

# PAC용 양흡입 시로코팬의 공력성능에 관한 실험적 연구

## Experimental Study on the Aerodynamic Performance of Double Inlet Sirocco Fan for a Package Air Conditioner

김장권\*† · 오석형\*\*

Jang-Kweon Kim\*† and Seok-Hyung Oh\*\*

(접수일 : 2012년 07월 19일, 수정일 : 2013년 02월 05일, 채택확정 : 2013년 02월 06일)

**Abstract :** The aerodynamic performance of double inlet sirocco fan is strongly dependent upon the design factors of impeller and scroll. In this paper, the change of scroll size was adopted to investigate the aerodynamic performances of double inlet sirocco fan and indoor PAC. Especially, a scroll expansion angle and a cut-off clearance ratio were considered to change the scroll size. In addition, the installation depth between double inlet sirocco fan and indoor PAC was considered. As a result, the total pressure efficiency of double inlet sirocco fan shows about 62%~73% according to the change of scroll expansion angles. Moreover, the flowrate performance of indoor PAC is the best at the condition of a scroll expansion angle of 8°, an installation depth of 15 mm and a cut-off clearance ratio of 8%.

**Key Words :** Aerodynamic Performance, Cut-off Clearance Ratio, Double Inlet Sirocco Fan, Sirocco Impeller, Package Air-Conditioner, Scroll, Scroll Expansion Angle

### 1. 서 론

시로코 팬(sirocco fan)은 다른 팬들에 비해 비소음 레벨이 비교적 낮아 소형으로서도 고정압, 고풍량을 발휘할 수 있어 주로 패키지 에어컨(package air-conditioner, PAC) 실내기의 저소음운전에 사용되어 왔다.

시로코 팬의 성능향상에 대한 연구는 지속적으로 진행되고 있으나, 시로코 팬이 임펠러(impeller)와 스크롤(scroll)로 구성되어 있기 때문에, 성능에 영향을 미치는 설계인자가 매우 많다고 볼 수 있다. 즉 임펠러에서는 내외경비, 폭외

경비, 익(blade)입구각, 익출구각, 익매수, 익형상, 익취부각도 등으로 나눌 수 있으며, 스크롤에서는 스크롤형상, 확대각도, 설단부(cut-off)반경, 설단부각도, 설단부 틈새, 오리피스(orifice) 직경 및 형상 등으로 나눌 수 있다.

Morinushi<sup>1)</sup>는 시로코 팬에 대한 기하학적 변수들 중에서도 임펠러 폭내경비, 오리피스의 축방향 틈새폭비, 익취부각, 익피치코드비, 스크롤 확대각도들의 공력성능과 소음에 대한 영향을 비교적 자세히 검토하였다. 그러나 문헌에서 보고되는 시로코 팬 단품의 최적치로 제시되는 설계인자들도 실제 완제품에 하나의 부품으로서 팬이

\*† 김장권(교신저자) : 군산대학교 동력기계시스템공학과  
E-mail : flowkim@kunsan.ac.kr, Tel : 063-469-1848

\*\* 오석형 : 군산대학교 기계공학부

\*† Jang-Kweon Kim(corresponding author) : Department of Power System Engineering, Kunsan National University.  
E-mail : flowkim@kunsan.ac.kr, Tel : 063-469-1848

\*\* Seok-Hyung Oh : School of Mechanical Engineering, Kunsan National University.

## 2. 실험장치 및 실험방법

### 2.1 실험장치

Fig. 1은 본 연구에서 이용한 PAC 실내기의 주요 명칭과 주요 치수를 나타내는 그림이다. 또 Fig. 2는 양흡입 시로코 휠의 임펠러 단면구조를 나타내는 그림이다. 그리고 Fig. 3은 본 연구에서 고려한 스크롤의 확대각도와 설단부 틈새변화 및 PAC 실내기에 휠을 설치할 때의 깊이 조정을 나타

