

소형팬 개발 과정

김창준*

1. 서 론

팬(fan)은 공기 흐름을 발생시키는 장치로서 때때로 송풍기와 비교되는데 사실은 둘 간의 구별은 말만 다를 뿐 같은 의미이다. 송풍기는 일본에서 온 것이고 팬은 영어이다. 이에 대응되는 우리말은 부채라고 할 수 있는데 우리나라에서 팬을 부채라고 말하는 사람은 아무도 없다.

우리나라에서는 공업과 관련된 대부분의 용어가 통일이 안되어 있다. 따라서 "fan"의 경우에도 "팬", "팬", 혹은 "후양" 등의 갖가지 용어가 말하고 쓰이고 있다. 때문에 이에 대한 용어정립이 시급하다. 얼마 전에 펌프 및 송풍기 분과에서 "펌프 및 송풍기 관련 규격의 선진화 연구"를 하면서 몇 가지 용어를 통일하였는데 양도 작고 홍보도 잘 안되어 있어서 여전히 큰 기대를 하기는 어렵다. 때문에 팬에 대한 현황 내지는 연구 등에 관한 논의를 하기 이전에 용어의 통일과 같은 기초부분의 계획을 철저히 세워 나가는 것이 더 시급하다.

산업현장에서 주로 사용되어지던 송풍기가 가전기기에 사용되면서 팬에 대한 관심이 증폭되었는데 특히 국내에서 독자적인 팬 연구가 본격적으로 시작된 것도 이 때이다. 가전에서의 팬은 주로 저소음에 대한 연구에 초점이 맞추어져 있는데 이는 기존의 송풍기가 주로 풍량과 정압에 관심을 둔 것으로 소음을 고려한 설계는 아니었기 때문에 대체로 소음이 크기 때문이다. 가전기기를 사용하는 사용자는 대부분의 연령층을 전부 포함하기 때문에 소음이 큰 제품은 항상 소비자 클레임의 원인이 되기 때문이다. 가전기기에서 팬은 주요 소음원 중의 하나로서 주로 발열부품을 냉각하면서 유체소음을 발생시킨다. 분리형 에어컨을 예를 들면 실외기의 경우는 소음원이 팬과 압축기로서 팬 소음을 저감하는 것이 제품의 소음을 저감하는 것이라고 할 수 없으나 실내기의 경우는 팬이 주 소음원이 되어 팬

소음을 저감하는 것이 곧 제품의 소음을 저감하는 것이기에 팬의 소음 저감은 더욱 중요하다.

가전과 산업현장에서의 팬은 여러 가지 측면에서 차이가 있는데 가전에서는 주로 제품의 일부가 되는 부품인 경우가 대부분이고 공장 등의 산업현장에서는 대부분 단독의 시스템으로서 기능을 수행한다. 그래서 가전에서는 팬과 시스템의 조화 기술이 중요하다. 또한 가전제품은 상대적으로 크기가 작아서 팬의 크기도 작다. 여기서 소형팬이라고 하면 가전용에 사용되는 팬을 말하며 산업현장에서의 소형팬과는 크기가 다르다.

소형팬 개발과정의 한 예가 그림 1에 나타나 있는데 설계, 해석(유동, 소음), 제작, 실험이 순차적으로 연결되어 있음을 알 수 있다. 각각의 과정을 거치면서 1개의 시제품(prototype sample)이 완성되는데 시험 결과가 목표에 부합될 때까지 시행착오를 반복해야 한다. 시행착오를 줄이기 위한 갖가지 노력과 방법이 알려져 있으나 최적인 방법은 없다. 여기서는 처음 설계자를 위하여 각 분야별로 현재 국내에서 소형팬을 연구 개발하고자 할 때 고려해야 할 점과 발생되고 있는 문제점을 위주로 설명하고자 한다.

