

안내 깃이 장착된 시로코 팬 성능과 내부 유동 연구

이종원* · 이정수* · 이현규* · 조진수**†

Study on the Performance and Internal Airflow of the Sirocco Fan with a Guide Vane

Jongwon Lee*, Jungsoo Lee*, Hyungyu Lee*, Jinsoo Cho**†

Key Words : Sirocco Fan(시로코 팬), Packaged Air Conditioner(패키지 에어컨), Guide Vane(안내 익), Fan Laws(팬 법칙), Recirculation Flow(재순환 유동), Secondary Flow(이차 유동), Flow Separation(유동 박리)

ABSTRACT

A sirocco fan with forward-curved blades is mainly used when a high air volume is needed in a confined space. Generally, the efficiency of the sirocco fan is lower than that of the fan having the same size. To increase the efficiency of the sirocco fan, a guide vane was installed in the outlet part of the fan, thereby improving the passage of the airflow. The influence of the air flow by the guide vane was analyzed using computational fluid dynamics. The guide vane reduced the size of the recirculation zone, reduced the power up to 3.37%, and increased the static pressure efficiency. The static pressure efficiency reached the maximum as the chord length increased. The study also demonstrated the highest static pressure efficiency when the guide vane angle was 16~17 degree.

1. 서 론

시로코 팬(Sirocco Fan)은 다익형(Multi-blades) 원심(Centrifugal) 팬으로서 블레이드 형상은 전향익(Forward-curved) 블레이드로 구성되어 있다. 전향익 블레이드의 형상은 이름에서 나타나듯 팬의 회전 방향 쪽을 향해 굽어있는 것이 특징이다. 이러한 특징으로 블레이드는 유체를 퍼내는 동작인 스쿠핑(Scooping) 동작을 하게 되어 유체에 많은 에너지를 전달할 수 있기 때문에 같은 직경과 같은 회전 속도일 경우 시로코 팬은 다른 원심 팬에 비해 많은 유량을 생성할 수 있다. 반면에 스쿠핑 동작은 유체의 방향을 급격하게 바꾸는 탓에 팬의 효율을 떨어뜨려 전향익 블레이드가 있는 팬의 경우 다른 원심 팬보다 상대적으로 낮은 효율이 나타난다는 단점이 있다.⁽¹⁾ 따라서 시로코 팬은 에어컨이나 레인지후드와 같이 설치 장소가 한정적이거나 소형화가 요구되는 곳에 주로 사용되고 있다. 설치 장소가 제한적인 중대형 패키지 에어컨(Packaged Air Conditioner)의 경우, 상업용으로 사용되어 높은 효율보다는 많은 풍량이 요구되

기 때문에 시로코 팬을 많이 사용하고 있다. 시로코 팬을 장착한 패키지 에어컨의 형상은 일반적으로 직육면체에 가깝기 때문에 에어컨 내부의 제한된 공간 내에 열교환기와 팬을 효율적으로 배치해야 할 필요성이 있다. 따라서 패키지 에어컨은 한정적인 공간 내에서 팬의 성능을 향상시키고 토출 공기를 열교환기에 고르게 분포시켜야 하는 어려움이 있다.

김장권 등⁽²⁾은 LES기법을 이용해 시로코 팬 하우징이 확대됨에 따라 역류 및 재순환 유동의 존재를 확인하였고 하우징 출구 면의 불균일한 유속분포가 하우징 출구에서 복잡한 2차 유동이 발생하는 원인이 됨을 확인하였다. 하재홍 등⁽³⁾은 시로코 팬 스크롤의 경사를 증가시킴으로써, 시로코 팬 출구의 2차 유동 크기를 줄여 전체적인 압력 증가 및 약 8.1%의 성능 향상을 확인하였고 2차 유동의 감소는 시로코 팬의 성능의 향상에 관련이 있음을 알 수 있었다.