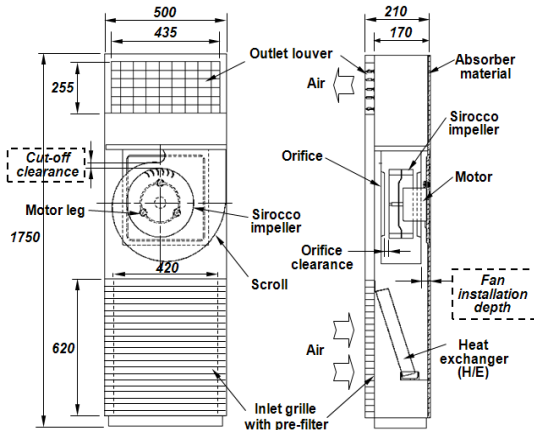


Fig. 1 Schematic diagram of structure elements in the PAC system

적용되는 환경에서는 제 역할을 못하는 경우가 존재하게 된다. 따라서 Kim<sup>2,3)</sup>은 PAC 실내기의 저소음화를 위한 설계수단으로서, 먼저 실내기 내부 유로내의 각종 부품 등에서 발생하는 유동 압력 손실을 최소화 한 후에, PAC 실내기 쪽에 맞는 스크롤 확대각도에서 임펠러의 대구경화를 적용하여 낮은 회전수에서 흡입공기량을 최대화 시키는 연구를 시도한 바 있다. 그러나 이런 상황에서도 시로코 휠의 최적화 설계를 시도하였다는 확신이 없었기 때문에, Kim<sup>4)</sup>은 다구찌 (Taguchi) 실험방법을 사용하여 시로코 휠이 주어진 PAC 실내기의 시스템저항을 만족하면서 최적 시스템으로 고성능, 저소음 운전이 가능하도록 임펠러의 내외경비, 폭외경비, 익매수, 익취부각도들의 최적치들을 결정한 바가 있다. 그러나 고정된 PAC 실내기의 크기에서 하나의 시로코 임펠러를 가지고 스크롤의 각종 설계인자에 따른 성능의 영향을 지금껏 검토한 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 양흡입 시로코 휠의 스크롤 크기 변화에 따른 영향을 검토하고자 PAC 실내기와 임펠러 및 스크롤 폭은 고정된 상태에서 스크롤의 확대각도, 설단부 틈새 및 PAC 실내기에 시로코 휠을 설치할 때의 간격을 각각 변화시켜 가면서 회전수에 따른 풍량변화를 검토하였다.

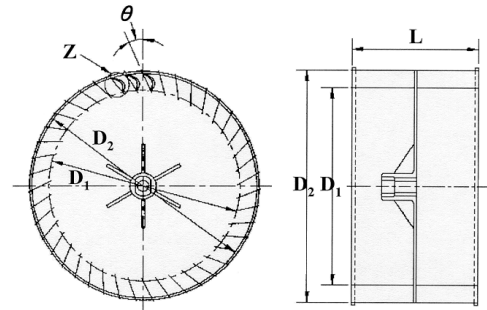


Fig. 2 Geometry configuration of double inlet sirocco impeller

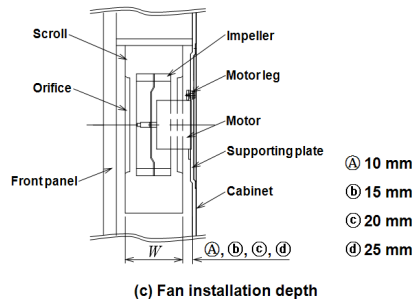
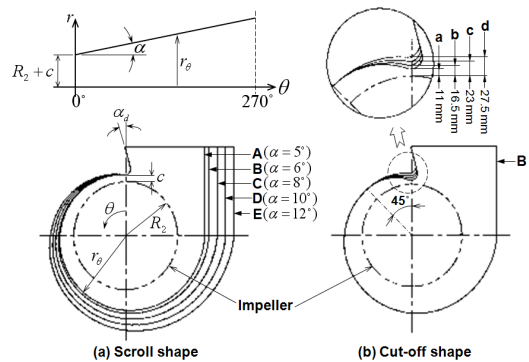


Fig. 3 Scroll geometry configuration for experiment

타내는 그림이다. 여기서 Fig. 2의 임펠러와 Fig. 3의 스크롤에서 고정된 설계인자 값들은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Double inlet sirocco fan's specification

Parts name		Data
I m p e l l e r	Outer diameter of impeller( $D_2$ )	275 mm
	Inner diameter of impeller( $D_1$ )	234 mm
	Blade width( $L$ )	110 mm
	Number of blade( $Z$ )	42
	Blade setting angle( $\theta$ )	23.03°
	Blade inlet angle( $\beta_1$ )	26.26°
	Blade outlet angle( $\beta_2$ )	158.58°
	Blade thickness( $t$ )	3(max.)
	Blade shape	Beam deflection airfoil arc
S c r o l l	Orifice inlet diameter	265 mm
	Orifice clearance	5 mm
	Cut-off curvature radius( $r_c$ )	20 mm
	Cut-off angle	0°
	Scroll curve type	Archimedes curve
	Scroll width( $W$ )	130 mm
	Diffuser angle( $\alpha_d$ )	14°