2. 설 계

팬 설계가 팬을 디자인하고 제작하고 실험하는 등의 일련의 방법을 통하여 개발하는 것으로 혼동할 때가 있다. 정확한 의미로는 그림 1과 같이 설계는 개발의 한 과정이다. 팬의 설계 즉, 디자인은 사실 가장 어려워면서 쉬운 부분이라고 할 수 있다. 설계하고자 하는 팬이 축류팬 또는 원심팬에 상관없이 팬을 구성하는 것이 날개(blade)이기 때문에 날개를 디자인 할 수 있으면 어떤 팬도 디자인 할 수 있다고 할 수 있다. 단지 팬의 종류에 따른 날개를 구성하는 인자를 이해하는 정도의 노력은 해야 한다. 참고로 그림 2에 축류팬의 날개를 구성하는 인자를 그림 3에 원심팬의 일종인 터보팬에 대하여 나타내었다.

* LG전자, 본 학회 회원

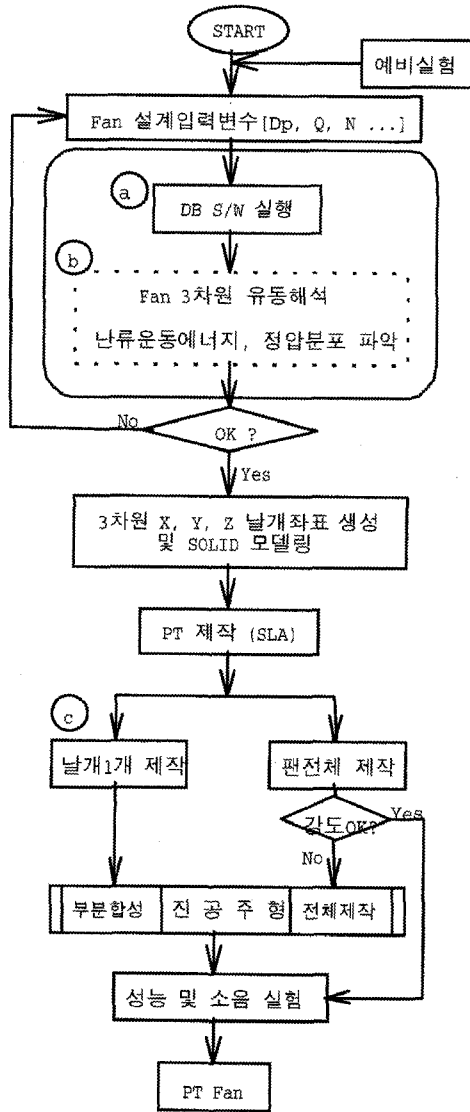


그림 1 팬 개발 과정

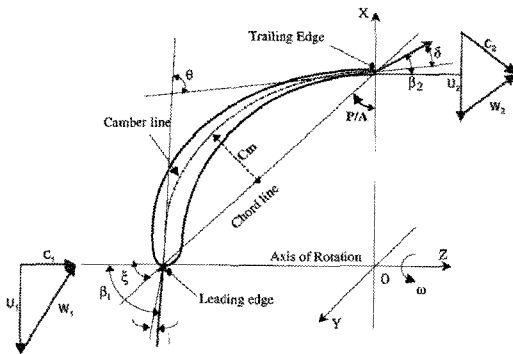


그림 2 축류팬의 속도 삼각형

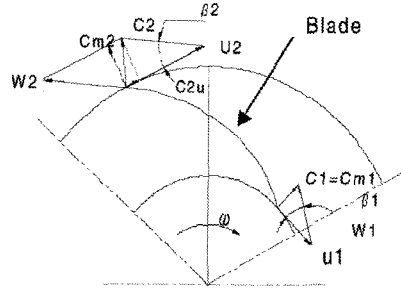


그림 3 터보팬의 속도 삼각형

팬의 설계는 날개의 2차원 설계로부터 시작하는데 출발점은 속도삼각형이라고 할 수 있다. 원심팬은 유동의 방향이 축방향으로 유입되어 반경방향으로 방출되는 구조를 가지므로 2차원 유동이 지배적으로 2차원 설계로 끝내는 경우가 대부분이었으나 근래는 날개 설치각에 변화를 주면서 3차원 설계가 시도되고 있다. 이러한 노력은 순전히 팬의 고효율과 저소음화라는 단순 명확한 목표 때문임은 당연하다. 축류팬에서는 날개를 통과하는 유동이 3차원이므로 3차원 설계를 반드시 하여야 한다.