2차 유동으로부터 발생하는 손실에 대한 연구는 시로코 팬뿐만 아니라 공력을 이용한 다른 연구들에서도 활발히 진행되었으며, 이로 인한 성능 저하를 극복하기 위해 다양한

* 한양대학교 융합기계공학과(Department of Mechanical Convergence Engineering, Hanyang University)

** 한양대학교 기계공학부(School of Mechanical Engineering, Hanyang University)

† 교신저자, E-mail : jscho@hanyang.ac.kr

연구들이 진행되었다. Calautit, J.K. 등⁽⁴⁾은 폐루프(Close-loop) 풍동 안의 직각으로 꺾이는 부분에 안내 깃(Guide vane)을 설치하여 유동 박리와 재순환 영역을 감소시킴으로써 유동의 질과 균일성을 향상시켰으며, 한술 등⁽⁵⁾은 사각 채널에서 곡관부에 안내 깃을 설치함으로써 유동 박리를 줄여 유동이 고르게 흐를 수 있도록 함과 동시에 압력손실을 줄일 수 있었다. 또한, 김홍식 등⁽⁶⁾은 디퓨저의 베인(Vane) 확대 각이 작을 때, 압력회복계수가 가장 크다는 것을 밝힘에 따라 출구 유로의 확대 각이 작을수록 압력 손실이 적다는 것을 확인하였다. 하지만, 출구 유로의 길이가 한정적이고 유동이 열교환기에 고르게 퍼져야 하는 패키지 에어컨의 특성상 컷오프 각도(Cut-off angle)는 커질 수밖에 없으며, 컷오프 각도가 커지면 면적변화율이 급격히 증가함과 동시에 출구 유로의 길이도 짧아지게 된다는 문제가 있다. 본 연구에서는 컷오프 각도 부근에 안내 깃을 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.

2. 해석 모델 및 방법

2.1. 이론적 배경

일반적으로 설계자는 새로운 팬을 설계할 때, 기존 팬보다 더 좋은 성능을 원한다. 하지만 새로운 팬을 설계하는 과정에서 다양한 변수가 존재하기 때문에 형상을 설계하여 Computational Fluid Dynamics(CFD)나 실험해보기 전까지는 팬의 성능을 예측하기 어렵다. 따라서 기존의 팬을 개선하여 새로운 팬을 설계할 때, 팬 법칙(Fan Laws)을 이용하면 새로운 팬의 성능을 예측해 볼 수 있다. 이러한 팬 법칙은 기존의 팬과 기하학적으로 닮은 모델을 설계할 경우에만 사용되기 때문에 팬 법칙을 사용하기 위해서는 몇 가지 조건이 충족되어야 한다. 첫째, 두 팬은 같은 수의 깃(Blade)을 갖고 있어야 하며, 둘째, 두 팬의 팬 휠(Fan wheel)에 달린 깃의 각도는 모든 각이 동일해야 하고 셋째, 두 팬의 팬 휠 직경과 직경비가 같아야 한다.⁽¹⁾

$$\frac{cfm_2}{cfm_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3 \frac{rpm_2}{rpm_1} \quad (1)$$

$$\frac{bhp_2}{bhp_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5 \left(\frac{rpm_2}{rpm_1}\right)^3 \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서 cfm과 rpm은 각각 풍량과 회전수를 의미하고, bhp와 D는 일률(Power)과 직경을 의미한다. 본 연구에서는 시로코 팬 출구에 안내 깃을 장착했을 때의 효과

를 알아보는 것이므로 팬의 형상은 바뀌지 않는다. 따라서 동일 한 팬이므로 직경은 같고 팬 법칙을 사용하면 새로운 팬의 대략적인 성능을 예측할 수 있다. 식 (1)과 식 (2)에 따르면 회전수와 풍량은 비례하지만 일률은 회전수의 세제곱에 비례한다. 따라서 동일 풍량에서 유동의 손실을 줄여 회전수를 줄인다면 일률의 소모를 줄여 효율을 높일 수 있음을 예측할 수 있다.

