

압축기 분야 연구동향

차 봉 준*

1. 서 론

2005년 한 해 동안에 국내에서 발표된 압축기 관련 논문들을 유체기계공업학회, 대한기계학회 및 대한설비공학회를 대상으로 살펴보았다. 본 연감이 압축기 분야에서 연구하고 있는 분들께 연구동향을 파악하고 연구방향을 설정하는데 조금이나마 도움이 되고, 또한 압축기 관련 산업 상호간의 기술적 이해와 협력을 높일 수 있기를 기대한다.

2. 터보형 압축기

2.1 원심 압축기

원심 압축기에 대한 2005년도의 연구실적을 보면 전체적으로 압축기 성능특성에 관한 연구 특히, 비정상 상태에서의 해석적 성능연구, 전산해석을 이용한 유동현상에 대한 연구 그리고 성능시험을 바탕으로 한 성능특성 연구들로 구분된다.

국내외에서 최근에 발표되고 있는 원심 압축기에 관한 연구들은 대부분이 압축기 성능을 극대화 또는 최적화하기 위한 비정상 상태에 대한 연구들이 주류를 이루고 있다. 이것은 원심 압축기 설계기법이 기술적으로 이미 어느 정도 안정화 또는 일반화되었기 때문에 이러한 설계기법으로도 압축기의 고전적 성능을 충분히 만족시킬 수 있다는 의미하고 있으며, 최근부터는 이러한 고전적 성능을 뛰어넘는 성능을 얻기 위한 기술들을 연구하여 넓은 작동영역에서도 고압축비를 갖는 원심 압축기 개발에 많은 관심이 집중되고 있음을 뜻한다.

음학진 등⁽¹⁾은 원심 압축기 하류의 정압교란에 의한 원심압축기 동적거동에 대한 3차원 수치해석/비정상 성능특성 예측을 위한 1차원 해석 모델을 개발하

였다. 박재형 등⁽²⁾은 입구 비균일 유동이 고속 원심 압축기의 정상/비정상 성능특성에 미치는 영향을 시험적으로 연구하였는데 이에 따르면 비균일 유동의 영향은 stall cell의 수, 진행 속도에 거의 영향을 끼치지 않는 반면에 stall은 저속에서는 균일 유동에 비해 높은 유량에서 발생하고 고속에서는 적은 유량에서 발생한다는 흥미로운 결과를 발표하였다.

원심 압축기 내부 유동에 대한 연구로서 윤용상 등⁽³⁾은 원심 압축기 비대칭 틱간극에 대한 새로운 해석모델을 제시하였으며 Moor-Greitzer 모델을 기초로 구성된 압축기 특성을 사용하여 압축기 입, 출구의 2차원 유동을 예측하였다. 또한 3차원 전산해석에 대한 연구로서 원심 압축기 벌류트에 대한 연구⁽⁴⁾와 이차 유동에 대한 연구⁽⁵⁾가 발표되었다. 원심 압축기 설계에 대한 연구는 단 1건으로서 상대적으로 저조하였다. 김홍원 등⁽⁶⁾은 선박용 디젤엔진 터보차저의 원심 압축기 설계결과를 발표하였다.

성능시험을 바탕으로 발표된 연구들로서 홍동민 등⁽⁷⁾은 베인 없는 디퓨저를 가진 2차원 원심 압축기의 성능 및 유동특성을 실험하였으며, 최재호 등⁽⁸⁾은 압축비가 4:1 인 가스터빈엔진용 원심 압축기에 대한 공력설계/해석과 성능시험을 통해서 wedge 디퓨저와 airfoil 디퓨저의 deswirl를 장착했을 경우 하류에서의 유동 균일성을 비교하였다. 강정식 등⁽⁹⁾은 익단간극 센서를 사용하여 원심 압축기의 운전 익단간극을 측정하면서 익단간극 변화에 따른 압축기 성능특성과 임펠러와 베인 디퓨저와의 매칭에 대한 연구결과를 발표하였다.

2.2 축류 압축기

지난 1년 동안 축류 압축기에 대한 연구는 크게 최적화 연구⁽¹⁰⁾⁻⁽¹²⁾와 유동에 대한 연구⁽¹³⁾⁻⁽¹⁵⁾로 나눌 수 있다. 장춘만 등⁽¹⁰⁾은 response surface method와 3차원 Navier-Stokes 해석기법을 사용하여 단단 천음속 축류압축기의 정익형상에 대한 최적설계

* 한국항공우주연구원 항공추진그룹
E-mail : cha@kari.re.kr

기법을 개발하였다. 이 밖의 최적화 연구들로서 장춘만 등⁽¹¹⁾은 천음속 축류압축기를 대상으로 날개의 중첩선 형상을 수치적으로 최적화함으로써 압축기의 단열효율 향상을 시도하였으며 이를 위하여 스윙-린-스큐로 구성된 중첩선 및 단열효율을 각각 형상변수 및 목적함수로 선정하였다. 또한 단단 천음속 축류압축기의 단열효율 향상을 위한 동익과 정익의 staking line에 대한 최적화 연구⁽¹²⁾를 발표하였다.

