

## 송풍기 분야 연구동향

이 찬\*

### 1. 서론

2002년도의 국내 팬 및 송풍기 분야의 주요 연구동향을 요약하여 소개한다. 2002년도에도 국내 전문학술지와 학술대회들을 통해 많은 수의 팬 및 송풍기 논문들이 발표되었지만, 본 원고는 그 중에서도 국내외 터보기계 관련 전문 학술지인 대한기계학회 논문집(B), 설비공학논문집, 유체기계저널 및 유체기계공업학회 연구개발발표회 논문집들에 2002년도 게재된 팬 및 송풍기 분야의 논문을 중심으로, 이 분야의 연구동향을 분석하였다. 2002년도에 상기 학술지에 게재된 논문은 총 9 편(대한기계학회 논문집: 5편, 설비공학논문집: 1편, 유체기계저널: 3편)이며, 유체기계공업학회 연구개발 발표회를 통해 발표된 논문은 21편(송풍기분과 발표회: 13편, 유체기계 연구개발 발표회: 8편)으로 팬 및 송풍기 관련 설계, 유동, 성능 및 소음에 이르는 각 분야에 있어서 심도 있는 연구 및 기술 개발이 폭넓게 이루어졌다. 또한 논문 내용의 분석을 통해, 2002년도 이루어진 연구결과들이 송풍기 및 팬에 대한 다양한 형태의 형상설계, 최적화, 기초 실험, 성능시험 및 유동/소음 해석 등의 방법들에 의해 시도되었다는 점을 알 수 있으며, 이를 통해 국내 송풍기 및 팬 연구가 점차적으로 그 깊이와 폭을 넓혀가고 있음을 알 수 있다. 그러므로, 본 원고는 2002년도 학술지에 게재된 9 편과 유체기계공업학회 연구개발 발표회를 통해 발표된 논문 21편의 내용을 분석, 요약하여, 송풍기 및 팬 관련 산업계, 연구계 및 학계의 향후 연구에 도움을 주고자 한다.

### 2. 연구 내용의 분석

#### 2.1 학술지 논문

대한기계학회의 논문집과 KSME International Journal

\* 수원대학교 기계공학과  
E-mail : cleee@mail.suwon.ac.kr

을 통해 발표된 논문들은 총 5편으로 팬 설계, 전산해석 및 실험적 연구에 관련된 내용을 포함하고 있다. 조진수 외 3인<sup>(1)</sup> 이 발표한 “엇회전식 축류 팬의 공력 특성에 관한 실험적 연구” 논문은 엇회전식(counter-rotating) 축류 팬의 블레이드 설치각을 변화시켜 가며, 팬의 유동 및 성능 특성을 측정하였다. 측정을 위해서는 5공 프로브와 경사 열선을 사용하였다. 측정결과 엇회전식 팬이 기존 단회전식 팬(single-rotating fan)에 비해 15% 가량 효율이 향상되었고, 이러한 결과는 단회전식 팬 등의 후방의 선회속도 성분이 압력 손실을 발생시키기 때문임을 보여주었다.

윤정환 및 이상준<sup>(2)</sup>의 “Stereoscopic PIV 기법의 개발과 이를 이용한 축류 팬 후류의 유동해석” 논문은 2-D PIV 기법과 3-D stereoscopic PIV 기법을 축류 팬 후방의 3차원 후류 유동장 측정에 적용, 비교한 연구로서, 측정결과로부터 후류 유동이 주기적인 유동 구조를 범혀 내었고, 난류 강도의 측정에 있어서 2-D PIV 기법이 3-D stereoscopic PIV 기법에 비해 약 5.8% 이상 높게 나타남을 보여 주었다.

조진수 등<sup>(3)</sup> 이 발표한 “팬 후방 유동장을 고려한 팬-싱크 설계에 관한 연구”는 팬 후방에 부착되는 히트싱크가 팬 성능에 미치는 영향을 검토하기 위해 수치적, 실험적 연구를 수행하였다. 유동가시화를 위해서는 oil-dot 가시화 기법을 사용하였다. 팬 출구의 히트싱크에 곡선형태의 휨을 설치하면 유동저항을 최소화할 수 있고, 유량 증가 및 냉각 성능 향상에도 크게 기여함을 보여주었다.

맹주성 외 3인<sup>(4)</sup>이 발표한 “신경망 최적화 기법을 이용한 다익 팬/스크롤 시스템의 설부에 대한 형상 최적화”는 다익 팬의 2차원 및 3차원 CFD 계산 결과와 신경망 최적화 기법을 활용하여 팬 설부(cut-off)의 최적 설계 기준을 제시한 논문으로, 설부의 각도 및 간격/팬반경과의 비율이 71°, 0.092 일 때 가장 최적임을 보여주었다.