팬의 이론적인 2차원 또는 3차원 설계는 날개의 형상에 대한 점(point) 데이터를 생성할 수 있는 이론적 설계 프로그램이 있어야 하는데 이에 대한 개발을 완료한 곳은 국내에서 몇 군데 밖에 없다. 그 이유는 프로그램을 개발하는데 드는 비용이 문제가 아니라 프로그램을 개발했다고 해서 당장 저소음, 고효율팬이 개발되는 것이 아니기 때문이다. 그렇기 때문에 주로 대기업을 비롯한 몇몇 업체에서만 개발되었을 뿐이다. 확실히 팬 설계기술은 가전분야에서 지난 십수년간 괄목할 만한 성장을 이루었다. 그것의 대부분은 설계치와 실험치가 있는 팬의 데이터 베이스인데 국내의 송풍기 산업이 발전하려면 대기업에 의해 개발된 설계기술과 데이터베이스를 널리 보급하는 방안을 강구하는 것이 당면 과제라고 할 수 있다.

3. 해 석

그 동안 공기 역학적인 측면에서 팬에 대한 수 많은 수치해석적 연구가 있었는데 신뢰가 여전히 의문이 남아 있기 때문에 팬을 개발할 때 개발기간 등을 고려하면 자체적으로 수치해석을 하는 경우는 드문 일이다. 좀 더 현실적인 방법은 산화 연구를 통하여 보안을 하

거나 상용프로그램을 이용하여 빠른 시간 내에 답을 얻는 일이다. 그렇다고 해서 수치해석이 개발에 당장 큰 도움이 되는 것은 아니다. 다만 팬 설계에 도움을 주는 아이디어를 제공한다면 성공이다. 예전에는 수치해석의 결과가 프로젝트의 결과가 되는 일이 종종 발생하곤 하였다. 이는 프로젝트를 수행하는 회사가 수치해석의 결과인 유동현상 자체를 결과로 인정하지 않고 유동현상을 활용한 프로젝트 결과에 관심을 두었기 때문이었다. 결국 엔지니어는 프로젝트 목표달성을 위해서 팬 인자에 따른 설계, 제작 그리고 실험을 반복하면서 빠르게 연구할 수 밖에 없었다. 프로젝트 기간을 줄이는데 기여하는 것은 시행착오를 줄이는 새로운 실험계획법, 제작기간의 단축 등이었다. 그 결과 수치해석은 실험결과를 보충하는 수단으로서 자리잡게 되었다.

한편 팬에서 발생하는 소음은 팬의 정압과 풍량의 변동에 따라서 달라지기 때문에 소음해석의 정확도는 수치해석의 결과에 따라서 영향을 받을 수 밖에 없다.

4. 시제품 제작

팬을 설계한 후에는 모델링 작업을 거쳐서 시제품(prototype sample)을 제작해야 하는데 설계자 자신이 만드는 경우는 극히 드물고 전문 제작업체에 맡기는 경우가 대부분이다. 시제품을 만드는 방법은 (1)비용 절감, (2)설계대로 정확하게 제작, (3)양산품에 가깝게 제작함 이라는 나름대로의 목표로 인하여 많은 변화가

있어왔다.

축류팬인 경우, 초기에는 비용을 줄이고자 NC 밀링을 이용하여 팬 날개의 한 면인 상면(upper surface, 두개의 면 중 볼록한 면)만을 알루미늄 블록을 재료로 하여 가공한 다음 날개 두께만큼의 종이 왁스를 이용하여 가공면에 쌓아서 형상을 뜬 다음 그것을 원본으로 하여 진공성형하여 날개를 복사하여 조립한 다음 완성하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 정밀도에 있어서 오차가 크나 비용측면에서 당시의 여건상 유용한 것이었다. 원심팬인 시로코팬인 경우는 날개 형상이 2차원이므로 보다 쉽게 만들 수 있었다. 시로코팬은 날개 수가 많으므로 wire cutting machine을 이용하여 다수의 원본을 만든 다음 진공성형으로 복사하여 수작업으로 조립하는 방법을 사용하였다.

'93년도에는 같은 비용으로 레이저 광선을 이용하여 광경화성 수지를 굳히면서 날개를 가공하기 시작하였다.