내부유동에 대한 연구로서 손대웅 등⁽¹³⁾은 회전환경에서 축류압축기 슈라우드 캐비티 내에 대한 실험연구를 통하여 정익 하류에서 누수에 의한 손실과 출구 유동각 변화에 대한 연구결과를 발표하였다. 최민석 등^{(14),(15)}은 입구 경계층 두께가 축류압축기 내부 유동에 미치는 영향을 3차원 전산해석기법을 사용하여 고찰하였다.

3. 용적형 압축기

3.1 로터리 압축기

현재 가정용 룸 에어컨에 주로 사용되고 있는 로터리 압축기에 대한 연구에는 지난 2004년과 유사하게 오일과 관련한 연구가 큰 비중을 차지하고 있으며⁽¹⁶⁾⁻⁽¹⁸⁾, 소음 문제⁽¹⁹⁾ 등이 주요 연구 주제였다.

조필재 등^{(16),(17)}은 냉방기용 로터리 압축기를 대상으로 가시화 기법을 사용하여 가시화창에 장착된 압축기와 토출관부에 레벨게이지를 이용하여 상부의 오일량과 실제 토출량과의 상관관계를 분석, 머플러 타입별로 로터리 압축기 내부 및 토출관 내부의 오일거동을 분석하였다. 이와 유사한 연구로서 가시화 기법을 이용하여 테스트 모델과 가시화창이 장착된 압축기 상부의 오일 거동을 가시화하고, 새로운 정량화된 기법을 개발하여 현재까지 수행된 바 없는 실제 가동중인 압축기 상부의 오일 거동 분석에 대한 연구⁽¹⁸⁾도 발표되었다. 소음에 관한 연구로서 장인선 등⁽¹⁹⁾은 냉방기용 압축기 실린더 압축과정에서 발생하는 압력 맥동소음을 감소시키기 위해 3가지 형태의 머플러를 사용하여 압축기 소음 및 성능 특성들을 고찰하였다.

3.2 사판식 압축기

사판식 압축기는 타 압축기에 비해 운전범위가 넓고, 내구성이 우수한 특징으로 인하여 자동차 에어컨용으로 가장 널리 사용되고 있는 압축기로서 2005년

에는 성능해석⁽²⁰⁾과 가변용량형 압축기⁽²¹⁾에 대한 연구 단 2건의 논문이 발표 되었다.

박익서 등⁽²⁰⁾은 자동차용 CO₂ 사판식 압축기 성능 해석 프로그램을 개발하여 사판 경사각 변화 및 흡, 토출구의 크기 변화에 따른 성능분석 및 최적설계를 위한 기초자료들에 대한 연구를 발표하였다. 이태진 등⁽²¹⁾은 가변용량 압축기 중요 부품인 사판 경사각 조절밸브 거동을 이해하기 위해 수치해석적 모델링 기법을 개발하였으며 실험을 통해 해석기법에 대한 타당성을 규명하였다.

3.3 스크롤 압축기

스크롤 압축기의 경우, 2004년도의 활발한 연구발표 건수와 대조적으로 2005년에는 단 1건의 연구만이 발표되었다.

남보영 등⁽²²⁾은 2단 압축 CO₂ 에어컨 사이클에서 제1단의 압축기와 일체형 구조를 갖는 팽창기에 대한 예비설계 과정으로서 기존 R140A용으로 설계된 스크롤 압축기의 선회 스크롤 및 고정 스크롤 형상을 갖는 일체형 스크롤 팽창기 및 스크롤 압축기 유니트의 해석적 모델을 사용하여 여러 가지 운전 조건에서 CO₂ 사이클의 성능에 미치는 영향을 살펴보았다.

3.4 왕복동 압축기

소음 문제와 관련된 연구들이 주류를 이루었던 2004년도와 달리 2005년도에서는 효율 향상에 관한 단 2건의 열전달 연구^{(23),(24)}만이 발표되었다. 심윤희 등⁽²³⁾은 왕복동식 밀폐형 압축기 대하여 압축기 내부의 온도분포 및 열전달 관계를 해석할 수 있는 수치해석적 모델을 개발하고 압축기 효율향상을 위한 기초자료들을 도출하였다. 또한 심윤희 등⁽²⁴⁾은 선행연구에서 개발된 프로그램을 이용하여 압축기 효율향상을 위한 방안을 찾기 위한 parametric study를 수행하였는데, 이 연구에서는 압축기 셀 외부 열전달 면적, 주요 고체부분의 열전도율, 흡입계통 및 토출계통의 단열에 따른 총괄 열전달계수들이 효율을 지배하는 주요 인자라는 연구결과를 발표하였다.

