



소형 팬(fan)의 저소음 고효율 설계기술

산업기기표준과장 김세진
02) 509-7946 sjkim@ats.go.kr

□ 개요

송풍기는 임펠러의 회전운동으로 공기에 에너지를 가하여 공기량과 압력을 얻는 공기기계로써 흡입구와 토출구의 압력비가 1:1 미만인 것을 팬(fan)이라 하고, 압력비가 1:1 이상 2:0 미만인 것을 블로워어(blower)라고 통상적으로 분류하며, 이를 통칭하여 송풍기라 한다. 송풍기는 유동을 일으키는 날개차(impeller)와 날개차로 들어가고 나오는 유동을 안내하는 케이싱(casing)으로 이루어진다. 송풍기의 분류 방법에는 여러 가지가 있는데 가장 일반적인 방법은 날개차를 통과하는 유동의 특성에 의한 분류이며, 그것은 축류형 송풍기(Axial-flow fan), 반경류형 송풍기(Radial-flow fan), 혼합류형 송풍기(Mixed-flow fan)로 나눈다

공기의 유동이 날개차의 회전축과 평행 방향으로 발생하면 축류송풍기라고 하며, 이 경우에는 날개차 입구와 출구의 유동방향이 모두 회전축과 일치한다. 프로펠러형 송풍기, 즉 보통의 가정용 선풍기가 여기에 속한다. 축류형 송풍기는 가해준 에너지가 주로 유체의 속도를 증가시키는데 사용되며, 따라서 유량은 많

이 필요하나 압력은 그리 필요하지 않은 곳에 사용된다. 반경류형 송풍기는 원심력에 의한 압력 증가가 주된 목적이며 따라서 유량보다는 압력이 필요한 곳에 많이 사용된다.

- 원심송풍기
 - 다익송풍기, 레이디얼송풍기, 뒤쪽급옴깃송풍기, 익형송풍기
- 축류송풍기
 - 프로펠러송풍기, 튜브축류송풍기, 베인축류송풍기

다음 자료는 독일의 ebm사가 개발한 소형 축류팬을 개발하여 2004년 하반기에 출시한 윈렛(작은 날개) 적용 제품의 기술에 대한 정보를 정리한 것이다

□ 서론

유체기계의 소형 팬(fan)분야에서 독일의 ebm사가 축류팬의 개발을 통해 2004년 하반기에 출시한 윈렛(작은 날개) 적용 축류팬은 고효율 및 저소음 측면에서 기존 제품에 비해 매우 탁월한 성능을 보이고 있



다. 기존 축류팬의 분석을 통해서, 축류팬의 날개 끝단과 튜브형 케이싱 사이 간격에서의 와류로 인해 팬 소음이 증가된다는 것을 발견하였다. 특히 산업용 팬은 날개의 끝단이 케이싱에 스치지 않을 정도로 좁아야 한다. 와류를 줄이기 위해서 날개의 끝단을 튜브형 케이싱에 근접하게 하면 tip clearance를 통한 기류가 증가하게 된다. 이 문제점을 해결하기 위해 날개의 끝단을 깎은 윙렛을 설치하였으며, 그 결과 공학적 성능이 우수한 팬을 개발하였으며 소형 축류팬의 winglets의 적용결과 저소음 및 고효율 제품생산이 가능하게 되었다

□ 축류 터보 기계의 설계 상태

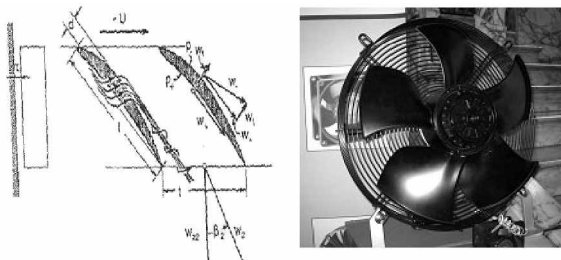


Fig. 1 Tip vortex at the impeller blade tip of an axial turbomachine

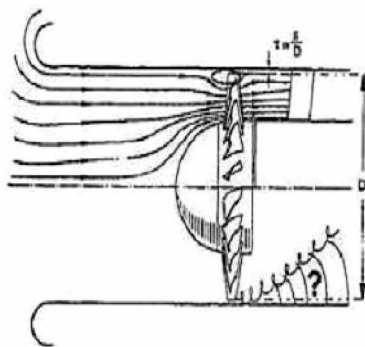


Fig. 2 Schematic view of secondary flow driven by the pressure difference between suction and pressure side in the tip region