SLA(Stereo-Lithography Apparatus) 로 소개된 이 방법은 날개의 상, 하면을 동시에 가공하기 때문에 축류팬 제작은 전부 이 방법을 이용하게 되었다. 그러나 SLA를 이용하여 가공된 날개는 실험을 하기에는 강도가 너무 낮았다. 따라서 진공성형을 이용하여 시제품을 완성하는 것은 변함이 없었다. 이 방법은 레이저를 정확성으로 인하여 정밀한 원본을 얻을 수 있으나 레이저 가공 후 원본의 경화과정후 작업 등의 손 작업을 통해 정밀도가 좌우된다는 점에서 문제가 크다. 특히 광경화성 수지의 수축률 등의 정확한 예측이 어려우므로 그로 인한 오차는 피할 수가 없다. 이러한 오차의

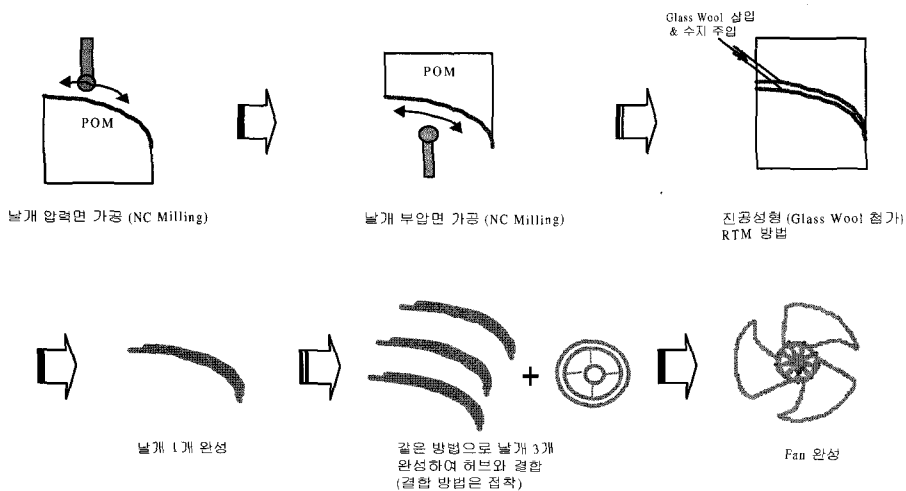


그림 4 최근의 축류팬 제작 방법

극복은 SLA 장비를 운용하는 업체에서 개선할 부분이 나 축류팬 날개와 같은 한쪽 부분만 구축되는 특별한 경우는 지금까지 특별히 발전된 것이 없다. 원심팬인 경우, 이 방법을 쓴다고 해서 개선되는 점은 거의 없다. 다만 축류팬과는 달리 날개 양쪽이 고정됨으로 인하여 강도가 나아짐으로 SLA로 가공된 원본을 그대로 실험에 사용하려고 시도를 하였으나 레이저 가공 중에 생기는 한쪽 면의 적층피로 인한 날개의 거칠기를 없앨 수 없기 때문에(시로코팬은 날개 간격이 좁기 때문에 현실적으로 날개면을 가공할 수가 없다.) 현재는 거의 사용을 하지 않는다.

NC밀링이 보편화 되면서 날개 상하면을 제작하면 서도 SLA방법과 비용을 비슷하게 하는 전문제작 업체가 출현하면서 축류팬 제작이 다시 분업화 되었는데 소형팬중에서 대형팬 취급을 하는 직경 200mm 이상의 팬은 SLA방법이 갖고 있었던 수축율과 표면처리 문제로 인한 오차발생을 피할수 있으므로 즉시 이 방법으로 가공이 되기 시작하였으며 직경 100mm를 전후한 팬들은 팬 전체를 한 번에 가공하므로 SLA방법이 여전히 사용되고 있다.

축류팬 제작과 관련하여 가장 최근의 방법은 양산 품의 날개 두께인 2mm까지 날개 두께를 성형하는 방법으로 다음과 같다. 먼저 NC밀링을 사용하여 날개의 상면과 하면을 제작하여 간이금형 틀을 만든다. 틀 내에 유리섬유와 진공 성형용 수지를 주입한 다음 굳혀서 날개를 빼낸다. 날개 수 만큼 이 과정을 반복하여 날개를 성형한다. 허브는 별도로 만들어 날개와 결합하여 팬을 완성한다. 이 방법을 사용하면 비용은 약간 상승하나 양산품과 같은 두께를 가지면서 강도가 보완이 되어 날개 두께로 인한 시제품과 양산품의 품질 차이를 많이 줄일 수 있다. 원심팬은 앞서 언급했듯이 날개양단이 구축이 되므로 이 방법을 사용할 필요는 없다.