본 연구에서 시로코 팬을 탑재한 PAC 실내기의 풍량 측정 및 시로코 팬의 공력성능을 얻기 위해서는 KSB 6311 및 AMCA STANDARD210-85를 참고로 만들어진 흡입식 다중노즐 방식의 팬 테스터(fan tester)<sup>5)</sup>를 이용하였다. 또 PAC 실내기에 장착된 시로코 팬의 구동을 위해서는 2.2 kW, 3상의 직류서보모터(Toei, VLBSE-22040)를 사용하였으며, 토크 및 회전수를 측정하기 위해서는 최소 0.1 kgf·cm에서 최대 50 kgf·cm의 토크용량과 최대 6000 rpm의 회전수를 갖는 토크미터(Onosokki, SS050 & MP981)와 토크 및 회전수 지시계(Onosokki, TS-3600)를 사용하였다. 또 압력측정을 위해서는 최소 0.01 mmH<sub>2</sub>O에서 최대 199.9 mmH<sub>2</sub>O까지 측정 가능한 전기식 마이

크로 마노미터(Furness, FC012)를 사용하였다.

## 2.2 실험방법

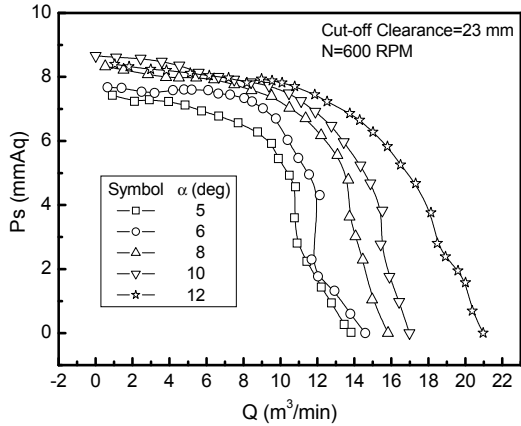
본 연구에서는 고정된 PAC 실내기의 크기에 적합한 시로코 팬의 스크롤 최적 크기를 확보하기 위해서 스크롤의 폭( $W$ )을 고정시킨 상태에서 동일한 시로코 팬의 임펠러를 사용하여 Fig. 3(a)와 같이 스크롤의 확대각도( $\alpha$ )를 5°, 6°, 8°, 10°, 12°로 각각 변화시켜 시로코 팬의 공력성능을 검토하였다. 이때, 설단부 틈새( $c$ )는 23mm를 적용하였다. 그러나 확대각도 12°에 대한 스크롤 크기는 고정된 PAC 실내기의 크기를 벗어나기 때문에, 시로코 팬 단품성능의 검토에만 사용하였다. 또 임펠러를 스크롤에 설치할 때 고려되는 설단부 틈새비( $c/D_2$ )는 확대각도 6°를 갖는 스크롤을 가지고 임펠러 외경( $D_2$ ) 대비 4%(11 mm), 6%(16.5 mm), 8%(23 mm), 10%(27.5 mm)로 변화를 주어 시로코 팬의 공력성능과 PAC 실내기의 풍량을 측정하였다. 이때, 시로코 팬을 PAC 실내기에 설치할 때는 PAC 실내기의 캐비닛 뒷면과 팬이 이루는 간격을 15 mm(Fig. 3(c) 참조)로 설정하였다.

한편, 시로코 팬을 PAC 실내기에 설치할 때 고려되는 캐비닛 뒷면과 팬이 이루는 간격은 설단부 틈새 23 mm에서 각각의 스크롤 확대각도에 따라 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm로 변화를 주어 PAC 실내기의 풍량을 측정하였다.

