

2019년 송풍기 및 환기시스템 분야 연구동향

이경용*

1. 서 론

2019년 한 해동안 송풍기 및 환기시스템 관련 총 5편의 논문이 게재되었고 학술대회 기간에 총 28편(하계 19편 및 동계 9편)의 논문이 발표되었다. 지난 3년간 송풍기 및 환기시스템 분야의 학술지 및 학술대회 논문은 아래 표와 같이 근소하게 증가하는 추세이다.

		2017년	2018년	2019년
논문		3	2	5
학술 대회	동계	7	13	19
	하계	8	15	9
합계		18	30	33

게재 및 발표된 논문은 주로 환기용 송풍기의 형상 개발, 구조설계 및 성능평가에 대한 내용이며 일반적인 송풍기 이외에 특수 송풍기에 대한 연구내용 및 소음저감을 위한 소음기 설계 등이 주를 이루고 있다. 2019년 한국유체기계학회를 통해 발표된 논문 제목은 아래와 같다.

〈논문〉

- 1) CFRP 분진 회수를 위한 흡입모듈 및 블로어 성능평가
- 2) 가역 축류송풍기용 근사대칭 이중원호익의 설계 및 성능해석
- 3) 안내 깃이 장착된 시로코 팬 성능과 내부 유동 연구
- 4) 입구부 허브캡 형상 매개변수에 따른 축류팬 성능 특성 연구
- 5) 유동-구조 연성해석 기법을 이용한 플라스틱 축류 팬의 블레이드 진동특성 평가

〈학술대회〉

- 1) 축류팬 설계 변수가 성능에 미치는 영향에 관한 실험적 연구
- 2) 공조 시뮬레이션을 통한 고효율 FAN 설계
- 3) 송풍기의 소음과 난류운동에너지의 상관관계 연구

- 4) 익형변화에 따른 불활성 가스공급 블로어 성능 분석
- 5) 터널 및 지하공간 환기용 축류 송풍기 효율적 선정 및 에너지비용 절감운전 연구
- 6) 송풍기 유량측정을 위한 멀티노즐 챔버의 설계 및 비교시험결과
- 7) 광산 막장 작업장의 환기 유동 특성
- 8) PAV(Personal Air Vehicle) 용 동축반전 프로펠러의 성능해석
- 9) 정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발-2차년도 개발 결과
- 10) 최대 날개 두께의 유동방향 위치에 따른 축류팬의 성능변화에 대한 수치해석적 연구
- 11) 허브캡 및 테일콘 형상 매개변수에 따른 축류팬의 공력학적 성능 특성 연구
- 12) 고압 축류팬용 환형 2개의 공기층을 가진 Pod형 원형 소음기 설계 연구
- 13) 유동-구조 연성해석 기법을 이용한 플라스틱 축류 팬의 블레이드 진동특성 평가
- 14) 축류팬의 구조안전성 평가에 대한 연구
- 15) 모달 테스트를 통한 송풍기 트러블 슈팅
- 16) LPWA기반 축류팬 감시 시스템 개발
- 17) 축류팬용 Pod형 원형 소음기의 환형 공기층 수에 따른 소음저감 특성
- 18) CFD해석 및 실험을 활용한 선풍기의 날개에 따른 유동특성 연구
- 19) 회전형 팬 및 피에조 팬의 복합 냉각 성능 측정
- 20) 정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발-3차년도 개발 결과
- 21) 날개각 및 시위길이가 축류팬의 공력성능에 미치는 영향성에 대한 수치적 연구
- 22) 팁 간극이 축류팬의 성능에 미치는 영향성에 관한 연구
- 23) 고압 축류팬용 Pod형 원통형 소음기 개발
- 24) 플라스틱 축류팬의 유동현상에 의해 발생하는 진동 특성 분석
- 25) 정방향 운전 위주의 가역형 축류팬의 피로수명에 대

* 한국생산기술연구원
E-mail : chrisst@kitech.re.kr

한 연구

- 26) 유한요소법(FEM)기반의 외력을 반영한 운전영역에서의 축류팬의 동적 안전성 해석
- 27) LPWA기반 축류팬 감시 시스템 개발
- 28) 냉동용 실외기 플라스틱 축류 팬의 설계, 유동 및 성능예측

본 연감에서는 위의 논문들의 연구내용을 요약 및 분석하여 2019년 송풍기 및 환기시스템 분야의 연구내용 및 동향을 정리하고자 한다.

