

산업용 송풍기의 연구개발 동향

김희룡* · 김광호**

1. 서 론

송풍기는 국내에서 30 여 년의 역사를 가지고 있으며 각 분야에서 널리 사용되고 있다. 그러나 그 동안의 제작 경험, 운전경험 등에 비하면 아직도 그 기술수준은 선진국에 비해 뒤떨어져 있는 것도 사실이다. 더욱이 최근에는 과거와는 달리 외국에 대해 시장이 개방되었으며, 따라서 외국의 제품들과 전면 경쟁하여야 할 상황에 처해 있다. 이러한 경쟁에서 이기기 위해서는 선진국과 대등한 기술력과 가격경쟁력이 확보되어야 할 것이다. 이러한 현실에서 본 원고에서는 송풍기와 관련된 설계, 제작, 시험 기술 등에 관해 국내외의 연구개발 동향을 살펴보고 국내 기술력 향상을 위한 방법을 찾아보기로 한다.

산업용 송풍기는 비록 그 원리 및 구조가 유사하다고 하더라도 공조용의 송풍기와는 몇 가지 특징적인 차이가 있으며 이를 잘 파악하여 경쟁력 있는 제품을 생산해내어야 할 것이다. 산업용 송풍기는 일반적으로 공조용에 비하여 크기가 크며 압력이 높고 요구사항이 매우 다양하다. 그리고 작동온도, 회전수, 재질 등에 대해서도 다양한 조건이 요구된다. 국내에서 많이 쓰이는 송풍기의 종류로는 원심형(익형, 후향익, 반경류, 다이형), 사류형, 축류형 등이 있다. 특수한 용도로는 고온, 내부식성, 내마모성이 필요한 분야, 폭발성 가스를 취급하는 곳에서 사용되는 방폭용 분야와 원자력 발전소에서 사용되는 내지진, 내환경이 필요한 분야 등이 있으며, 선박용으로는 디젤엔진용 보조 송풍기, 선박내부의 공조, 환기용이 있으며, 지하 주차장 등의 환기용 송풍기, 터널 환기용 Main Fan과 Jet Fan 등도 있다.

2. 제품 개발동향

외국업체로서 유명한 제조회사들은 예를 들면, 다국적

기업으로서 스코틀랜드의 Howden Group이 있고 여기에는 미국의 Buffalo, Joy, 프랑스의 Ventilateurs Neu, 덴마크의 Novenco 등이 속해 있다. 또한 스웨덴의 ABB Fläkt Group도 유명하며 여기에 프랑스의 Solyvent-Ventec도 속해 있다. 그 외 개별기업으로는 미국의 Chicago Blower, New York Blower, Trane, Robinson 등이 있으며, 유럽의 경우 독일의 KKK, TLT, 영국의 Woods, Elta, 이탈리아의 Nicotra 등이 유명하며, 일본의 경우 Ebara, Kawasaki, 전업사 등이 산업용 송풍기를 생산하고 있다. 제조역사를 보면 외국의 경우에는 벌써 1850년 대부터 송풍기를 제작하기 시작하였고 최고 150년 역사를 가진 회사들도 있으며 100년이 넘는 회사들도 많이 있다. 국내의 역사는 1960년대부터 시작되어 현재 30~40년 정도의 역사를 가지고 있다. 성능 면에서 보면 외국제품들은 원심형, 축류형의 경우 그 효율이 전압기준 최고 92~93% 까지 도달하고 있으나 국내의 전반적인 수준은 아직 이에 미달되고 있다. 최근 일부 국내업체에서는 그 간의 연구개발 노력에 힘입어 축류 송풍기의 경우 효율이 90% 이상의 수준을 보이기도 한다. 그러나 평균적으로 볼 때 외국에 비해 10~15% 정도 떨어지는 수준이라고 평가된다 (그림 1 참조).