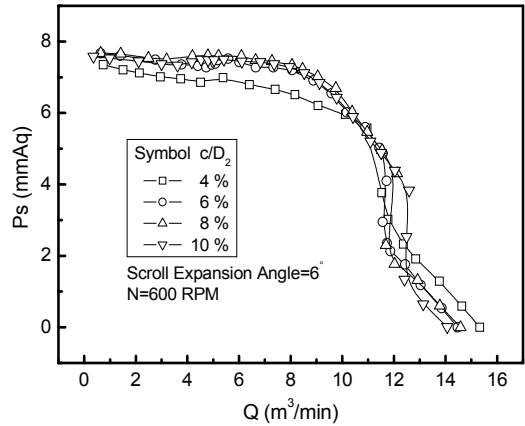
## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 양흡입 시로코 팬의 공력성능

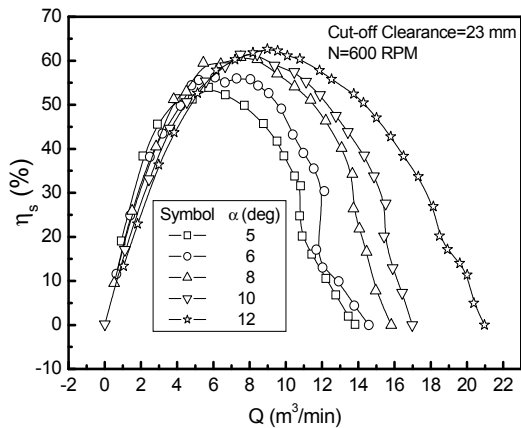
Fig. 4는 스크롤 확대각도의 변화에 따른 시로코 팬 단품에서 얻은 풍량( $Q$ ) 대 정압( $p_s$ ), 정압 효율( $\eta_s$ ) 및 전압효율( $\eta_t$ )을 각각 나타낸 그림이다. 이때, 설단부 틈새는 23 mm이었으며, 팬의 회전수( $N$ )는 600 rpm이었다. 풍량대 정압 특성은 스크롤 확대각도가 증가함에 따라 대체적으로 확대 증가하는 모습을 보여주고 있다. 특히, 스크롤 확대각도가 증가함에 따라 최대풍량은 큰 폭



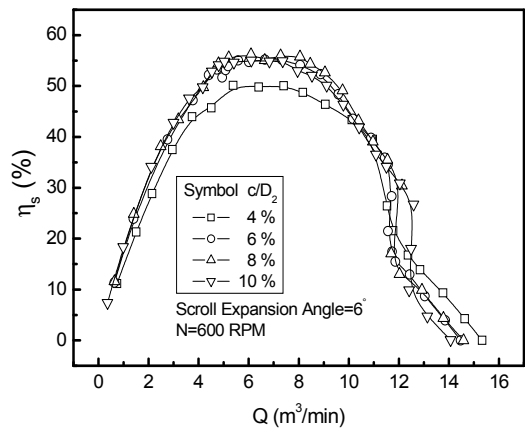
(a) static pressure



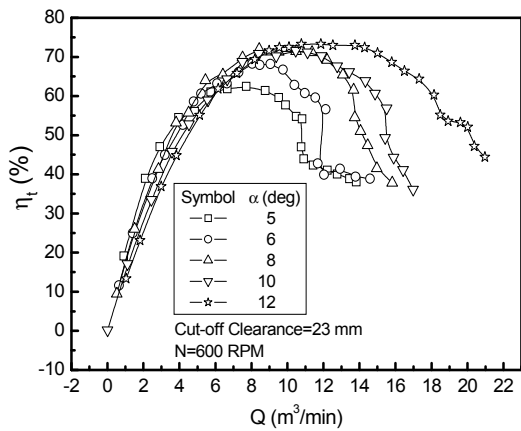
(a) static pressure



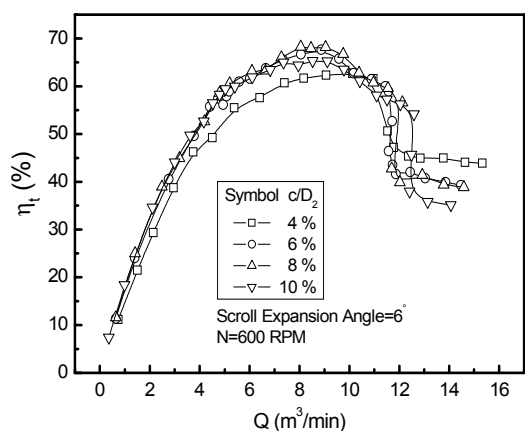
(b) static pressure efficiency



(b) static pressure efficiency



(c) total pressure efficiency



(c) total pressure efficiency

Fig. 4 Aerodynamic performance profiles with various scroll expansion angles

Fig. 5 Aerodynamic performance profiles with various scroll cut-off clearance ratios

으로 증가하나 최대정압의 변화 폭은 작음을 알 수 있다. 따라서 스크롤의 크기는 정압상승보다는 풍량 증대에 더 큰 영향을 미침을 알 수 있다. 한편, 스크롤 확대각도가 증가함에 따라 풍량 대 정압효율 곡선은 최대효율을 나타내는 풍량이 증가함을 보여주고 있으며, 최대정압효율 값 역시 증가하여 그 값은 약 54%~63%에 이르고 있다. 또한 전압효율 곡선은 스크롤 확대각도가 증가함에 따라 최대전압효율을 나타내는 풍량이 증가함을 보여주고 있으며, 그 최대전압효율 값은 약 62%~73%에 이르고 있다.