그 동안 짧지 않은 세월동안 소형 팬 연구가 가능했던 것은 그나마 국내의 시작기술의 뒷받침이 있었기 때문이다. 그러나 아직도 시제품의 대원칙인 비용, 정밀도, 고강성을 만족시키기 위해서는 끊임없는 노력이 필요하다.

5. 실험

공기 역학적인 측면에서 팬은 많은 이론적, 해석적, 실험적 연구가 있었는데 풍량과 정압 만을 목표로 한

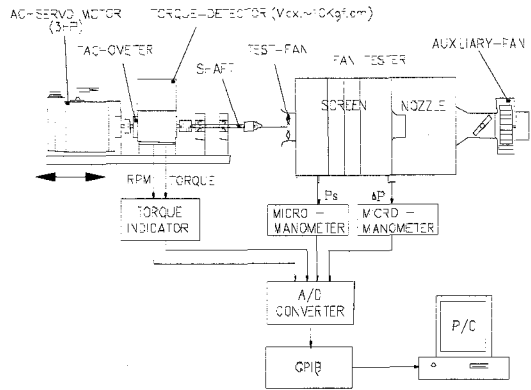


그림 5 팬 테스터

팬의 설계는 그다지 어렵지 않게 설계를 할 수 있다. 그것은 팬의 이론적 설계, 해석 등의 역할과 더불어 거시적인 관점의 실험장치의 도움이 있었기 때문이었다.

그 실험장치는 그림 5에서 보는 바와 같은 팬 테스터(fan tester)라고 부르는데 팬의 정압변화에 따른 풍량을 측정할 수 있는 장비이다. 풍량을 함하여 평균하여 측정할 수 있기 때문에 계측기 보정과 실험조건만 같게 할 수 있다면 오차는 거의 무시할 수 있을 정도로 신뢰도가 매우 높다. 그렇기 때문에 많은 사람들(대부분은 엔지니어)이 팬의 인자에 따른 풍량, 정압, 효율등의 실험 데이터 베이스를 구축할 수가 있었고 또 그것이 실제로 제품에 그대로 적용할 수가 있을 정도로 신뢰가 높다. 이론설계와 해석이 실험값만큼 신뢰도를 가지고 가까운 시일 내에 대신할 수 없는 이유는 팬에서 국한되는 문제가 아니다. 이와 같은 이유로 실제 제품의 풍량을 비교적 정확하게 예측한 팬의 설계가 팬 테스터에서 구축된 실험데이터의 데이터 베이스를 활용하면 가능하다. 우리나라의 팬 테스터 규격은 일본의 것을 수정 없이 모방한 것으로 이에 대한 보완을 하는 것도 우리가 해야 할 일 중의 하나이다. 또한 국내에서 팬 테스터를 제작하는 업체는 많이 있으나 수요가 많지 않아서 영세함을 벗어나지 못하여 팬 테스터의 구조 및 원리가 간단함에도 불구하고 주로 저가의 품질이 낮은 팬 테스터가 제작되고 있는 실정이다. 이렇게 수요가 낮은 시험장치는 수요가 어느 정도 커질 때 까지 권위 있는 단체에서 전문제작업체를 선정하고 품질관리를 하는 방안을 도입하였으면 한다.

한편 팬 소음의 측정은 무향실(anechoic chamber)에서 별도로 측정하게 되는데 지금까지는 팬 테스터에서 측정된 시스템의 풍량과 정압 중 한가지 경우에만

소음을 측정할 수 있다. 즉, 팬을 실험하는 방법은 3가지로 나눌 수 있는데 (1)시스템 풍량 및 소음 실험 (2)시스템 저항 실험 (3)팬 단독 실험으로서 무향실에서 측정가능한 실험이 (1)항의 시스템 소음 실험이다.