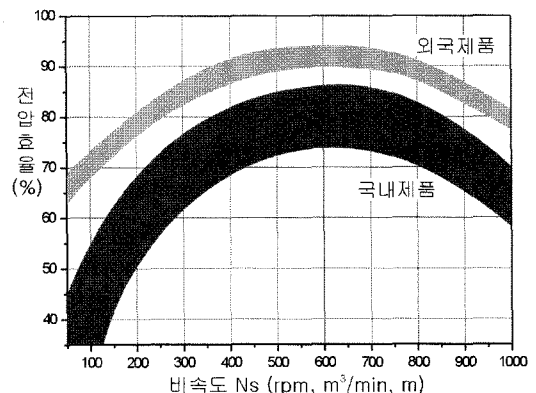


그림 1 터보 송풍기의 경우 비속도에 따른 효율 (예시)

* (주)태일송풍기

** 한국과학기술연구원 열·유동제어연구센터

그리고 국내 송풍기 R&D 관련자료는 본 특집호의 다른 기사를 참고하기 바란다.

3. 설계기술 개발동향

송풍기의 설계는 기초이론, 경험에 의한 각종 계수들, 제작된 제품에 대한 시험성적 등의 종합적 결과를 바탕으로 수행된다. 풍량, 풍압, 회전수, 크기 등의 기본적인 성능사양으로부터 설계는 시작되며 한 걸음 더 나아가 이들의 조합으로 이루어진 무차원 성능변수, 즉 유량계수, 압력계수, 동력계수, 비속도, 비직경 등의 상호관계를 잘 파악해야 하며 이들에 대한 관련자료를 얼마나 많이 보유하고 있는가에 따라 설계의 우열이 가려진다. 여기에는 물론 기존의 제품들을 많이 참고하기도 한다. 그리고는 속도삼각형을 이용하여 날개의 형상을 정하게 된다. 시제품 제작후의 성능시험과 이 결과를 설계에 다시 반영하여 수정하는 작업들은 필수적이다. 최근들어 전산유체역학의 발달로 송풍기 내부 유동장을 계산하고, 그 성능을 예측하기도 하며, 여러 개의 변수조건들을 함께 고려하여 최적설계 등도 시도되고 있지만 아직은 모든 종류, 모든 크기의 송풍기에 적용되기에는 이른 감이 있다. 또한 이와 같은 공기역학적인 측면 외에도 진동·소음 분야, 베어링 설계, 구조해석 등, 이외에도 개발되어야 할 기술분야는 많이 있다.

외국제품과의 수준을 비교해 볼 때 아직도 국내제품은 효율향상, 성능향상의 여지가 많이 있다. 따라서, 국내의 제조업체들은 자체적으로 이러한 설계자료들을 많이 확보하도록 각자 노력하여야 할 것이며, 제한된 범위가 되겠지만, 업계상호간의 자료 공동교류 등도 시도해볼 만 하다. 또한 그동안의 외국과의 기술협력 등으로 도입된 기술 및 도면 등의 자료들을 종합정리한다면 국내 기술력을 한단계 올릴 수 있는 좋은 계기가 될 것이다.

이러한 설계자료정리 방법의 하나로서 생산되는 제품들의 표준화, 시리즈화를 고려해 볼 수 있다. 외국의 경우 이러한 표준화 작업은 이미 오래 전부터 시도되었고 이제는 본 궤도에 올라섰다고 볼 수 있다. 심지어는 자기들의 표준제품이 아니면 주문을 받지 않는

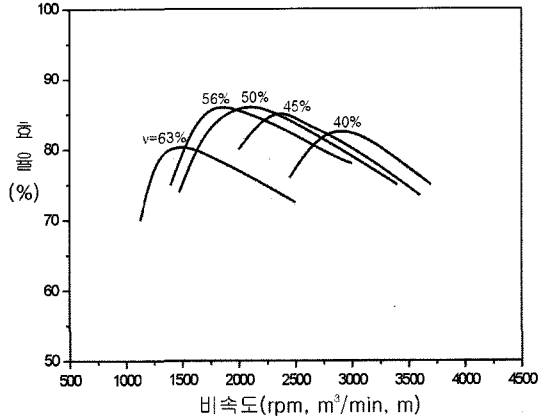


그림 2 비속도, 허브비에 따른 시리즈화(축류송풍기)

경우도 있다. 이러한 표준화 작업에는 표준수의 개념을 도입, 적용하고 있다. 즉 십진수의 개념으로, 예를 들어 크기를 500, 550, 600, 650, 700, , , 의 등차수열로 정하기보다는 500, 560, 630, 710, 800, , , 의 등비수열로 정하는 방법이다. 이것은 R20 계열의 표준수로서 송풍기의 표준크기(임펠러 직·바깥지름)로 국제적으로 통용되고 있다.