Fig. 5는 확대각도가 6°인 스크롤을 가지고 설단부 틈새를 변화시켜 시로코 환을 600 rpm으로 회전시켜 얻어진 공력특성을 나타낸 그림이다. 설단부 틈새비 4%에서 얻어진 공력특성이 다른 설단부 틈새에서 얻어진 것과 다소 큰 차이점을 보이고 있다. 즉, 설단부 틈새비 4%에서 얻어진 최대정압은 가장 낮고, 최대풍량은 가장 크게 나타나며, 정압효율 및 전압효율의 최대값 역시 가장 낮은 성능을 보이고 있다. 반면에 설단부 틈새비 6%이후부터는 공력성능의 차이가 작지만, 6%~8%의 설단부 틈새비에서 비교적 우수한 공력성능을 보이고 있다.

### 3.2 PAC 실내기의 풍량성능

Fig. 6은 양흡입 시로코 임펠러를 확대각도가 6°인 스크롤과 설단부 틈새 23 mm, 두 개의 오리피스와의 틈새 5 mm를 각각 유지한 상태에서 양흡입 시로코 환을 Fig. 3(c)에서와 같이 PAC 실내기에 설치할 때, 모터가 켜부된 캐비닛 후면과의 설치간격에 따른 회전수별 풍량을 나타낸 그림이다. 설치간격에 관계없이 회전수 증가에 따라 PAC 실내기의 풍량은 거의 선형적인 증가모습을 보여주며, 특히 설치간격이 15 mm일 때, 풍량 증가가 가장 우수함을 알 수 있다. 그러나 다른 설치간격에서는 특정 회전수별 풍량차이는 매우 미소한 차이를 보이고 있다.

