문 생산에 따른 성능 예측을 가능하게 하였다.

### 3.6 기타-오비터 압축기

기존의 왕복동 압축기의 단점을 근본적으로 극복할 수 있는 새로운 구동 방식의 오비터 (orbiter) 압축기가 조광명 등<sup>(43)</sup>에 의해 제안되었다. 오비터 베인은 경판 한쪽 면에 원형의 베인이 구성되어 있고, 중앙의 허브에는 크랭크 편심부가 관통하고 있는 구조를 취하고 있다. 또한 베인은 원형으로서 제작이 용이하며, 공간 활용 면에서 매우 유리한 구조로 되어 있어 압축기의 대용량화가 가능하다.

## 4. 결론

2004년 한 해 국내에서 발표된 압축기 관련 논문

에 대해 간단히 정리해 보았으며, 발표된 학술지와 관련분야 및 주저자의 소속은 Table 1에서 보여주고 있다. 본 조사는 유체기계저널 (KFMA), 대한기계학회 논문집 (KSME) 및 대한설비공학회 논문집 (SAREK) 등 각각의 학술지 및 학술대회 논문집을 중심으로 이루어졌다.

2004년 한 해 동안 총 43편의 논문이 발표되었다. 터보형 압축기는 21편 (49%)으로서 2003년과 동일한 발표 편수를 보였으며, 용적형 압축기는 22편 (51%)으로서 2003년에 비해 약간 감소하였다.

각 압축기 형식에 따라 발표 학술지가 구분되는 양상을 보여주는 바, 터보형 압축기는 주로 유체기계공업학회를 통해 발표 (67%) 되었으며, 용적형은 대한설비공학회 (59%)를 중심으로 이루어졌다는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 2003년과 유사한 것이다. 발표된 논문의 주저자 소속에 따라 분류를 해 보면, 약 51% (22편)는 대학을 중심으로 이루어 졌으며, 기업체 및 연구소는 각각 23% (10편), 26% (11편)으로서 비슷하다.

터보형 압축기 관련 연구 중 원심형 압축기는 13편으로 약 62% (13편/22편)를 차지함으로써 2003년에 비해 약간 증가하였다. 연구 주제로는 압축기 불안전성, 성능해석, 공력설계 및 익단간극의 영향 등을 중심으로 진행됨으로써 2003년과 유사한 경향을 보였다.

터보형 압축기는 연구소에서 상대적으로 활발한 연구가 이루어져 약 48% (10편/21편) 정도 차지하며, 용적형의 경우는 약 64% (14편/22편)가 대학을 중

심으로 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다.

### 참고문헌

- (1) 이경용, 최영석, 박운진, 2004, "R134a 터보냉동기용 원심압축기의 성능특성에 관한 수치해석적 연구," 유체기계저널, 제 7권, 제 2호, pp. 14~20.
- (2) 최법석, 박무룡, 황순찬, 박준영, 2004, "가변속 고속블로워의 성능특성에 관한 연구," 유체기계저널, 제 7권, 제 5호, pp. 43~49.
- (3) 노준구, 김진한, 2004, "탠덤 디퓨저의 상대 위치에 따른 원심압축기 성능 예측," 유체기계저널, 제 7권, 제 2호, pp. 27~34.
- (4) 조형희, 최항철, 김광호, 정진택, 2004, "초소형 2차원 원심압축기의 설계 및 성능특성," 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 405~410.
- (5) 이경용, 최영석, 박운진, 2004, "R134a 터보냉동기용 원심압축기의 익단간극이 성능특성에 미치는 영향에 관한 수치해석적 연구," 유체기계저널, 제 7권, 제 6호, pp. 38~44.
- (6) 강정식, 임병준, 차봉준, 양수석, 2004, "운전 익단간극을 고려한 마이크로터빈 코어용 원심압축기의 성능특성 연구," 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 411~418.
- (7) Eum, H. J., Kang, Y. S., and Kang, S. H., 2004, "Tip Clearance Effect on Through-Flow and Performance of a Centrifugal Compressor," KSME International J., Vol. 18, No. 6, pp. 979~989.
- (8) 오종식, 2004, "소형 2단 터보냉동기용 압축기의 공력 재설계," 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 434~436.
- (9) 박준영, 박무룡, 최상규, 윤의수, 황순찬, 2004, "지열 히트펌프 시스템용 터보 압축기 개발," 대한기계학회 2004년도 추계학술대회 논문집, pp. 1395~1400.
- (10) 김홍원, 류승협, 갈상학, 하지수, 2004, "박용 터보차저 압축기의 임펠러 출구지름 변경에 따른 유동 해석 연구," 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 675~679.
- (11) 음학진, 강신형, 2004, "스톨 근처에서 원심압축기 임펠러의 내부 유동 현상에 관한 연구," 대한기계학회 논문집 B, Vol. 28, No. 3, pp. 330~337.
- (12) 임병준, 차봉준, 2004, "입구 안내의 영향으로 인한 원심 압축기 불안정성 연구," 유체기계저널, 제 7권, 제 3호, pp. 23~31.
- (13) 전완호, 2004, "터보냉동기의 소음원 파악 및 저소음화에 대한 연구," 유체기계저널, 제 7권, 제 3호, pp. 7~13.
- (14) 최민석, 백제현, 2004, "입구 경계층 두께가 축류 압축기 손실에 미치는 영향," 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 419~426.
- (15) 이재석, 김진희, 김동범, 송성진, 2004, "압축기 슈라우드 캐비티에 기인한 손실 해석," 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 427~433.
- (16) 이공희, 박종일, 백제현, 2004, "선형 압축기 익렬에서 발생하는 익단 누설 와류내의 레이놀즈 응력 분포 (I) - 입구 유동각 변화의 영향," 대한기계학회 논문집 B, Vol. 28, No. 8, pp. 902~909.
- (17) 신유환, Elder, R. L., 김광호, 2004, "다단 축류 압축기 정익 흡입면에서의 비정상 경계층 유동 특성," 대한기계학회 논문집 B, Vol. 28, No. 10, pp. 1210~1218.
- (18) 최창호, 노준구, 김진한, 2003, "압축기용 S형 덕트 유동에 대한 수치해석적 연구," 유체기계저널, 제 7권, 제 4호, pp. 40~46.
- (19) Lee, S. B., Kim, H. J., Kim, J. H., and Song, S. J., 2004, "Computation of Turbulent Flows and Radiated Sound From Axial Compressor Cascade," KSME International J., Vol. 18, No. 2, pp. 272~285.
- (20) 장춘만, Li Ping, 김광용, 2004, "축류 압축기 동익의 스윙각 최적화," 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 437~442.
- (21) An, S. L., and Vedichtchey, A. F., 2004, "LP Compressor Blade Vibration Characteristics at Starting Conditions of