송풍기의 크기 이외에도 비속도, 직경비, 날개폭비, 허브비, 날개수 등에 따라 제품을 표준화하고 제품군을 형성한다. 그림 2에 축류 송풍기에 적용할 수 있는 비속도, 허브비에 따른 시리즈화의 예를 나타내었다. 여기에 따르면 설계하려는 제품의 비속도에 따라 최적의 허브비가 존재함을 알 수 있다. 그리고 송풍기 자체에 대한 규격 뿐만 아니라 연결되는 덕트, 접속관 등에 대한 규격화도 필요하다.

국내에서도 일부 업체에서는 이러한 표준화 작업을 진행하고 있거나 완료하여 제품크기 선정 S/W, 표준화 설계 S/W 등을 개발하여, 설계업무, 견적업무 등에 매우 요긴하게 사용하고 있으며, 제품크기 선정 S/W는 수요자들에게 배포하기도 한다 (그림 3, 그림 4 참조). 여기에 따르면 풍량, 압력 등의 설계조건과 운전되는 조건, 구동방식 등을 입력하면 적합한 송풍기의 모델을 선정해 주며 예상 성능곡선, 효율, 소음, 크기, 축류의 경우 허브비, 연간 에너지 비용 등을 보여준다. 이러한 성능시험자료를 바탕으로 구축된 설계 DB와 이를 이용한 설계 및 선정 S/W는 표준 부속품에 의한 조립, 생산으로 납기단축과 원가절감을 가져오며, 기술영업자료를 전산화하여 견적시간을 단축하는 등 장점이 매우 많다.

표 1 R20 계열의 표준수

1.00, 1.12, 1.25, 1.40, 1.60, 1.80, 2.00, 2.24, 2.50, 2.80
3.15, 3.55, 4.00, 5.00, 5.60, 6.30, 7.10, 8.00, 9.00, 10.00

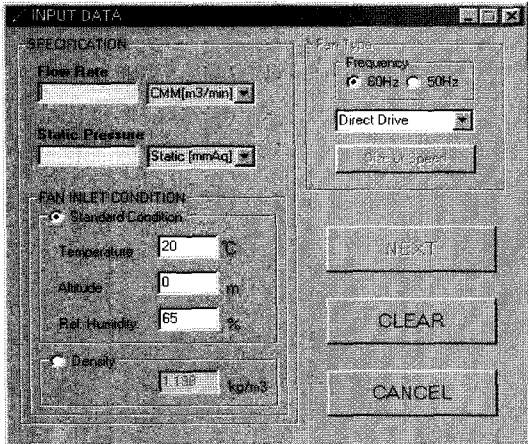


그림 3 선정프로그램 초기화면

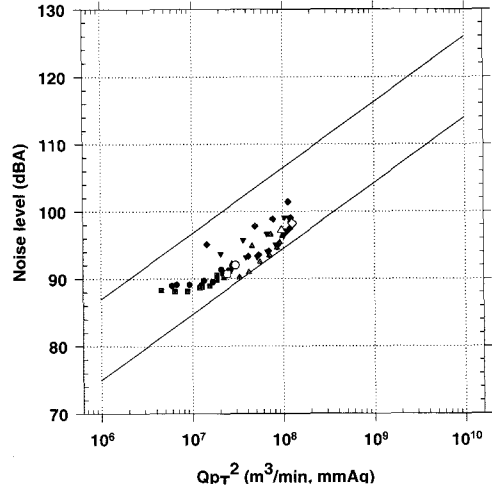


그림 5 원심형 송풍기의 경우 측정된 소음값 (예시)