2. 연구 내용 및 동향

서준원 등⁽¹⁾은 CFRP 드릴링/위터젯 복합가공시스템 국산화 개발을 위한 연구의 일환으로 실험과 수치해석을 병행하여 절삭가공시 회전수에 따른 CFRP 분진 회수를 위한 기본 및 재설계 흡입모듈의 작동점 및 흡입성능을 평가하는 연구를 수행하였다. 수치해석을 통해 기본모델의 내부유동장 및 시스템 저항곡선을 파악하여 유체의 거동이 원활하지 못한 부분은 형상 재설계를 수행하였고, 시제품으로 제작하여 실험을 통해 작동점 및 흡입성능을 측정하고 기본모델과 비교하여 성능을 확인하였다.

해당 연구를 통해 분진 회수를 위한 고효율, 고흡입 운전이 가능한 드릴링 가공시스템의 블로워 사양선정 및 흡입모듈의 수정모델 설계가 적절하게 이루어졌음을 확인하였고 향후 드릴링헤드와 위터젯헤드를 포함하는 복합헤드용 CFRP 분진 흡입장치의 제거가공에 대한 연구를 수행할 예정이다.

고희환 등⁽²⁾은 지하심도 100 m 이하의 초장대 대심도 터널에서도 사용할 수 있는 고온 가역(reversible) 축류팬에 채용할 근사대칭 에어포일의 설계 및 성능해석을 수행하였다. 축류팬 날개는 NACA 65 계열을 기본으로 설계하였고 요구 전압 1500 Pa, 정방향 대비 역방향 풍량 비율 98%를 목표로 하여 날개의 단면(동익의 스테킹 중심)은 무게 중심축에서 압전(leading edge)쪽으로 약간 이동한 근사대칭 익형으로 설계하였다. 축류 단(stage) 유동해석은 전용 소프트웨어인 ANSYS를 사용하여 축류팬 성능 최적화와 3차원 비압축성 정상상태 유동해석을 하였으며 시제품을 제작하여 AMCA 인증 공인시험실에서 유효성 확인 성능시험을 수행하였다.

연구결과로부터 직경 2100 mm 정방향 축류팬의 설계 및 성능해석 프로그램을 검증하여 해석결과 값이 실험결과와 잘 일치함을 확인하였으며 이러한 설계 및 성능해석 프로그램들이 가역송풍기의 설계 및 성능해석에 사용될 수 있음을 확인하였고 이 결과를 직경 2800 mm 정방향 대형 축류팬에 적용하여 공력설계 및 성능곡선도를 확보하였다. 또한 직경 2100 mm 가역 축류팬에도 적용하여 공력설계를 수행하였고 가역용 날개는 최대 캠버가 뒷전에 가까이 위치할수록 양정

과 효율이 높아짐을 확인하여 최대 캠버의 위치가 현재 정방향과 역방향 성능에 대해서 타협하는 위치에 존재함을 확인하였다.

이종원 등⁽³⁾은 시로코팬의 컷오프 각도 부근에 안내깃을 설치하여 출구 유로의 컷오프 각도 확대 각을 줄이는 효과를 발생시켜 유동의 손실을 줄이고 열교환기에 고르게 퍼질 수 있도록 하였으며, 컷오프 각도 부근에서 발생하는 유동 박리를 최소화하여 재순환영역을 줄이도록 하였다.

연구결과로부터 안내 익이 시로코 팬에 미치는 영향에 대해서 연구하였고 다양한 사례연구를 통해 풍량과 재순환영역의 상관관계를 조사하였다. 동일한 회전수에서는 재순환영역 크기가 줄어들수록 풍량을 증가시키는 원인이 되었지만 동일한 풍량일 땐 일률을 감소시키는 원인이 되는 것을 알 수 있다. 따라서 DPL1617 모델은 DP0와 동일 풍량을 내지만 상대적으로 낮은 일률과 높은 효율을 나타냈다. 추후연구에서 최적화뿐만 아니라 안내 깃을 익형(Airfoil)으로 변경하고 재순환영역이 생기는 부분에 안내 깃을 추가하는 연구를 진행한다면, 팬의 효율을 더 증가시킬 수 있을 것으로 예상하였다.