본 연구에서는 안내 깃을 이용해 유동의 손실을 줄이고 동일 회전수에서 더 큰 풍량을 얻어 팬의 일률을 감소시켜 효율을 증가시킬 수 있는지를 판단하였고 안내 깃으로 인한 시로코 팬 내부유동의 영향을 조사하였다.

2.2. 해석 모델 및 정의

시로코 팬 해석의 경우 비대칭성이 강하고 전체적인 크기에 비해 작고 많은 개수의 블레이드 때문에 3D 해석보다는 2D 해석이 효율적이라고 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 시로코 팬을 단면으로 잘라 2D CFD를 진행하였고 단면의 형상과 형상변수는 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다. Fig. 2는 Fig. 1의 시로코 팬에 안내 깃이 적용되었을 때의 단면이며, Fig. 3는 안내 깃의 형상이다. 안내 깃 형상은 5 mm 두께의 평판(Flat plate)으로 양 끝은 동일하게 직경 5 mm 반원으로 처리하였다. 안내 깃에 따른 유동 변화를 알아보기 위해 세 개의

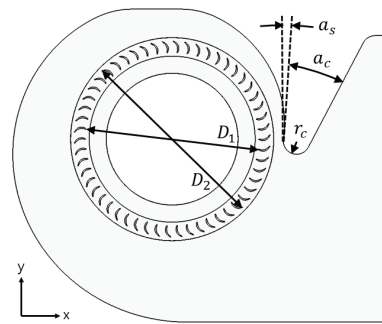


Fig. 1 Sirocco fan geometry

Table 1 Geometric parameters for sirocco fan

Inner diameter, D_1 (mm)	314.90
Outer diameter, D_2 (mm)	357.44
Number of blades, Z	54
Start angle of scroll, a_s (deg)	7.70
Cut-off angle, a_c (deg)	20.04
Cut-off radius, r_c (mm)	24.15
Diffuser Length, x_d (mm)	169.39
Throat Length, y_t (mm)	305.62

변수를 선정하였으며, 각 변수는 Table 2에 나타내었다. 먼저 안내 깃의 거리(Distance)는 Fig. 4와 Table 3에 나타나듯 각 점(DP1, DP2 그리고 DP3)과 컷오프 반경(Cut-off radius) 중심과의 거리이다. DP1, DP2 그리고 DP3는 컷오프 반경 중심에서 x축에 수직인 가상의 선 위에 있는 임의의 세 점으로 각 점은 2 mm씩 떨어져 있다. 또한, y_g/y_t 는 안내 깃의 거리를 무차원화 시키기 위한 방법으로 시로코 팬의 목 길이(Throat length, y_t)에 대한 안내 깃의 목 길이(y_g)의 비율이며, 안내 깃이 없을 때 시로코 팬 목에서 흐르는 유동의 단위면적에 비해 안내 깃이 있을 때 안내 깃이 주 유동의 단위면적으로부터 가져가는 단위면적의 비이다. 안내 깃 시위 길이(Chord length)는 디퓨저 길이(Diffuser length)보다 짧아야 하므로 최대길이를 160 mm로 설정하고 최소길이는 길이가 너무 짧을 경우 유동에 미치는 영향이 크지 않을 것을 고려해 최대길이의 절반인 80 mm로 설정하여 20 mm 간격으로 증가하도록 하였다. 그리고 안내 깃 각도(Guide vane angle)는 x축 기준으로 12 deg 에서 1 deg씩 증가시키면서 시로코 팬에 나타나는 유동 현상과 경향성에 대해 관찰하였다.

세 개의 변수를 사용하면서 모델 수의 증가와 모델들끼리의 비교를 위해 관리가 필요하게 되어 Fig. 5와 같이 각 모델에 이름을 부여하였다. 첫 번째 항은 안내 깃의 거리를 나타내었고 두 번째 항의 첫 번째 두 숫자는 안내 깃 시위 길이를 의미하며, 첫 번째 숫자는 안내 깃 시위 길이의 백의 자리 그리고

두 번째 숫자는 십의 자리를 의미한다. 마지막 두 번째 항 뒤 쪽 두 숫자는 안내 깃의 x축으로부터의 각도를 의미한다.