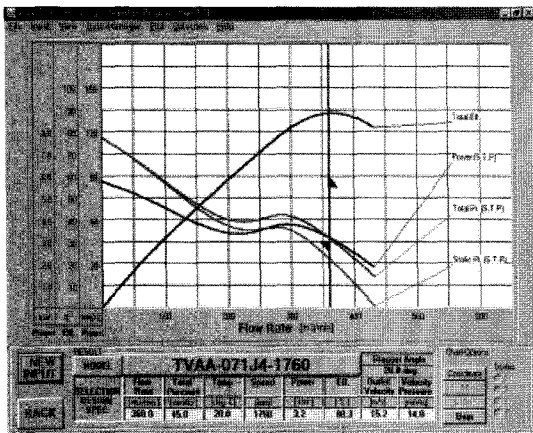


그림 4 선정프로그램 결과화면

송풍기의 소음도 역시 매우 중요한 성능변수임에도 불구하고 국내에서는 최근 들어서야 관심을 보이고 있다. 각각의 풍량 및 압력에서 측정된 소음값을 표시하면 그림 5와 같다. 그림에서 2개의 직선은 허용하는 상한값 및 하한값을 나타내며, 물론 측정값이 하한선에 가까우면 좋다. 송풍기에서의 소음값은 풍량이 많아지고, 특히 풍압이 높아질수록 소음값이 크게 되어 일률적으로 비교할 수가 없다. 여기에 비소음(Specific Noise)의 개념이 도입된다. 즉 송풍기 발생소음은 다음과 같이 성능소음과 비소음으로 나누어 진다.

$$L_A = L_S + 10 \log Q \cdot P_t^2$$

여기서

표 2 종류별 비소음 레벨 범위

종류	비소음 레벨
축류형 송풍기	21~38 dBA
후향익 송풍기	14~26 dBA
다익 송풍기	13~23 dBA
익형 송풍기	4~19 dBA
반경류 송풍기	10~24 dBA

L_A : 예상소음 레벨 (dBA)

L_S : 비소음 레벨 (dBA)

Q : 풍량 (m^3/min)

P_t : 전압 (mmAq)

$10 \log Q \cdot P_t^2$: 성능소음 (dBA) 이다.

이러한 비소음을 서로 비교함으로써 송풍기 성능의 우열을 판단 할 수 있게 된다. 송풍기 종류별 비소음의 범위를 표 2에 나타내었다

축류형의 경우에는 날개의 설치각 변화도 매우 중요한 설계자료가 된다. 다양한 주문사양에 맞추어 그때 그때마다 적당한 날개형상을 일일이 만들 수 없으므로 한 개의 날개로 가능한 한 넓은 범위의 성능사양을 만족하도록 설계 할 필요가 있다. 이러한 경우에는 아래와 같은 날개 설치각 변화에 따른 성능변화곡선이 유용하게 사용될 수 있다. 그림 6에 하나의 예를 나타내었다.⁽¹⁾ 여기에 의하면 설치각이 10°에서 34°까지 변화하면 유량은 약 2배, 최고압력은 약 50% 정도 증가

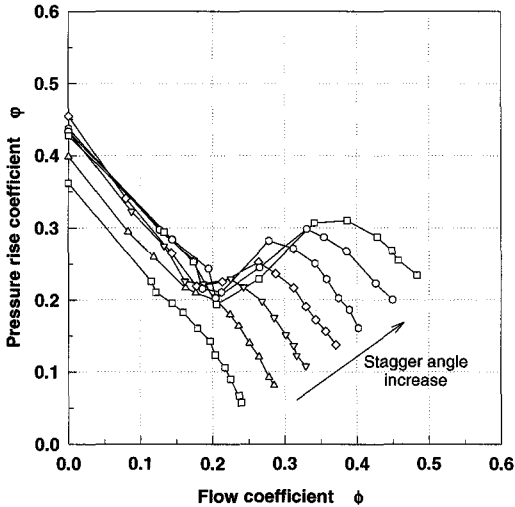


그림 6 날개 설치각 변화에 따른 성능변화 (예시)

시킬 수 있음을 알 수 있다. 또한 하나의 표준 날개를 설계하고 여기에서 주어진 설계사양에 맞추어 날개 길이를 잘라서 제작하는 일명 Dia-Cut 기법도 널리 사용된다.