3.5 기타

아래의 압축기 분류에 속하지 않은 연구들로서, 마

Table 1 Domestic publications on compressor in 2005

	PUBLICATION						Total
	JOURNAL			CONFERENCE			
	KFMA	KSME	SAREK	KFMA	KSME	SAREK	
Linear	-	-	-	-	-	-	0
Rotary	1	-	1	-	-	2	4
Swash Plate	-	-	-	-	-	2	2
Scroll	-	-	-	-	-	1	1
Reciprocate	-	-	2	-	-	-	2
General/Micro	-	1	-	-	-	2	3
Centrifugal	1	1	-	3	4	-	9
Axial	-	3	-	2	1	-	6
Total	2	5	3	5	5	7	27

이므로 압축기의 최적설계에 대한 연구⁽²⁵⁾와 압축기 운용에 관련된 제어기법 연구들^{(26),(27)}도 지난 한 해에 발표되었다.

이일환 등⁽²⁵⁾은 압축비 1 이하인 저압 박막 구동형 마이크로 압축기의 직렬연결 최적화 설계기법을 발표하였다. 한도영 등⁽²⁶⁾은 탠덤형 시스템에서 압축기와 전자팽창밸브를 제어하기 위한 알고리즘을 개발하고 실험을 통해 타당성을 입증하였다. 박민섭 등⁽²⁷⁾은 자기베어링 액츄에이터의 틱간극 액츄에이션을 이용한 압축기 서지 압력 측정부 피드백 제어연구를 발표하였다.

4. 결론

2005년 한 해 국내에서 발표된 압축기 관련 논문을 유체기계저널(KFMA), 대한기계학회 논문집(KSME) 및 대한설비공학회 논문집(SAREK)과 각각의 학술대회 논문집을 중심으로 간단히 정리해 보았다. 분야별 게재논문과 발표논문들을 Table 1에 학회별로 구분하여 표시하였다.

2005년에는 전년도 대비 약 63%에 불과한 27편의 논문이 발표되었는데, 분야별로 살펴보면 터보형 압축기는 15편(55.5%), 용적형 압축기는 12편(44.5%)로서 거의 대등한 분포를 보이고 있다.

각 압축기 형식에 따라 발표 학술지가 구분되는 양상을 보여주고 있는데, 터보형 압축기는 100% 모두가 대한설비공학회를 제외한 두 학회를 통해 발표되었으며, 이와 대조적으로 용적형 압축기는 대한설비공학회(83.3%)를 중심으로 이루어졌다는 것을 알 수 있

다. 이러한 경향은 2004년과 유사한 현상으로서 이것은 유체기계학회 및 대한기계학회에서 발표되고 있는 대부분의 압축기는 발전용 가스터빈 또는 추진용 가스터빈 등과 같은 터보기계용인 반면, 대한설비공학회의 경우에는 냉방 시스템 등과 같은 설비에 적용이 많이 되고 있는 압축기에 관심이 집중되고 있음을 알 수 있다.

발표된 논문들 대부분이 설계/해석기법 자체를 개발한 내용이기 보다는 비정상 특성해석, 가변용량을 위한 제어기술, 저소음화 기술 등과 같이 이미 개발된 설계기법에 대한 고효율화 및 최적화 기술들을 개발하는데 초점을 맞추고 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 연구동향은 해외의 경우에도 유사하게 나타나고 있다.

참고문헌

- (1) 음학진, 강신형, 2005, “하류 정압교란에 의한 원심 압축기의 비정상 성능특성에 관한 연구,” 대한기계학회 창립 60주년 기념 춘계학술대회 논문 초록집, pp. 233.
- (2) 박재형, 강신형, 2005, “입구 비 균일 유동이 원심 압축기의 정상 및 비정상 성능에 미치는 영향,” 대한기계학회논문집 B권 제29권 제9호, pp. 971~978.
- (3) 윤용상, 송성진, 2005, “비대칭 틱간극이 원심 압축기의 유동에 미치는 영향,” 유체기계공업학회 2005 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 533~541.