이슬기 등⁽⁴⁾은 축류팬의 내부 구조물을 보호하기 위해 임펠러의 허브 전면에 설치되고 동시에 불균일한 입구 유동을 줄여주는 역할을 하는 허브캡에 대해 입구부 허브캡의 유무 및 길이 비에 따른 축류팬의 공력학적 성능 및 내부 유동 특성에 대해 규명하기 위해 정상상태 삼차원 해석을 수행하였다.

해당 연구의 결과로서 허브캡이 설치될 경우 축류팬의 성능이 향상되지만 허브 캡 비가 상대적으로 작은 경우 효율이 낮게 이루어졌으며 임펠러 허브 인근에서 발생한 유동 박리로 인해 다른 경우와 비교하여 허브 캡의 역할이 제대로 수행되지 못함을 확인하였고 허브캡 비에 따라 성능이 향상되는 범위를 도출하였다. 또한 허브 캡이 설치되지 않을 경우, 불균일한 입구 유동으로 인해 임펠러 허브 인근에서 유동박리가 발생하고 이를 통한 성능저하를 확인하여 최적의 허브캡 비율을 제시하였다.

이찬 등⁽⁵⁾은 축류 팬 유동-구조 연성 해석의 일환으로서 냉동기용 플라스틱 축류 팬을 설계하였고, 설계된 팬에 대해 전산유체역학 방법을 이용하여 비정상 유동계산을 수행하였다. 비정상 유동계산 결과를 토대로, 플라스틱 팬 블레이드에 대한 정상상태 구조해석을 수행하였고, 이를 통해 블레이드 표면의 응력과 변형 분포를 계산하였으며 그 특성을 검토하였다. 더 나아가, 팬 블레이드에 대한 비정상 구조해석을 수행하여 블레이드 표면의 진동 특성도 규명하였다.

연구결과로부터 팬 블레이드 끝단 틈새의 누설유동이 블레이드 표면의 공기 압력분포에 영향을 미치며, 이러한 유동 현상은 블레이드 진동특성에도 현저한 영향을 미치는 것을 확인하였다. 또한 팬 블레이드 표면의 압력가진 및 그에 따른 진동은 BPF 배수에서 발생하며, 블레이드 진동 특성은 블레이드 표면 공기압력 분포 및 변동 특성과 밀접한 연관 관계

를 가진다는 것을 밝혔다. 팬 블레이드의 진동에 대해 후연 보다 전연에서, 허브보다는 끝단 근처에서 크게 발생하며, 끝단 근처에서 진동특성은 끝단 틈새의 누설유동에 의해 큰 영향을 받는다고 밝혔다. 마지막으로 팬 블레이드 진동은 공기 압력의 시간변동 특성과 주기(또는 주파수) 측면에서 동기화 되어 있으나, 진동주기 동안의 정점특성은 압력특성과 다소간 차이를 보이는 것을 확인하였다.

여환걸 등⁽⁶⁾은 냉동/냉장기 콘덴서용 실외기에 사용되는 축류팬의 일반적인 설계 후 사용 조건과 유사한 성능해석과 시제품의 성능 테스트로 요구되는 사양을 만족하기 위한 설계변수를 확인하였다.

결과로부터 축류 송풍기의 설계 요구사항을 만족하는 송풍기를 FanDAS 프로그램을 이용하여 설계하였고 설계형상에 대해 SimericsMP 프로그램으로 유동해석을 수행하여 성능을 확인한 이후 3D 프린터를 사용하여 팬의 샘플을 제작하여 실제 사용 환경과 같은 조건에서 성능을 테스트하고 본 연구의 결과를 실제 제품을 생산하기 위한 금형 설계 전 제품 설계에 반영하였다.

김재효 등⁽⁷⁾은 환경 설비 후단의 전 공전 가스 설비를 환경 설비로 흡입 유도시키는 ID(Induced) fan의 동력 소모를 줄이고 효율을 높일 수 있는 임펠러를 설계하고, 그에 대한 성능을 유동 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

해당 연구로부터 평판의 임펠러보다 곡면의 임펠러를 사용하여 효율을 상당히 향상시킬 수 있는 결론을 얻었으며, 이 연구 결과로 실제 제품을 제작하고 실험을 통해 검증을 진행하였다.