4. 제작기술 동향

송풍기 제작에는 일반주조, 금형주조, 진공주조, 몰드성형, Laser Cutting, 판금, 용접 등 매우 다양한 가공방법이 사용된다. 공조용 송풍기의 경우와는 달리 산업용의 경우에는 대량생산이 아니고 소량 다품종 주문생산의 형태를 갖게 된다. 따라서 생산단가도 높아지며, 수작업에 의하게 되므로 생산성, 정밀도 등이 떨어지게 된다. 따라서 효율에 매우 큰 영향을 주는 임펠러와 케이싱사이의 간극, 날개의 정확한 익형형상 등의 정밀한 치수를 맞추기가 어렵다. 그러나 외국의 경우에는 제품에 대한 가공 정밀도, 치수 정밀도가 우수하다. 이것은 전용 치공구를 활용해서 제작하기 때문이며 제품이 전체적으로 균일하며 우수하다. 또한 작업자가 임의로 제작할 수 있는 여지가 없으며 주어진 도면대로 가공이 이루어진다. 그러나 우리나라에서는 이러한 치수의 중요성에 대한 개념이 아직은 조금 부족한 것 같은 생각이 든다. 이것은 물론 제조역사가 짧은 이유도 있을 것이고 제조기술의 교육, 훈련마흡, 전문인력의 부족, 적은 시장규모에 비해 많은 업체간의 과당경쟁 등의 이유도 있을 것이다. 그러나 이

점은 앞으로 점차 개선되어 나가리라고 생각되며 생산 규모가 커지면 여기에 맞추어 설비투자를 할 수 있을 것이다. 이에 관해서는 향후 전산 자동화 작업을 통한 반자동 생산도 고려해 볼 만하다.

한편, 대형용과 고온·고속용에 쓰이는 베어링 하우징, 메탈 베어링과 강제 윤활장치, 실링장치 등의 부품들과 내열강, 고장력강, 내마모용 강재 등 소재의 개발도 매우 중요하다. 이들 부품이나 소재는 국내수요가 적고 기술이 뒤져 있어, 필요한 경우 외국에서 수입하여 사용하게 되므로 납기도 길어지고 가격 경쟁력도 떨어지게 되는 문제점을 갖고 있다.

외형설계, 구조설계 등의 표준화를 위한 제품규격도 역시 필요한 분야이다. 그러나 KS에서는 다익형 이외에는 제품규격이 정해져 있지 않다. KS규격과는 별도로 한국설비기술협회에서 단체규격 제정사업의 일환으로 이러한 송풍기 제품규격을 제정, 보급 중에 있다.⁽²⁾ 현재까지 익형, 축류, 후향익 송풍기에 대한 제품규격 제정을 완료하고 현재는 관류형 송풍기 규격을 제정 중에 있다. 이러한 규격들은 물론 품질보증을 위한 규제의 역할을 하지만 또 다른 측면에서는 송풍기 제조 회사에 기술개발의 동기를 부여하는 긍정적인 측면도 있다. 이들 제품규격들은 송풍기의 기본킷수 결정, 구조 및 철판두께 결정, 제품의 표준화, 주축 및 폴리의 설계, 재료선정 등 설계, 제작분야에서 많은 참고자료로 활용될 수 있다. 더 나아가 송풍기의 표준화뿐만 아니라 관련 덕트 규격의 표준화에도 큰 영향을 미치게 되며, 설비설계 및 덕트 제작회사에서도 유용하게 사용할 수 있다.