이 중 팬 테스트와 무향실이 별도로 분리되어 있어도 가능한 실험은 (1)번인데 팬 테스트에서 풍량을 측정하고 같은 조건에서 무향실에서 소음 실험을 함으로 온도, 습도, 시간 등이 달라짐에 의한 오차가 있고 실험시간도 길어진다. 나머지 (2)와 (3)은 팬 테스트에서 성능 실험만 가능할 뿐 무향실에서 같은 조건으로 소음실험을 할 수 없다.

이상과 같은 이유로 팬의 고효율과 저소음화를 동시에 달성하기 위해서는 팬의 성능과 소음실험을 동시에 할 수 있는 무향 팬 테스트가 반드시 필요하다. 일본에서는 오래 전부터 무향 팬 테스트를 전문적으로 제작하는 업체가 있어서 마쯔시다 등 유명 가전업체에서 무향 팬 테스트를 활용하여 왔다. 한국에서는 현재 전문적으로 제작하는 업체가 없으며 일본에서 무향 팬 테스트를 수입한 기업도 없다. 그러던 와중에 국내에서 '98. 10 에 LG전자 홈어플라이언스 연구소가 무향 팬테스터 설계를 담당하고 무향실 전문제작업체인 DB 엔지니어링이 무향실을 담당하여 처음으로 설치가 되었다.

LG전자가 무향 팬 테스트 전문 제작업체가 국내에 없어도 불구하고 일본에서 수입하지 않고 무향 팬 테스트를 설계한 이유는 일본에서 수입하는 견적가가 국내에서 제작시 가격과 비교하여 2배 이상 높으며 저소음 팬 연구 등을 통하여 구축된 자체의 팬 테스트 설계 기술 등이 확보되어 있었기 때문이다. 무향 팬 테스트는 팬의 풍량과 정압 그리고 소음을 동시에 측정할 수 있는 시험 장비이다. 또한 무향 팬 테스트는 무향실 단독만의 기능을 수행할 수 있어야 하며 그럴 경우 2개의 무향실을 독립적 또는 같이 운영할 수 있도록 한다. 한편 무향실은 각각 항온항습 시설과 연결하면 온, 습도 조절도 가능하다.

무향 팬 테스트에서도 팬 테스트와 마찬가지로 팬의 효율을 측정하기 위해서는 팬을 구동할 수 있는 차음 드라이빙 유니트가 필수적이다. 팬 드라이빙 유니트는 주로 각종 팬의 단독시험을 위한 필수 장비이다. 팬 단독시험(대개 shroud를 포함함.)은 팬 특성을 알아보기 위한 시험으로서 실시하는데 드라이빙 유니트(이하 DU로 표기)는 팬을 구동하고 토크를 측정하기 위해서 필요한 것이다.

DU는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 구동 모터(AC servo motor), 토크 디텍터(torque detector), 축, 커플링, 3축(x, y, z) 이송장치 등으로 구성되어 있다. 각 부품은