마상범 등⁽⁸⁾은 케이싱 및 벌류트 등 부속 부품이 결합된 실제 유체기계를 대상으로 분절소음 뿐만 아니라 광역소음을 포함한 소음과 난류의 상관관계를 조사하여 유체기계의 저소음 설계에 적용할 수 있는 결과를 얻고자 하였다.

연구 결과로서 송풍기 내부에서 발생하는 소음과 난류운동에너지의 상관관계에 대한 조사로부터 본 연구에 사용된 축류, 원심형 및 재생형 송풍기에서 소음과 난류운동에너지는 비례하는 관계가 확인되었고, 저소음 설계나 소음을 목적 함수로 하는 최적설계를 위한 지표로 사용이 가능할 것으로 예상하였다.

이상문 등⁽⁹⁾은 1대의 원심 블로워를 2단으로 설계하여 고압 기체를 이송할 수 있도록 설계하여 설치공간을 최소화하기 위한 연구를 수행하여 2단 원심 블로워의 핵심부품인 정익의 형상에 따른 성능 비교연구를 수행하였다.

결론으로부터 불활성 가스공급 블로어의 최적설계를 수행하기 위한 사전연구로 정익의 형상이 성능에 미치는 영향을 비교하여 정익의 성능개선으로 이하여 기존 형상대비 효율은 약 41.4%, 압력은 약 39.6% 향상되었음을 확인하였다.

정동진 등⁽¹⁰⁾은 환기용 축류 송풍기의 적정한 크기를 효율적으로 선정하고 풍량 제어 방식별 에너지절감 운전에 대하

여 방향을 제시하였다.

연구 결과로서 환기용 축류 송풍기 선정 시 적당한 크기로 선정 시 보다 많은 에너지 절감효과를 얻을 수 있으며 회전수 제어 방식이 가변피치 제어 방식에 비해 많은 에너지 절감 및 비용 절감 효과를 얻을 수 있다고 제안하였다. 또한 가변피치 제어 방식의 경우 운전 시 운전이 불가능한 영역에 진입할 수 있어 선정 시 세심한 검토가 필요하다고 언급하였다.

정철영⁽¹¹⁾은 송풍기 유량측정을 위해 AMCA 규격에 따라 멀티노즐 챔버를 설계하고 장비 및 계측 프로그램을 구축하여 인증시험실과 비교시험한 결과를 분석하였다.

비교결과로부터 비교 시험결과 성능시험을 진행하여 규격이 요구하는 충분한 정밀도를 확보하였고 측정오차에 대한 분석을 진행하였으며 대기온도 변화 및 시험시료의 크기 변화에 따른 측정 정밀도의 확보를 위한 추가 시험에 대한 필요성을 언급하였다.

박종명 등⁽¹²⁾은 광산 막장에서 급기풍관과 배기풍관이 있는 경우, 배기풍관의 위치에 따른 공기의 유동특성을 분석하였다.

상업용 코드인 CFX를 사용하여 유동 특성을 분석한 결과, 광산 막장 작업장에서 급기배관이 있는 경우에 배기배관의 최적 위치를 결정할 수 있었으며 신선한 공기의 속도벡터와 공기연령 등을 사용하여 막장면에서 공기유동특성을 분석하였다.

김영태 등⁽¹³⁾은 최대이륙중량 600 kg 급의 동축반전 멀티콥터형태의 PAV에 사용될 프로펠러를 상용해석 프로그램인 STAR-CCM을 사용하여 해석을 수행하고 제자리 비행시 프로펠러의 성능이 최대가 되는 상/하부 피치각을 선정하였다.

CFD 해석을 통해 상/하 프로펠러의 피치각이 동일한 조건에 비해 상부 피치각 12°, 하부 피치가 13° 조건에서 성능이 약 10% 정도 상승하였으며 추후 연구에서 실험적 방법과 CFD 해석을 통한 결과를 비교할 예정임을 밝혔다.