- (4) 배황, 윤주식, 박기철, 장근식, 2005, “원심 압축기 벌류트 3차원 유동의 수치해석,” 대한기계학회 창립 60주년 기념 추계학술대회 논문 초록집, p. 85.
- (5) 오종식, 2005, “Numerical Investigation of Secondary Flow in Centrifugal Compressor Stage4,” 유체기계공업학회 2005 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 542~548.
- (6) 김홍원, 류승협, 갈상학, 하지수, 김승국, 2005, “중형 엔진 터보차저의 원심 압축기에 관한 공력학적 3차원 형상 및 구동용 연소기 설계,” 유체기계공업학회 2005 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 517~524.
- (7) 홍동민, 정진택, 최향철, 신유환, 김광호, 2005, “2차원 원심 압축기의 성능 및 유동 특성에 관한 실험적 연구,” 대한기계학회 창립 60주년 기념 추계학술대회 논문 초록집, p. 110.
- (8) 최재호, 한착희, 팽기석, 전승배, 김용런, 2005, “고압 압축기 설계 및 성능시험,” 대한기계학회 창립 60주년 기념 추계학술대회 논문 초록집, p. 46.
- (9) 강정식, 임병준, 차봉준, 양수석, 2005, “운전 익단간극을 고려한 마이크로터빈 코어용 원심 압축기의 성능특성 연구,” 유체기계저널 제8권 제1호, pp. 7~15.
- (10) 장춘만, 김광용, 2005, “단단 천음속 축류압축기의 정의형상 최적설계,” 대한기계학회논문집 B권 제29권 제5호, pp. 625~632.
- (11) 장춘만, Abdus Samad, 김광용, 2005, “효율 향상을 위한 축류 압축기 동익의 스윙, 린, 스큐각의 형상 최적화,” 유체기계공업학회 2005 연구개발 발표회 논문집, pp. 525~532.
- (12) 장춘만, Abdus Samad, 김광용, 2005, “단단 축류압축기 동익 및 정익의 Stacking Line 형상 최적화,” 대한기계학회 창립 60주년 기념 추계학술대회 논문 초록집, p. 74.
- (13) 손대웅, 김동범, 송성진, 2005, “축류압축기 슈라우드 캐비티내의 누수유동 경로에 대한 연구,” 유체기계공업학회 2005 연구개발 발표회 논문집, pp. 311~317.
- (14) 최민석, 박준영, 백재현, 2005, “입구 경계층 두께가 축류 압축기 내부 유동에 미치는 영향 (I),” 대한기계학회논문집 B권 제29권 제8호, pp. 948~955.
- (15) 최민석, 박준영, 백재현, 2005, “입구 경계층 두께가 축류 압축기 내부 유동에 미치는 영향 (II),” 대한기계학회논문집 B권 제29권 제8호, pp. 956~963.
- (16) 조필재, 성춘모, 신창주, 고한서, 2005, “로터리 압축기 상부 및 토출판 가시화에 의한 토유 오일 분석,” 대한설비공학회 동계학술발표회 논문집, pp. 570~578.
- (17) 조필재, 이승갑, 운영, 고한서, 2005, “로터리 압축기 머플러부의 가시화를 통한 내부 오일 거동 분석,” 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, pp. 248~253.
- (18) 조필재, 이승갑, 운영, 고한서, 2005, “가시화 기법을 이용한 로터리 압축기 상부의 오일 거동 분석,” 설비공학논문집, Vol.17, No.8, pp. 772~779.
- (19) 장인선, 김봉준, 운영, 성춘모, 이승갑, 2005, “신규 저소음 및 고효율 머플러 적용 회전식 압축기 개발,” 유체기계저널 제8권 제2호, pp. 23~30.
- (20) 박익서, 이진호, 2005, “CO₂용 사판식 압축기 성능 해석,” 대한설비공학회 동계학술발표회 논문집, pp. 564~569.
- (21) 이태진, 이진호, 2005, “내부제어밸브를 가진 사판식 가변용량 압축기의 거동에 관한 연구,” 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, pp. 254~259.
- (22) 남보영, 김우영, 김현진, 2005, “CO₂ 초임계 사이클을 위한 일체형 스크롤 압축기/팽창기,” 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, pp. 267~274.
- (23) 심윤희, 운영, 박윤철, 2005, “소형 냉장고용 왕복동식 압축기의 열전달에 관한 수치해석 연구,” 설비공학논문집, Vol.17, No.4, pp. 377~385.
- (24) 심윤희, 운영, 박윤철, 2005, “소형 냉장고용 왕복동식 압축기의 효율향상에 관한 연구,” 설비공학논문집, Vol.17, No.5, pp. 418~426.
- (25) 박민섭, 안형준, 한동철, 2005, “자기베어링을 이용한 컴프레서 서지 압력 측정부 피드백 제어,” 대한기계학회 창립 60주년 기념 추계학술

- 대회 논문 초록집, pp. 181.
- (26) 이일환, 윤재성, 김민성, 2005, “직렬 연결된 PZT구동 마이크로 압축기의 최적설계,” 대한설비공학회 동계학술발표회 논문집, pp. 421~426.
- (27) 한도영, 정남철, 2005, “텐덤형 냉방 시스템의 압축기와 전자팽창밸브 제어,” 대한설비공학회 동계학술발표회 논문집, pp. 469~473.