- a 100 MW Heavy-duty Gas Turbine,” KSME International J., Vol. 18, No. 6, pp. 895~903.
- (22) 홍언표, 박경배, 최기철, 이형국, 2004, “Line Start형 리니어 압축기,” 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 697~702.
- (23) 박성제, 홍용주, 김효봉, 2004, “선형 압축기의 Scale-up 설계를 위한 고찰,” 대한설비공학회 2004년도 동계학술발표회 논문집, pp. 624~629.
- (24) 고준석, 정상권, 2004, “극저온 냉각기용 직렬식 선형 압축기에 대한 실험적 연구,” 대한설비공학회 2004년도 동계학술발표회 논문집, pp. 620~623.
- (25) 김진동, 김형석, 이형국, 2004, “리니어 컴프레서의 오일 소음 저감,” 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 514~516.
- (26) 김윤석, 김용재, 고한서, 윤영, 이승갑, 2004, “로터리 압축기 내부의 오일거동 분석 및 정량화 기법 개발,” 대한설비공학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp. 777~782.
- (27) 조필재, 김윤석, 이승갑, 윤영, 고한서, 2004, “로터리 압축기 내부의 오일 거동 가시화 및 정량화,” 대한기계학회 2004년도 추계학술대회 논문집, pp. 1580~1585.
- (28) 남보영, 김현진, 2004, “로터리 베인 압축기의 성능해석,” 대한설비공학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp. 747~752.
- (29) 안종민, 김현진, 황선웅, 김명균, 2004, “트윈 로타리 압축기의 성능시험,” 대한설비공학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp. 753~757.
- (30) 장인선, 김봉준, 윤영, 성춘모, 이승갑, 2004, “신규 저소음 및 고효율 머플러 적용 회전식 압축기 개발,” 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 533~539.
- (31) 김민준, 이진호, 박익서, 2004, “사판실 압력변화에 따른 가변용량형 사판식 압축기의 성능에 관한 실험적 고찰,” 대한설비공학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp. 765~770.
- (32) 김민준, 이진호, 박익서, 2004, “자동차 에어컨용 가변압축기의 제어 특성에 관한 실험적 고찰,” 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 691~696.
- (33) 이태진, 이진호, 한영창, “자동차용 가변용량 사판식 압축기의 동적 거동 해석,” 대한설비공학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp. 771~776.
- (34) 장기태, 정상권, 2004, “열전달 및 마찰열이 스크롤 압축기의 성능에 미치는 영향에 대한 연구,” 대한설비공학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp. 783~788.
- (35) 박익서, 김민준, 이진호, 2004, “급탕기용 CO<sub>2</sub> 압축기의 성능에 관한 실험적 고찰,” 대한설비공학회 2004년도 동계학술발표회 논문집, pp. 615~619.
- (36) 서정환, 이동수, 김승엽, 조남규, 이형국, 2004, “진동평면모형을 이용한 스크롤 압축기 균형추 설계,” 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 527~532.
- (37) 최세현, 이병철, 김명균, 조양희, 2004, “스크롤 압축기의 바이패스 밸브 설계,” 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 687~690.
- (38) 권영철, 고국원, 진의선, 허삼행, 전용호, 이영덕, 박인규, 2004, “인버터 스크롤 압축기를 사용한 멀티 에어컨의 냉방 특성에 대한 실험적 연구, 설비공학논문집, Vol. 16, No. 4, pp. 311~317.
- (39) 진의선, 허삼행, 권영철, 고국원, 이영덕, 박이규, 전용호, “인버터 스크롤 압축기를 사용한 3실 에어컨의 난방성능,” 대한설비공학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp. 337~341.
- (40) 김병현, 이성태, 박성우, 2004, “실험계획법을 이용한 왕복동 압축기의 흡입머플러 설계 (실험과 해석적 접근),” 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 517~520.
- (41) 이진우, 이재원, 주재만, 2004, “왕복동 압축기의 고주파수 대역 소음 저감,” 유체기계공업학회 2004 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 521~526.
- (42) 고원, 김현진, 2004, “CNG 압축기 설계 프로그램 개발,” 대한설비공학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp. 741~745.
- (43) 조광명, 김현진, 2004, “오미터 압축기의 가변반경 기구 설계,” 대한설비공학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp. 758~764.