이상열 등⁽¹⁴⁾은 지하철 및 광역 고속철도 터널의 환기용 송풍기를 대상으로 임펠러 익형 형상을 비대칭 익형으로 설계하여 역회전 가역 성능은 유지하면서 정방향 운전에서의 효율을 높이고 축류 송풍기 에너지 효율 등급(FEG)을 85 이상 확보하여 국제경쟁력을 갖는 고효율 축류팬 개발에 대한 내용을 다루었다. 추가적으로 유지보수의 편의성 확보를 위해 축류팬의 성능 및 수명을 좌우하는 베어링 온도, 진동, 수평 유지 및 운전감시 등의 실시간 모니터링이 가능한 ICT/IoT 기반의 무선 스마트센서와 스마트 유지관리 시스템을 개발하였다.

제품의 성능평가 결과로부터 FEG 80에 해당되는 제품의 개발 및 평가를 완료하였고 고압 모델에 대한 개발 및 자체 평가를 통해 성능 달성여부를 확인하였다.

김용인 등⁽¹⁵⁾은 익형 최대 두께의 유동방향 위치가 축류팬의 공력 성능에 미치는 영향성에 대해 분석을 수행하며 최대

두께의 치수를 유지하면서 유동방향 위치만을 조정한 단일 변수에 관한 연구를 수행하였다.

수치해석 결과로부터 익형 최대 두께의 유동방향 위치가 후연으로 갈수록 전압이 감소하고 익형이 약 20~35% 범위에서 최대 두께 분포를 갖는 경우 고성능을 갖는다고 제안하였다.

이슬기 등⁽¹⁶⁾은 축류팬의 구성요소 중 내부 구조물 보호를 위해 임펠러 허브 전면에 설치되는 허브캡을 대상으로 단일 요소 영향성 분석을 위해 허브캡 및 테일콘 각각의 형상 매개변수를 선정하고 요소의 유무와 형상 매개변수의 변화에 따른 축류팬의 공력학적 성능 및 내부 유동특성을 규명하였다.

연구결과로부터 허브캡이 장착되지 않은 경우 급격한 효율 저하가 나타났으며 허브캡 장착 시 허브캡 비가 증가할수록 효율이 향상되지만 일정값 이상의 허브캡 비율에서는 축류팬의 효율이 유사하고 테일콘에 의해 모터 후면에서 발생하는 저압구간이 감소되어 축류팬의 성능이 향상된다고 밝혔다.

김동현 등⁽¹⁷⁾은 축류팬의 소음 저감을 위해 환형의 2개 공기층을 갖는 원통형 소음기에 대한 소음 저감 성능해석 결과를 소개하였다.

연구결과로 설계 변수에 따른 영향성을 분석하여 공기층의 두께가 소음기 투과손실 성능에 가장 민감한 것을 파악하였으며 설계변수 영향분석을 통해 최종 설계안을 도출하였다고 언급하였다.

이찬 등⁽¹⁸⁾은 축류팬 유체-구조 연성해석의 일환으로 냉동기용 플라스틱 축류팬을 설계하고 설계된 팬에 대해 전산 유체역학 방법을 이용하여 비정상 유동계산을 수행하였다.

연구 결과를 통해 팬 블레이드 표면의 압력가진 및 그에 따른 진동은 BPF 배수에서 발생하고 블레이드 진동 특성은 블레이드 표면 공기압 분포 및 변동 특성과 밀접한 연관관계를 가지며 팬 블레이드의 진동은 후연보다 전연에서 발생하고 허브보다 팁 근처에서 크게 발생하는 현상으로부터 팁 근처에서 진동 특성은 팁 간극의 누설유동의 영향을 받는다고 밝혔다.

국정근 등⁽¹⁹⁾은 축류팬을 제작하는 재질의 특성을 고려하여 파손위험성에 대한 구조안전성 평가를 수행하였다.

구조해석 결과로부터 최대응력이 발생하는 부분에 대한 구조안전성을 분석하여 연성 및 취성재료에 따라 신뢰성 있는 안전율을 산출하여 재료거동학적인 예측을 분류하여 도시한 결과를 도출하였다.

하윤석 등⁽²⁰⁾은 축류형 송풍기를 대상으로 모달 테스트를 통한 송풍기 트러블 슈팅을 수행하여 관련 내용을 발표하였다.

김판수 등⁽²¹⁾은 LPWA기반 축류팬 감시 시스템을 개발하여 실제 송풍기에 적용한 사례를 소개하고 그 효과를 발표하였다.

박이준 등⁽²²⁾은 지하철 환기용 고압 축류팬의 소음기에 대해 pod형으로 설계하여 소음기의 환형 공기층에 대한 소음저감 성능을 비교 분석하였다.