그림 1과 2에서 날개의 위·아래 사이의 압력이 동일한 유동을 나타내는지 알 수 있고 와류는 익현의 모양과 평행한 면에서의 저항에 의해 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 와류들은 싱글 임펠러와 날개의 팁에서 팁 간격의 영향으로 소음을 발생시키며, 그림 3에서도 보여진다.

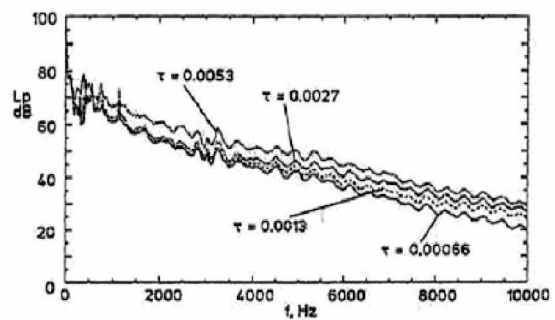


Fig. 3 Sound pressure spectra in the outlet duct as a function of tip clearance ($\phi / \phi_{opt} = 1, n = 1400/\text{min}, \Delta\beta = 12.5 \text{ Hz}$)

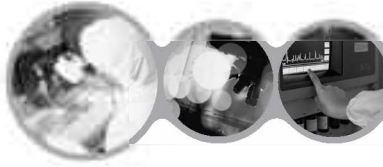
□ 소형 팬에서 팁 간격의 영향

축류형 터보 기계에서도 마찬가지로 팬 하우징은 흡입과 압력면을 분리하기 위해 임펠러의 허용오차를 고려한 팁 간격이 유지되어야 한다.

팁 간격에 영향을 미치는 항목은 다음과 같다.

1. 구성요소의 허용오차
2. 원심력에 따른 날개의 길이 변화
3. 온도에 의한 날개의 길이 변화
4. 주변의 영향

산업규모에 맞는 송풍기 제작시에는 경제적인 이유로 허용오차에 제한을 두므로 구성요소를 재생산하는



것이 불가능하다. 이로 인해 송풍기는 임펠러 직경의 1%를 만족하는 비교적 넓은 간격을 갖는다 (그림3에서 $\tau=0.01$ 과 일치한다) 그림 3의 결과 소음감소에 대한 큰 가능성을 가지고 있지만 앞서 언급한 이유로 개발은 불가능하다

따라서 래비린스 실링(labyrinth-sealing)과 유사한 방법으로 송풍기 임펠러의 가장 끝 날개 끝단에 현대 공기역학에서 end plots 또는 winglets 이라 불리는 두께를 준 임펠러를 만들었다. 소형 팬에서 winglets을 적용할 때 크기에 의해 팁 간격이 감소하지는 않는다. 그러나 날개의 면적을 증가시켜 유동다찰의 저항이 증가하며, 동일 시간동안 공기량은 감소하고 소음의 집중에 따른 팁 와류가 감소한다. 이 아이디어 개발은 독일 ebm-papst St. Georgen가 3212J 타입의 팬의 날개 위에 다른 형태의 winglet을 설치하여 시험한 것을 기초로 하고 있다.