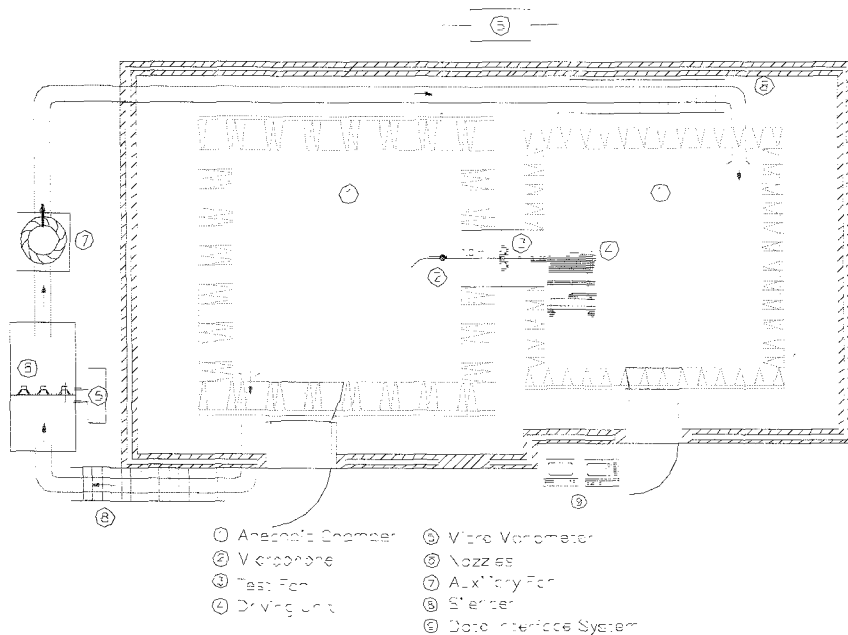


그림 6 무향실 팬 테스터

모두 규격품일 뿐만 아니라 측정하고자 하는 웬 용량에 맞는 것을 사용해야 한다. 특히 구동 모터와 토-크 디텍터의 선택에 주의해야 한다. DU 설계 시에 모터의 용량선정은 잘하나 토크 디텍터 선정에는 실수를 하는 경우가 있다. 웬 용량에 훨씬 미달되는 토크 디텍터를 사용하면 무리가 가서 고장의 원인이 된다. 따라서 DU는 모타 뿐만 아니라 토크 디텍터의 용량도 반드시 확인하여 용량 미달이면 바꿔 달아야 한다.

DU는 최대회전수가 4000rpm까지 운전될 수 있어야 하며 진동과 소음이 적어야 한다. 진동과 소음을 줄이기 위하여 우선 해야 될 일은 DU를 구성하는 각 부품들의 중심이 모두 수평과 수직이 정확히 일치해야 한다. 다음에는 베어링과 커플링의 이상 유무, 축의 휘어짐 등을 자세히 검사해야 한다. 방진패드를 사용하면 방진에 효과가 있는데 그 효과는 방진패드의 강성에 좌우되어 강성이 낮을수록 효과는 좋으나 너무 낮으면 파손 및 수명이 단축되므로 적절히 선정해야 한다. 보통의 DU는 따로 방음처리를 하지 않으나 무향실 웬 테스트에 사용되는 것은 반드시 방음 처리를 하여야 한다. 그러지 않고서는 순수 웬 만의 소음을 측정할 수가 없기 때문이다. 여기서 말하는 방음처리는 사실상의 완전 차음을 의미한다. DU도 웬 테스트와 마찬가지로 국내 전문 업체가 영세하므로 인하여 주어진 비용을 투자하고도 만족할 만한 성능을 얻기가 힘든 것이 현실이다. 권위 있는 업체에서 품질관리를 하면서 생산하지 않는 한 부품을 사서 제작하는 것이 낫다.

웬의 인자를 달리했을 때 소음이 웬의 정압과 풍량이 변함에 따라 다르게 나타나기 때문에 비소음으로 무차원화해서 결론을 내려야 의미 있는 실험결과라고 할 수 있기에 웬 인자변화에 따른 비소음의 결과는 웬의 풍량과 소음을 동시에 측정할 수 있는 무향 웬 테스트에서 측정하여 얻을 수 있다. 그림 6에 축류웬을 대상으로 무향실 웬 테스트에서 측정된 실험데이터로서 피치각을 변화시키면서 바뀌는 축류웬의 특성을 그 경향 뿐만 아니라 정량적 데이터를 얻을 수 있다. 특히 이미 언급 했듯이 풍량에 따른 정압과 효율 뿐만 아니라 비소음 변화를 알 수 있으므로 축류웬 저소음화에 중요한 데이터를 얻을 수 있다.

웬의 저소음화 연구는 기본적으로 시스템의 정압과 풍량이 구해진 상태에서 저소음을 실현해야 하는 것이기 때문에 공력성능과 소음을 동시에 연구 진행해야 한다. 순전히 웬 소음 측면에서 웬을 이론적으로 설계하는 방법은 없으며 소음해석은 유동해석과 더불어 진