연구결과로부터 2-layer의 경우 23dB 정도의 저감도를 보

였고 1-layer의 경우 12dB 정도의 저감도를 보여 2-layer의 소음 저감 효과를 확인하였다.

강석현 등⁽²³⁾은 가정용 선풍기를 대상으로 CFD 해석 및 실험을 통하여 선풍기 날개에 따른 유동 특성을 분석하는 연구를 수행하였다.

CFD 및 유동가시화 실험을 통해 이중팬은 외주부와 내부부의 속도차이를 통해 바람의 충돌을 유발하고 난류 운동 에너지와 와류 강도를 감소시키는 현상을 확인하여 선풍기 날개 디자인을 통해서 차별화된 바람을 생성할 수 있음을 확인하였다.

오명훈 등⁽²⁴⁾은 회전형 팬과 피에조 팬을 사용하여 발열 평판을 냉각하는 실험장치를 제작하고 두 장치가 동시에 작동하는 경우의 복합냉각 성능에 대해서 분석하였다.

회전형 팬과 피에조 팬을 동시에 작동하는 경우에 평판의 온도 분포를 측정된 결과로부터 회전형 팬은 평판의 온도를 전반적으로 내리는 효과가 있고 피에조 팬은 팬에서 발생하는 유동이 도달하는 좁은 영역을 국부적으로 냉각하는 효과가 있음을 확인하였다.

이상열 등⁽²⁵⁾은 지하철 역사 및 광역철도 환기용 고정압 송풍기 개발을 위한 연구내용을 소개하고 연구개발을 통한 결과를 소개하였다.

김용인 등⁽²⁶⁾은 NACA 3512 익형을 기초로 하는 지하철 환기용 축류팬의 날개각 및 시위길이를 조정하여 각각의 단일 요소에 의한 영향성 분석을 수행하였다. 날개각 및 시위길이는 슈라우드에 한하여 조정하였고 그 외 설계변수 및 사양은 일정하게 유지하였다.

수치해석 결과로부터 축류팬의 날개각은 공력성과 매우 밀접한 연관이 있으며 최고 효율 및 전압은 각각 다른 특정 날개각에서 나타나며 시위길이 변화는 축류팬의 효율 증감에 영향을 미치지 않는 반면, 전압 증감에는 비례하는 경향을 보이는 것으로 예상하였다.

이슬기 등⁽²⁷⁾은 팁 간극에 따른 공력학적 성능 및 내부 유동 특성을 규명하기 위해 축류팬의 단일유로와 전체유로에 대한 정상 상태 및 비정상 상태 수치해석을 수행하였다.

결과로부터 팁 간극이 증가함에 따라 축류팬의 성능이 감소하는 경향을 보이고 정상상태 대비 비정상 상태에서 축류팬의 성능이 상대적으로 더 높게 예측된 것을 확인하였다.

김동현 등⁽²⁸⁾은 고압 축류팬의 소음을 저감시키기 위해서 팬의 성능 및 효율을 고려한 Pod형 원통형 소음기를 해석 및 최적 설계를 진행하고 결과형상에 따라 소음기를 제작하였으며 소음 저감 성능 측정하였다.

소음기 해석을 통해 약 23dB(A)의 소음 저감량을 예측하였으며 설계결과에 따라 소음기를 제작하여 소음 저감 특성 시험 결과로부터 19dB(A)의 저감 성능을 확인하였다.

박이준 등⁽²⁹⁾은 플라스틱 축류팬에 의해 야기된 공력학적 현상에 의한 구조변형을 밝혀낼 수 있는 해석방법을 제안하

였고 계산을 진행하여 블레이드의 구조진동 특성을 규명하였다.

결과로서 비정상 CFD 해석을 통하여 주기적인 압력분포를 확인하였고, 유동-구조 연성해석을 통해 팬 블레이드 표면의 진동 특성과 주기성을 확인하였다.

국정근 등⁽³⁰⁾은 축류형 송풍기를 대상으로 유한요소해석을 통한 임펠러의 구조역학적 안전과 운전안정성을 확보하기 위해 임펠러의 단순화 모델을 활용하여 날개 및 허브의 피로파손의 경향성 검증에 하였다.