강신형 등<sup>(5)</sup>의 “Numerical Investigation of Flow

and Performance Characteristics of a Small Propeller Fan Using Viscous Flow Calculations”는 유한체적법을 이용하여 점성 유동장을 해석함으로써, 팬의 성능 특성을 규명하였다. 계산결과로부터, 팬의 낮은 유량 조건에서 팬의 축방향으로 유입되어 반경방향으로 배출되는 유동의 원심효과는 팬의 성능 특성을 크게 변화시킴을 보여주었다.

설비공학회 논문집에 발표된 논문인 “자동차용 시로코 팬의 성능 및 유동 특성에 관한 실험적 연구(유성연, 이대웅 저)”<sup>(6)</sup>는 시로코 팬의 여러 가지 설계 변수들을 변화시켜 가며, 설계변수들이 성능곡선에 미치는 영향을 규명하였다. 그리고 이 연구는 시로코 팬 설계 변수들에 대한 최적의 설계조건들을 제시하였다.

유체기계공업학회의 유체기계저널에는 총 3편의 송풍기 관련 논문들이 발표되었다. “상용 CFD 코드를 이용한 냉각 팬 공력소음의 발생 및 방사 해석(전완호 저)”<sup>(7)</sup>은 STAR-CD 코드를 이용한 팬 내부 유동장 해석결과를 바탕으로 공력 소음의 발생 및 방사 형태를 해석할 수 있는 방법을 제안하였고, 이러한 공력소음 해석방법을 여러 가지 팬 블레이드 설계에 대해 적용, 비교하였다.

전완호 등<sup>(8)</sup>에 의해 발표된 “청소기용 터보 팬의 비정상 유동장 및 공력 소음 해석”은 LG전자에서 개발하고 있는 청소기용 터보 팬의 설계를 위한 유동 해석 결과 및 소음 해석결과를 제시하고, 이러한 해석결과들을 설계 실체에 적용하는 과정을 보여주고 있다.

강창식 외 3인<sup>(9)</sup>의 논문인 “비정상 압력 측정을 통한 축류팬 유동특성에 관한 연구”는 축류 팬 내부 유동장의 비정상 압력 특성을 측정하여, 팬 내부의 순회 실속을 규명할 수 있는 기초적인 실험 자료를 제시하고 있다.

## 2.2 연구개발발표회 논문

유체기계공업학회에서는 송풍기분야 연구개발 발표회와 동계학회 연구개발발표회를 통해 송풍기 관련 많은 논문들이 발표되었다. 송풍기분야 연구개발 발표회를 통해서, 송풍기 개발을 위해 사용될 수 있는 상용 전산코드 및 설계 프로그램들의 소개와 실제 적용 사례들이 다음과 같은 논문들(발표사)이 발표되었다: “성능 및 소음의 inverse design method를 이용한 송풍기(팬) 설계(에어로네트)”<sup>(10)</sup>, “Fine/Turbo와 Fan/Design을 이용한 송풍기 설계 체계(CFTech)”<sup>(11)</sup>, “팬

의 유동 및 소음해석을 위한 프로그램 개발 및 적용(Fluent/KAIST)”<sup>(12)</sup>, “CFX를 이용한 송풍기 유동해석 및 설계(CFX Korea)”<sup>(13)</sup>, “STAR-CD를 이용한 Fan 해석 사례(STAR-CD)”<sup>(14)</sup> 및 “유체기계에 대한 SC/Tetra 적용 사례(CMS Tech)”<sup>(15)</sup>, 이러한 논문들은 기존의 전산코드 및 설계 프로그램들의 구조, 기능 및 응용성을 이해하는데 많은 도움을 주었다.

또한 송풍기 분야 연구개발 발표회에서는 팬 전문 업체와 가전, 공조업체들의 팬 개발사례에 대한 논문들이 7편 발표되었고, 김재원<sup>(16)</sup>은 “고압력 흡입환경에서의 시로코 팬 개발”이라는 논문을 통해, 팬 입구조건이 대기압보다 높은 고압 조건의 팬에 대한 선문대학교 공조기술연구센터의 개발사례를 소개하였고, 이재업 등<sup>(17)</sup>은 “고성능 사류 송풍기”라는 제목하에 동해기연에서 수행하고 있는 사류 송풍기 개발과정, 수치해법을 이용한 최적설계 방법 및 시제품의 성능 특성을 소개하였으며, 노준구, 소현영 등<sup>(18)</sup>은 “냉각탑용 저소음 축류 팬 개발”이라는 논문에서 경인기계에서 수행한 저소음 팬의 개발을 위한 설계 및 해석체계와 냉각탑 장착 팬 시제품의 성능, 소음 특성을 소개하였다.