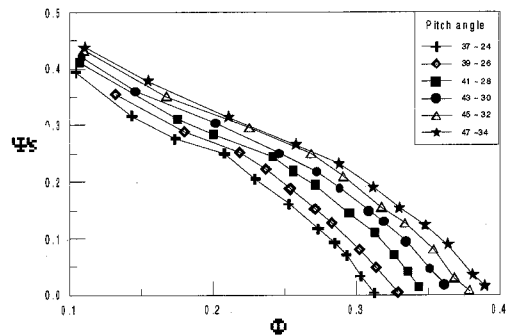
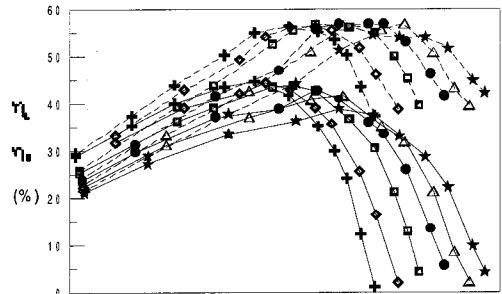
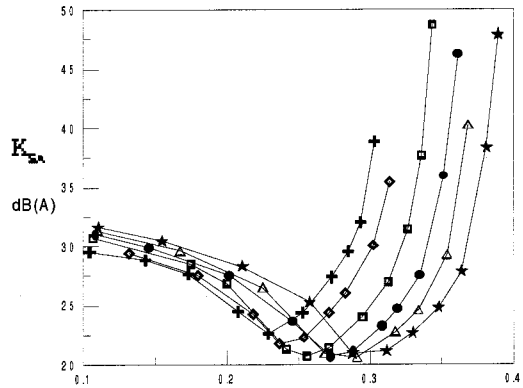


그림 7 축류웬의 특성(풍량, 정압, 효율, 비소음)

행하기 때문에 유동해석만 할 경우에 비해서 훨씬 더 큰 노력이 든다. 그런 의미에서 웬의 저소음화에 공력 설계에서 유동해석이 기여하는 효과보다 소음해석의 기여도는 아직 너무도 미미한 실정이다. 그럼에도 불구하고 웬 소음 이론의 이해와 소음해석은 저소음 웬의 아이디어를 얻는데 효과적인 도구가 될 수 있다.

현실적으로 웬을 저소음화 하는 과정은 시스템의 공력성능을 설계한 후 날개(blade)의 형상과 면을 바꾸어 가면서 소음을 측정하면서 저소음의 목표를 달성하

는 것이다. 저소음 날개 형상과 면을 얻는 아이디어는 여러 가지 방법이 있지만 공력에 의해 발생하는 공력 소음을 이해하는 것이 유체역학 지식만 가지고 팬을 설계하는 것 보다는 효과적인 것은 당연하다.

6. 결 론

가전용 소형팬을 개발하는 과정을 되돌아 보면서 분야별로 간단한 설명과 더불어 부족한 부분을 살펴보았다.

각 분야별로 공통되는 문제는 송풍기 관련 용어가 통일이 안되어 있다는 점이고 팬 설계분야에서는 몇 군데 대기업체를 제외하고는 설계프로그램을 확보한 곳이 없고 또한 설계 프로그램만으로 팬을 개발하는 것이 아니므로 대응적 차원에서 설계프로그램을 확보하지 못한 송풍기 업체로의 기술이전이 필요하다.

해석분야에서는 오랫동안 유동해석 분야의 괄목한 성장이 있어 각종 상용 프로그램에 포함되어 나오고 있으나 신뢰성에 여전히 의문이 남아 있다. 공력소음 해석은 유동해석과 같이 발전하나 국내는 몇 개의 연구 기관을 제외하고는 연구하는 곳도 없다. 시제품 제작 면에서는 그 동안 많은 발전이 있어 왔지만 아직 양산품에 비하여 밸런스, 내열, 내구성, 강도 등 여러 면에서 뒤떨어지기 때문에 시제품의 팬 성능이 실제 양산시에도 그대로 나온다는 보장이 없다. 때문에 아직도 품질면에서 개선해야 할 점이 많다.

실험측면에서도 팬 실험과 관련하여 팬 테스터 등의 시험장치를 만들어 제공하는 전문업체가 영세하여 많은 비용을 들이고도 만족스러운 실험데이터를 얻기가 힘든 실정이다. 이러한 문제를 해결을 위해서 우리의 시험장치 규격을 만들고 권위 있는 단체로 하여금 품질관리를 하도록 하여 소형팬 뿐만 아니라 송풍기 산업 전반에 기술이 파급되도록 하였으면 한다.