Fig. 7은 스크롤 확대각도를 변경해 가면서 회전수별 PAC 실내기의 풍량 변화를 검토한 그림이다. 여기서는 양흡입 시로코 환을 모터가 켜부

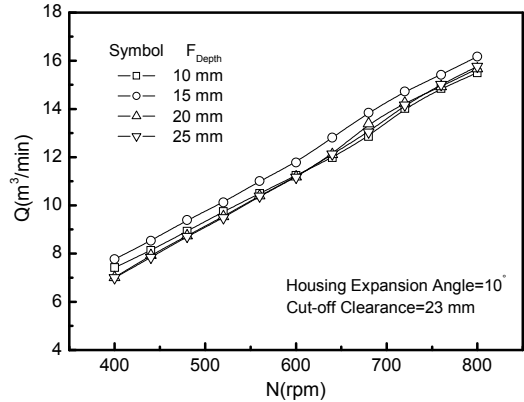


Fig. 6 PAC flowrate profiles with various fan installation depths

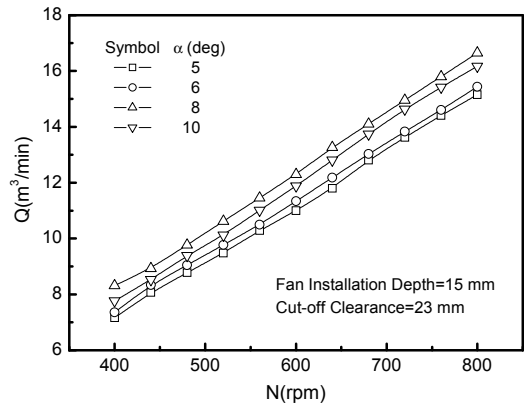


Fig. 7 PAC flowrate profiles with various scroll expansion angles

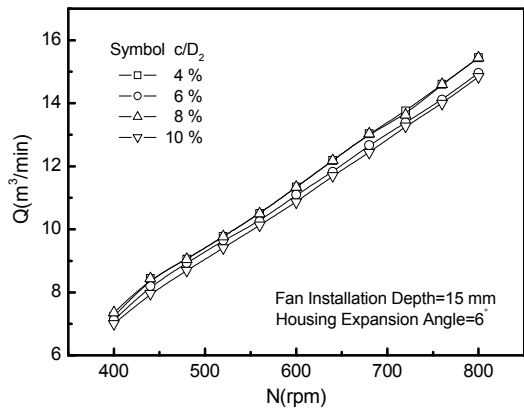


Fig. 8 PAC flowrate profiles with various scroll cut-off clearance ratios

된 캐비넷 후면과의 설치간격을 15 mm로 하였으며, 설단부 틈새는 23 mm를 유지하였다. 스크롤 확대각도의 증가에 따른 특정 회전수별 PAC 실내기의 풍량은 5°에서 8°까지는 증가하나 확대각도 10°에서는 오히려 감소하지만, 확대각도 6°에서의 풍량보다는 크게 나타나 있다. 이것은 확대각도 10°의 경우 스크롤 설치 단면적 증가로 인한 시스템저항의 증가로 확대각도 8°의 풍량보다는 더 작게 나타나는 것으로 생각된다. 또 스크롤 확대각도에 관계없이 PAC 실내기의 풍량은 거의 선형적인 증가모습을 보여주고 있다.

Fig. 8은 확대각도 6°인 스크롤과 양흡입 시로코 팬을 모터가 취부된 캐비넷 후면과의 설치간격을 15 mm로 하여 시로코 임펠러 직경대비 설단부 틈새비에 따라 PAC 실내기의 풍량을 회전수에 따라 나타낸 그림이다. 회전수 증가에 따라 얻어진 PAC 실내기의 풍량은 설단부 틈새비에 관계없이 증가하는 모습을 보여주나, 특정 회전수별 풍량 차이는 설단부 틈새비에 따라 그리 크지 않지만, 틈새비 4%와 8%에서 유독 크게 나타나고 있다. 그런데 설단부 틈새비가 증가함에 따라 PAC 실내기의 풍량 변화가 들쭉날쭉하게 나타나는 현상은 실험상의 오차에 기인된다고 사료되어 추후 다시 확인해 볼 여지가 있다고 생각한다. 그러나 설단부 틈새비가 6% 이하가 되면, BPF(blade-passing frequency) 소음이 발생<sup>2,6)</sup>하므로, 본 연구결과에 의하면 설단부 틈새비는 임펠러 직경대비 8%가 가장 우수하다고 판단된다.

#### 4. 결 론

양흡입 시로코 팬의 스크롤 크기 변화에 따른 공력성능을 확보하고, 그 결과를 PAC 실내기에 적용하면서 얻어진 내용은 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 양흡입 시로코 팬의 전압효율 곡선은 스크롤 확대각도가 증가함에 따라 최대전압효율을 나타내는 풍량이 증가함을 보여주고 있으며, 그 최대전압효율 값은 약 62%~73%에 이른다.

(2) 설단부 틈새비 6%이후부터는 양흡입 시로

코 팬의 공력성능이 작은 차이를 보이지만, 6%~8%의 설단부 틈새비에서 비교적 우수한 공력성능을 보인다.

(3) PAC 실내기에서 풍량은 스크롤 확대각도가 8°에서 그리고 양흡입 시로코 팬을 PAC 실내기와 15 mm로 설치할 때, 또한 임펠러 직경대비 8%의 설단부 틈새비에서 가장 우수한 성능을 보인다.

#### 참고 문헌

1. K. Morinushi, 1987, "The Influence of Geometric Parameters on F. C. Centrifugal Fan Noise", ASME J. of vibration, acoustics, stress and reliability in design, Vol. 109, pp. 227-234.
2. J. K. Kim, 1995, "Study on the Development for Low Noise Package Air-Conditioner", Trans. of the KSME, Vol. 19, No. 10, pp. 2710-2719.
3. J. K. Kim, 1996, "Study on the Development for Low Noise Indoor and Outdoor Package Air-Conditioner", Trans. of the KSME (Part A), Vol. 20, No. 6, pp. 1913-1920.
4. J. K. Kim, 1999, "An Experimental Study on the Optimum Design of Sirocco Fan by Using Taguchi Method", Trans. of the KSME (Part B), Vol. 23, No. 6, pp. 761-768.
5. J. K. Kim, 1993, "A Study on the Performance Test of Self-made Fan Tester", J. of KSASS, Vol. 21, No. 1, pp. 106-112.
6. T. Ikui and M. Inoue, 1988, "Turbo-Blowers and Compressors", Corona Publishing Co., LTD., pp. 293-297.