가전, 공조업체들의 발표논문은 대부분 팬 소음 저감 및 개발방식에 대한 연구들이 주종을 이루었고, 만도공조의 에어컨 실외기용 축류 팬의 저소음화 연구를 소개한 “실외기 축류 팬 저소음화 연구(곽지호 외)”<sup>(19)</sup>와 대우전자의 상치형 공조기에서의 팬 유동 제어를 통한 소음 저감 개발사례를 다룬 “송풍기 흡입 유동제어를 통한 상치형 공조기의 소음저감(최영훈 외)”<sup>(20)</sup> 등이 발표되었다. 이외에도 엘지전자와 삼성전자의 “청소기용 터보 팬 및 모터 개발(류호선)”<sup>(21)</sup> 및 “팬 설계 시스템을 이용한 원심팬 개발(박성관)”<sup>(22)</sup>의 논문들이 최근의 가전업체의 팬 개발체계 및 방향을 소개하는 유익한 논문이었다.

2002년도 유체기계분야 연구개발 발표회 송풍기 session을 통해서 발표된 논문들 중에서, “주기적 순회 실속이 발생하는 축류 팬의 3차원 유동구조(강창식 외)”<sup>(23)</sup>는 축류 팬의 누설유동 및 회전 실속의 불안정성을 규명하기 위한 실험적 연구로서, 실험을 통해 반경방향 실속 셀의 구조를 밝혀내었다. 김광용 등<sup>(24)</sup>은 “원심 다익 송풍기의 미끄럼 계수에 대한 연구”라는 논문에서 수치적 실험을 통해 구한 미끄럼 계수에 대한 검증과 보정식을 제안하였고, 이승배 등<sup>(25)</sup>은 “익렬 날개 후단 소음의 저감”이라는 논문을 통해 원심 팬 익렬 후단의 serration 형태에 따른 소음저감의

영향을 실험적으로 규명하였다. 또한 전완호 등<sup>(26)</sup>은 “후드겸용 전자렌지 시로코 팬의 소음특성에 관한 연구”를 통해 후드겸용 전자렌지의 팬 소음원이 흡입구 부위의 강한 2차유동에 의한 것임을 실험과 계산을 통해 규명하였다.

이공희와 백재현<sup>(27)</sup>은 “전향 스윙 축류형 팬에서의 팁 누설 유동 구조” 논문에서 블레이드 하중 변화가 축류 팬 팁 간극 유동 특성에 미치는 영향을 수치적으로 규명하였다. 김찬규 등<sup>(28)</sup>은 “이차 흐름에 의한 스핀방향 믹싱효과와 선단특새흐름을 고려한 준삼차원 사류송풍기 내부흐름 해석”에서 준3차원 유동해석 방식에 반경방향 혼합모형을 결합하여 사류송풍기 계산에 적용하였다. 전용두와 이종수<sup>(29)</sup>는 “회류팬 유로최적화를 위한 수치실험” 논문에서 회류 팬 유로 최적화를 위한 전산유체역학적 계산을 수행하여, 유로 개선을 통한 팬 토출 유동 성능 향상을 보여주고 있다. 김동원 등<sup>(30)</sup>은 “수치해석적 기법을 이용한 회류팬 성능 평가”에서 회류 팬 스테빌라이저와 임펠러간의 상호작용 및 그에 따라 성능에 미치는 영향을 수치적으로 검토하였다.

### 3. 결 언

2002년 한해도 국내 송풍기 분야 연구의 수준과 깊이가 설계, 해석, 실험 및 시험 분야에 있어서 한층 더 심화되었음을 2002년도 국내에서 발표된 논문들을 통해 알 수 있었다. 특히 2002년 논문들이 대부분 기업과의 산-학 협동을 통해 이루어진 연구 결과라는 사실이 주목할 만한 점이며, 이를 통해 국내 송풍기 산업계에도 체계적이고 지속적인 연구/개발 체계가 뿌리내리고 있음을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- (1) 최진용 외, 2002, “엇회전식 축류 팬의 공력 특성에 관한 실험적 연구,” 대한기계학회논문집B, 제26권 제2호, pp. 201~210.
- (2) 윤정환, 이상준, 2002, “Stereoscopic PIV 기법의 개발과 이를 이용한 축류 팬 후류의 유동해석,” 대한기계학회논문집B, 제26권 제2호, pp. 362~373.
- (3) 조진수 외, 2002, “팬 후방 유동장을 고려한 팬-싱크 설계에 관한 연구,” 대한기계학회논문집B, 제26권 제8호, pp. 1055~1061.