유한요소해석 결과로서 날개 재질의 항복응력 1/3의 최대 응력이 발생하여 정적상태에서의 파손위험성은 없고 무한수명이 나타날 것으로 예상하였다.

하윤석 등⁽³¹⁾은 지하철 환기용 송풍기를 대상으로 유한요소법(FEM) 기반의 외력을 반영한 운전영역에서의 축류팬의 동적 안전성 해석에 대한 내용으로 발표를 하였다.

김판수 등⁽³²⁾은 LPWA기반 축류팬 감시 시스템 개발에 대한 내용으로 개발된 시스템 및 평가결과에 대한 내용을 발표하였다.

오승동 등⁽³³⁾은 Fan의 Tip clearance를 5 mm로 설계하여 계산한 값과 양산 제품이 성능시험결과를 비교하여 신뢰도를 얻은 후 이러한 결과를 바탕으로 Tip clearance를 5 및 3 mm로 설계하여 계산한 결과로부터 Fan의 성능향상을 확인하였다.

연구결과로부터 CFD 해석, 실험 및 FANDAS의 성능곡선이 잘 일치하고 tip clearance를 좁게 설계하는 것이 유동박리와 손실에너지를 감소시켜 결과적으로 압력손실이 줄어든다고 분석하였다.

3. 결 론

위와 같이 2019년 한국유체기계학회 송풍기 및 환기시스템 부문에 발표된 총 33편의 논문(5편) 및 학술대회 발표논문(28편)들이 요약 및 분석되었다.

논문 중에는 송풍기 단품에 대한 설계 및 성능해석에 대한 내용이 주를 이루고 있으나 송풍기가 적용되는 시스템에 대한 연구내용도 포함되어 있어 현재 글로벌적으로 이슈가 되고 있는 시스템 효율 향상을 위한 연구개발이 진행되고 있다고 판단된다. 그러나 시스템 모니터링 및 효율향상을 위한 연구내용이 대부분 학술대회 발표형식으로 제출되어 추가적인 연구개발이 필요하며 현실적인 검증과 검토가 이루어졌는지에 대한 확인이 필요한 실정이다.

아울러 고무적인 내용은 송풍기 설계 프로그램 및 유동해석을 연동하여 설계에 반영하고 해당 결과를 제작하여 성능을 확인하는 개발 프로세스에 대한 연구개발 결과가 다수 소개된 내용과 축류형 송풍기의 소음저감을 위한 원형 소음기 개발에 대한 내용, 그리고 기존 전통적인 유체기계가 아닌 재료의 특성에 의해 발생하는 형상변화 현상을 송풍기로 적용

하는 연구결과가 포함되어 조금 더 산업계 친화적이며 신개념적인 연구가 수행된 점이라고 생각되며 향후 송풍기 및 환기시스템 분야의 발전을 위해 다양한 연구개발이 필요하다고 본다.

References

- (1) 서준원, 최영석, 주원구, 김효영, 김태곤, 이석우, 김진혁, 2019, "CFRP 분진 회수를 위한 흡입모듈 및 블로어 성능평가," 한국유체기계학회 논문집, 제22권 제1호, pp. 5~12.
- (2) 고희환, 정동진, 박준영, 김경엽, 2019, "가역 축류송풍기용 근사대칭 이중원호익의 설계 및 성능해석," 한국유체기계학회 논문집, 제22권 제1호, pp. 27~34.
- (3) 이종원, 이정수, 이현규, 조진수, 2019, "안내 깃이 장착된 시로코 팬 성능과 내부 유동 연구," 한국유체기계학회 논문집, 제22권 제3호, pp. 12~18.
- (4) 이슬기, 이경용, 양상호, 최영석, 2019, "입구부 허브캡 형상 매개변수에 따른 축류팬 성능 특성 연구," 한국유체기계학회 논문집, 제22권 제4호, pp. 5~12.
- (5) 이찬, 김효상, 길현권, 2019, "유동-구조 연성해석 기법을 이용한 플라스틱 축류 팬의 블레이드 진동특성 평가," 한국유체기계학회 논문집, 제22권 제5호, pp. 21~27.
- (6) 여환걸, 이찬, 김재효, 변현택, 2019, "축류팬 설계 변수가 성능에 미치는 영향에 관한 실험적 연구," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (7) 김재효, 변성준, 장지훈, 2019, "공조 시뮬레이션을 통한 고효율 FAN 설계," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (8) 마상범, 김광용, 2019, "송풍기의 소음과 난류운동에너지의 상관관계 연구," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (9) 이상문, 이기영, 장춘만, 2019, "익형변화에 따른 불활성 가스공급 블로어 성능 분석," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (10) 정동진, 이준우, 박창덕, 고희환, 2019, "터널 및 지하공간 환기용 축류 송풍기 효율적 선정 및 에너지비용 절감운전 연구," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (11) 정철영, 2019, "송풍기 유량측정을 위한 멀티노즐 챔버의 설계 및 비교시험결과," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (12) 박종명, 조영도, 이동길, 이희욱, 2019, "광산 막장 작업장의 환기 유동 특성," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (13) 김영태, 이종대, 박창환, 김학운, 2019, "PAV(Personal Air Vehicle) 용 동축반전 프로펠러의 성능해석," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (14) 이상열, 양상호, 2019, "정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발-2차 년도 개발 결과," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (15) 김용인, 이슬기, 이상열, 양현모, 김성, 이경용, 양상호, 최영석, 2019, "최대 날개 두께의 유동방향 위치에 따른 축류팬의 성능변화에 대한 수치해석적 연구," 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.