5. 성능시험, 인증업무

송풍기 성능의 인증을 위해서는 KS 규격, ISO 규격, AMCA 규격 등의 성능시험 규격에 따른 시험이 필수적이다. 그러나 성능시험 및 인증에 대한 중요성은 인정하면서도 실제로 사용 계측기의 정밀도 및 측정방법, 측정오차의 한계, 시험조건 등에 대해서는 무관심한 경우도 많이 있다. 실제로 같은 송풍기에 대해 시험방법을 달리하면 서로 다른 결과가 나오는 경우도 있어 시험방법 및 조건에 대한 주의가 요구된다. 국내의 각 제조업체에서는 일반적으로 자신들 나름대로의 자체 성능시험을 수행하고 있으나 비교적 간단한 시험설비 및 시험방법에 의존하다 보니 오차가 많다. 그러나 최근에는 몇 개의 업체들이 국내 및 국제규격에 맞는

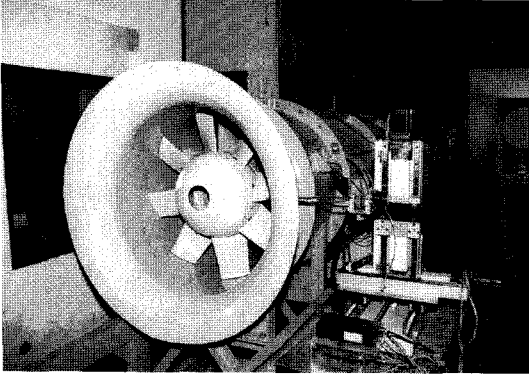


그림 7 성능시험장치의 예

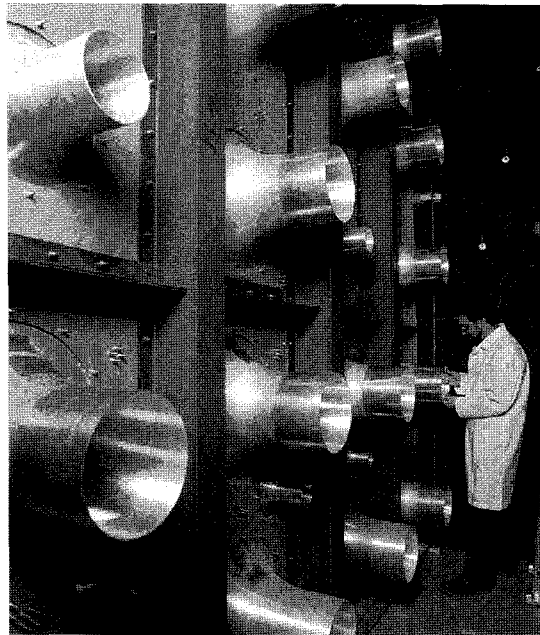


그림 8 Chamber 방식의 시험장치에서 사용되는 Multi-Nozzle

시험설비를 보유하고 있으며 연구기관, 학교 등에서도 일부 보유하고 있다 (그림 7, 그림 8 참조). 앞에서 언급한 한국설비기술협회에서는 자체적으로 송풍기 제품규격에 따른 성능인증 업무를 계획하고 있으며 이것은 주로 성능시험에 의한 효율규제의 개념으로 추진될 것이다.

KS 인증에 관해서 다익 송풍기의 경우는 표준협회에서 대행관리하고 있으며 그 외의 기종에 대해서는 각 지방 중소기업청, 산업성능평가원, 한국기기유화시험원 등의 공인기관에서 발주측이 요구할 때 시험을 하는 경우가 있다. 일부 업체에서는 성능에 대해 AMCA의 인증을 받아둔 곳도 있다. 그러나 소음에 대한 AMCA

의 인증은 아직까지 받은 업체가 없는 것으로 알고 있다. 국내에서 아직은 본격적으로 시도되지 않았지만 소음에 대한 규제도 향후 추가되어야 할 것이다. 그리고 관련되는 KS규격 등의 정비작업도 시급하다. 외국의 규격들을 그대로 도입, 적용하지 말고 우리 실정에 맞도록 개정하고 또 제정된 규격들이 지켜질 수 있도록 활성화되어야 할 것이다. 우리 학회에서도 이에 맞추어 펌프, 송풍기 등 유체기계의 규격 선진화를 위한 연구를 수행 중에 있다.⁽³⁾

국내 업계에서는 1970년대 후반부터 풍량, 풍압 등 사양충족 여부에 대한 성능시험이 주로 이루어졌고 80년대 이르러서는 진동에 대해 관심이 많아졌고, 80년대 후반부터 90년대에 들어서서는 소음 쪽이 문제가 되고 있다. 특히 환경부 설립 이후에는 소음에 관한 규제가 점점 강화되고 있으며 여기에 대한 대비도 필요하다. 이러한 규제들에 대해 소극적, 수동적으로 대처하지 말고, 오히려 우리 자신들의 기술력 향상을 위해 스스로 규격을 적용하고 준수하는 적극적인 자세가 바람직하다고 생각된다.