- (4) 한석영 외, 2002, “신경망 최적화 기법을 이용한 다익 팬/스크롤 시스템의 설부에 대한 형상 최적화,” 대한기계학회논문집B, 제26권 제10호, pp. 1341~1347.
- (5) Oh, K.J. and Kang, S.H., 2002, “A Numerical Investigation of Flow and Performance Characteristics of a Small Propeller Fan Using Viscous Flow Calculations,” KSME International Journal, Vol.16, No.3, pp. 386~394.
- (6) 유성연, 이대웅, 2002, “자동차용 시로코팬의 성능 및 유동특성에 관한 실험적 연구,” 설비공학논문집, 제14권 제11호.
- (7) 전완호, 2002, “상용 CFD 코드를 이용한 냉각팬 공력소음의 발생 및 방사해석,” 유체기계저널, 제5권 제1호, pp. 13~19.
- (8) 전완호, 김창준 외, 2002, “청소기용 터보 팬의 비정상 유동장 및 공력소음 해석,” 유체기계저널, 제5권 제2호, pp. 36~42.
- (9) 강창식 외, 2002, “비정상 압력측정을 통한 축류팬 유동특성에 관한 연구,” 유체기계저널, 제5권 제3호.
- (10) 이승배, 2002, “성능 및 소음의 inverse design method를 이용한 송풍기(팬) 설계,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 1~8.
- (11) 노준구, 2002, “Fan/ Design을 이용한 송풍기 설계 체계(CFTech),” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 9~18.
- (12) 라선욱, 이진욱, 이덕주, 2002, “유동 및 소음해석을 위한 프로그램 개발 및 적용,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 19~36.
- (13) 이형욱, 2002, “CFX를 이용한 송풍기 유동해석 및 설계,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 37~50.
- (14) 이경현, 2002, “STAR-CD를 이용한 Fan 해석 사례,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 51~66.
- (15) 원영수, 2002, “유체기계에 대한 SC/Tetra 적용 사례,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 67~86.
- (16) 김재원, 2002, “고압력 흡입환경에서의 시로코 팬 개발,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 87~94.
- (17) 손민, 이재엽 외, 2002, “고성능 사류 송풍기,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 95~108.

송풍기 분야 연구동향

- (18) 노준구, 소현영 외, 2002, “냉각탑용 저소음 축류 팬 개발,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 109~114.
- (19) 박지호, 김준우 외, 2002, “실외기 축류 팬 저소음화 연구,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 115~120.
- (20) 김재원, 최영훈 외, 2002, “송풍기 흡입 유동제어를 통한 상치형 공조기의 소음저감,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 121~128.
- (21) 류호선, 남현식 외, 2002, “청소기용 터보 팬 및 모터 개발,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 129~134.
- (22) 박성관, 지성구, 2002, “팬 설계 시스템을 이용한 원심 팬 개발,” 송풍기분과 연구개발 발표회 논문집, pp. 135~140.
- (23) 강창식, 신유환, 김광호, 2002, “주기적 선회실속이 발생하는 축류 팬의 3차원 유동구조,” 2002 유체기계개발 발표회 논문집, pp. 105~110.
- (24) 구오엔민, 김광용, 서성진, 2002, “원심 다익 송풍기의 미끄럼 계수에 대한 연구,” 2002 유체기계개발 발표회 논문집, pp. 111~115.
- (25) 손정민, 이승배 외, 2002, “익릴 날개 후단 소음의 저감,” 2002 유체기계개발 발표회 논문집, pp. 116~122.
- (26) 전완호, 송성배 외, 2002, “후드점용 전자렌지 시료코 팬의 소음특성에 관한 연구,” 2002 유체기계개발 발표회 논문집, pp. 123~128.
- (27) 이공희, 백제현, 2002, “전향 스윙 축류형 팬에서의 팁 누설 유동 구조,” 2002 유체기계개발 발표회 논문집, pp. 131~136.
- (28) 김찬규, 전용두 외, 2002, “이차 흐름에 의한 스펀 방향 믹싱효과와 선단틈새흐름을 고려한 준삼차원 사류송풍기 내부흐름 해석,” 2002 유체기계개발 발표회 논문집, pp. 137~146.
- (29) 전용두, 이종수, 2002, “횡류팬 유로최적화를 위한 수치실험,” pp.2002 유체기계개발 발표회 논문집, pp. 147~151.
- (30) 김동원, 김윤제 외, 2002, “수치해석적 기법을 이용한 횡류팬 성능 평가,” 2002 유체기계개발 발표회 논문집, pp. 152~157.