- (16) 이슬기, 김용인, 양현모, 김성, 이경용, 양상호, 최영석, 2019, “허브캡 및 테일콘 형상 매개변수에 따른 축류팬의 공력학적 성능 특성 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (17) 김동현, 박이준, 길현권, 이찬, 2019, “고압 축류팬용 환형 2개의 공기층을 가진 Pod형 원형 소음기 설계 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (18) 이찬, 김효상, 길현권, 2019, “유동-구조 연성해석 기법을 이용한 플라스틱 축류 팬의 블레이드 진동특성 평가,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (19) 국정근, 김완태, 조병관, 양상호, 최영석, 2019, “축류팬의 구조안전성 평가에 대한 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (20) 하윤석, 곽원일, 이진국, 이용복, 2019, “모달 테스트를 통한 송풍기 트러블 슈팅,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (21) 김판수, 신동수, 여명구, 이상기, 2019, “LPWA기반 축류팬 감시 시스템 개발,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (22) 박이준, 김동현, 이찬, 길현권, 2019, “축류팬용 Pod형 원형 소음기의 환형 공기층 수에 따른 소음저감 특성,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (23) 강석현, 김원중, 김정우, 2019, “CFD해석 및 실험을 활용한 선풍기의 날개에 따른 유동특성 연구,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (24) 오명훈, 고재익, 최민석, 2019, “회전형 팬 및 피에조 팬의 복합 냉각 성능 측정,” 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집.
- (25) 이상열, 양상호, 2019, “정방향 운전 위주의 가역형 축류팬 개발 - 3차년도 개발 결과,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
- (26) 김용인, 이슬기, 이상열, 양현모, 김성, 이경용, 양상호, 최영석, 2019, “날개각 및 시위길이가 축류팬의 공력성능에 미치는 영향성에 대한 수치적 연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
- (27) 이슬기, 김용인, 양현모, 김성, 이경용, 양상호, 최영석, 2019, “팁 간극이 축류팬의 성능에 미치는 영향성에 관한 연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
- (28) 김동현, 박이준, 길현권, 이찬, 2019, “고압 축류팬용 Pod형 원통형 소음기 개발,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
- (29) 박이준, 김동현, 길현권, 이찬, 2019, “플라스틱 축류팬의 유동현상에 의해 발생하는 진동 특성 분석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
- (30) 국정근, 조병관, 김완태, 최영석, 양상호, 2019, “정방향 운전 위주의 가역형 축류팬의 피로수명에 대한 연구,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
- (31) 하윤석, 곽원일, 이진국, 이용복, 2019, “유한요소법(FEM) 기반의 외력을 반영한 운전영역에서의 축류팬의 동적 안전성 해석,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
- (32) 김판수, 신동수, 여명구, 이상기, 2019, “LPWA기반 축류팬 감시 시스템 개발,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.
- (33) 오승동, 조현준, 박성준, 이찬, 2019, “냉동용 실외기 플라스틱 축류 팬의 설계, 유동 및 성능예측,” 한국유체기계학회 동계학술대회 논문집.