6. 시장전망

산업용 송풍기 관련 국내의 시장수요는 공조시설, 환기시설 등에 사용되는 제품의 경우 증가의 가능성이 보인다. 이것은 대형빌딩, 지하철 등의 신축에 따른 건설경기의 완만한 증가세에 의존한다. 그러나 이와는 달리 산업설비용의 경우에는 공장이나 플랜트 등의 신설과 관련되며 앞으로 큰 수요증가를 기대하기가 어려우며 기존시설의 개보수에 국한되는 등 국내 시장이 포화될 것으로 예상된다. 유럽에서는 20여 년 전부터 이미 포화상태에 이르렀고 일본도 최근에 증가세가 매우 둔화되고 있다. 그러나 환경설비 분야는 새로운 시장으로서 각광을 받고 있다. 하수 및 폐수처리 설비중 고압폭기조에 송풍기가 사용되며 소각로, 집진설비 등에도 송풍기가 많이 사용되고 있다.

결국 우리나라 업계로서는 포화되어 있는 시장을 뛰어넘기 위해서 수출에 의존해야 될 것이다. 유망한 수출시장으로써는 우선 아시아 및 중동지역이 있으며, 앞으로는 중·남미지역, 아프리카까지 확대되어야 할 것이다. 이것은 국내 업체의 해외건물, 공장 등의 건설과 맞물려 있다. 이러한 수출을 위해서도 기술자립은 또다시 요구되고 있다.

7. 앞으로의 개발 전략

앞으로의 송풍기 수요는 전통적인 산업설비, 공조·환기 분야보다는 환경설비 분야에 치중되어야 할 것이다. 그리고 에너지 소비절감, 쾌적한 공장 작업환경, 쾌적한 사무공간 등에 대한 요청이 증가함으로 인해 고효율, 저소음 송풍기의 요구가 매우 높아지고 있다.

에너지 절약측면에서 보면, 인버터 구동방식이 유망할 것이다. 이러한 인버터 구동방식은 80년대 중반부터 국내에서 채택되기 시작하였고 공조용 송풍기에서는 많이 보급되고 있으나 산업용 송풍기에서는 아직은 미미하고, 가변속 유체커플링에 의한 부하조절 방법을 많이 사용하고 있다. 특히 대용량의 경우 인버터의 가격이 높아 제한적으로만 적용되어 왔으나 인버터 가격의 하락으로 인해 점차로 인버터 방식으로 전향되고 있다. 또한 앞으로는 점점 소형 경량화 추세로 나가고 있으며, 따라서 고속회전형이 유망할 것이다. 이것은 설계 및 가공기술의 발달로 가능하리라고 판단된다.

마케팅 전략상 필요한 경우도 있겠지만 이제는 국내의 자체 기술력만으로도 외국수준까지 개발이 충분히 가능하다고 판단된다. 따라서 외국으로부터의 기술도입, 외국제품의 모방 등을 자제하고 독자 모델 개발을 통한 국제경쟁력을 키워나가야 할 것이며 이에 대한 우리 학회의 역할도 매우 중요하다고 생각된다.

참고문헌

- (1) 김창수 외, 1999, “설치각 변화가 축류팬의 성능 및 유동특성에 미치는 영향에 관한 실험적 연구”, 공기조화 냉동공학회 '99하계학술발표회 논문집, pp. 453~457.
- (2) N. N., 1997, “익형 송풍기, 단체규격 KARSE B 0005-1997”, 한국설비기술협회.
- (3) 조강래 외, 1998, “펌프, 송풍기 관련 유체기계 규격의 선진화 연구(I)”, 국립기술품질원.