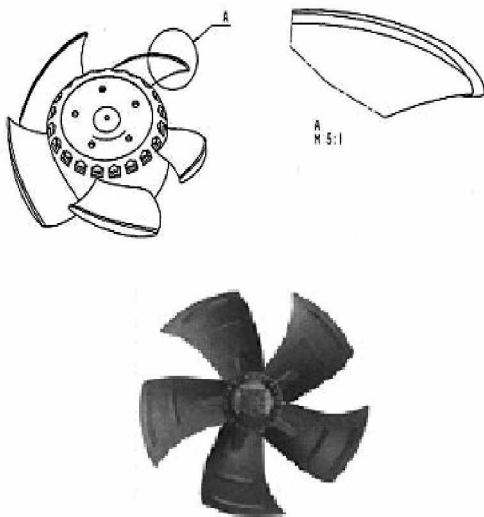


Fig. 4 Impeller with winglets on blade tip

□ 소형 팬의 윙렛의 적용 결과

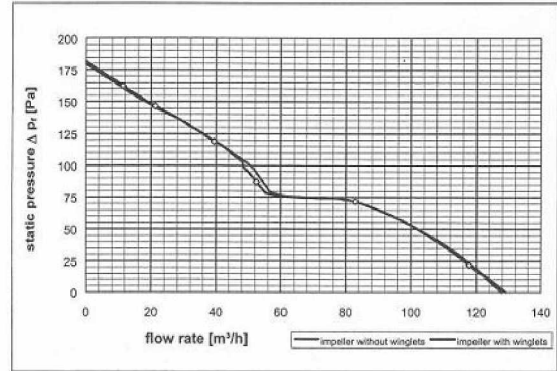


Fig. 5 Comparison of the air performance graph of the typical small axial fan with and without winglets on blade tips(ebm-papst type 3212J)

이론상 팁 간격이 감소하면, 유체역학적으로 팬의 성능 그래프가 좋아지는 결과가 나타날지라도, 실제 시험에서는 날개의 winglets 여부와 차이가 없다. (Fig 5)

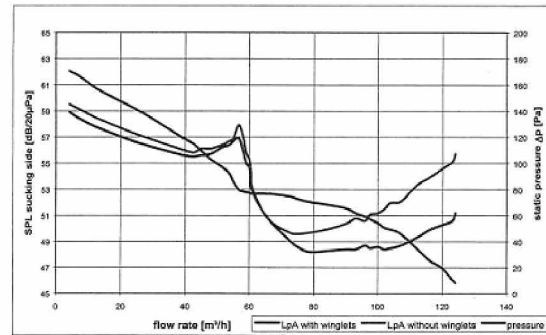


Fig. 6 Comparison of the noise performance graph of the typical small axial fan with and without winglets on blade tips (ebm-papst type 3212J)

거의 모든 작동점에서 winglets에 의해 소음감소가 일어난다. saddle point 이후에는 2~4 dB(A) 감소하는 것을 볼 수 있다. (Fig 6)

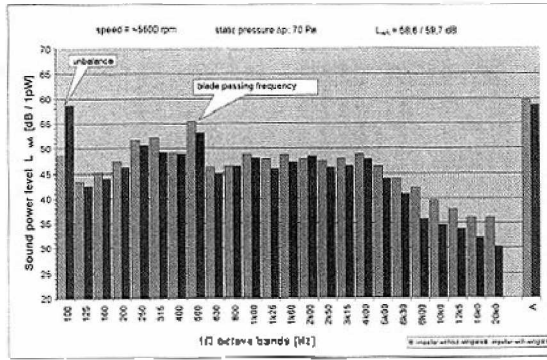


Fig. 7 Sound power spectrum measured in optimum operating point of the fans (ebm-papst type 3212J)

최적의 팬 작동점에서의 음압 측정에서도 유사한 결

과를 보여준다. 위 그림을 통해 winglets의 존재 유무에 따라 1dB(A)의 차이를 보여주고 있다. 소음의 원인으로 흡입에서 발생하는 소음이 가장 큰 영향을 미치는데, 공기 역학적으로 향상되어 소음 감소의 원인으로 판단된다 높은 주파수에서 소음값의 감소가 높다

□ 결론

winglets의 적용으로 날개 끝단의 주변 유동과 틈 외류가 감소하며, winglets을 적용한 소형 팬의 전체적인 소음레벨과 BPF(Blade Passing Frequency) 소음의 감소는 주목할 만한 점이다. 