2.3. 해석 방법

시로코 팬 내부 유동 현상을 살펴보기 위하여 상용 해석프로그램인 Ansys Fluent 17.2를 사용하여 안내 깃으로 인한 유동 특성을 조사하였다. 본 연구에서는 안내 깃에 따른 시로코 팬의 경향성에 대해 상대적 비교를 통한 분석을 하기 때문에 3D 해석보다는 2D 해석이 효율적이라고 판단하여 절대적인 결과값 보다는 상대적인 값에 대한 결과를 비교하였다. 해석을 위한 시로코 팬은 압축비가 크지 않으므로 비압축성 유체로 가정하였고 난류 모델은 Shear Stress Transport(SST) k- ω 모델을 사용하였다.⁽⁷⁾ 또한, 블레이드의 회전으로 발생하는 회전영역과 비 회전영역은 Multiple Reference Frame(MRF) 기법을 사용하였다. MRF 기법을 사용하여 인터페이스 면을 연결함에 따라 회전영역 안쪽에 입구 조건을 부여할 비회전영역이 필요하게 되었고 Fig. 6에 나타나는 것처럼 비회전영역인 입구 도메인을 회전영역 안쪽에 생성하였다. 경계조건으로는 기존에 연구된 모델의 실험값인 Table 4를 토대로 동일한 경계조건을 적용하였고 CFD에 사용한 형상은 기존 제품의 50% 높이에서 자른 단면이다.

Fig. 6에 나타나는 것처럼 격자는 비 정렬 격자로 이루어졌으며, y^+ 는 1 이하로 맞추었다. 총 격자수는 약 340,000 개로 대부분 격자는 회전 도메인에 집중되어 있으며 회전 도메인의 격자는 약 190,000 개로 구성되어 있다.

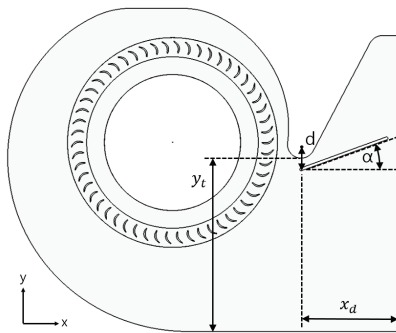


Fig. 2 Sirocco fan with guide vane

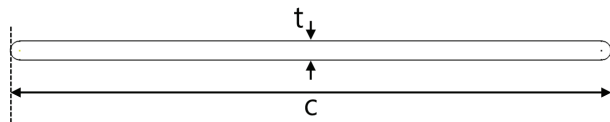


Fig. 3 Guide vane geometry

Table 2 Guide vane parameters and variables

Guide vane distance, d (mm)	44, 46, 48
Guide vane angle, α (deg)	12 - 19
Thickness, t (mm)	5
Chord length, c (mm)	80, 100, 120, 140, 160

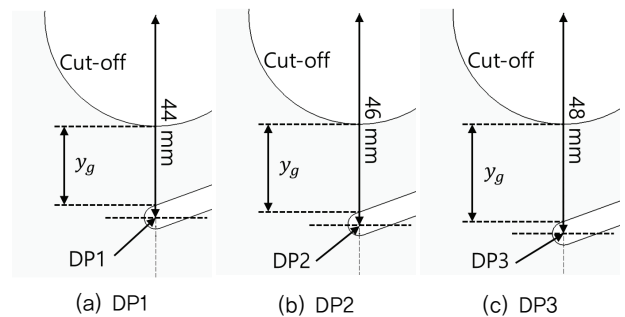


Fig. 4 Location of (a) DP1, (b) DP2, and (c) DP3

Table 3 Guide vane distance for models

Model name	Guide vane distance, d (mm)	$\frac{y_g}{y_t}$
DP0	No guide vane	-
DP1	44	0.0562
DP2	46	0.0628
DP3	48	0.0693

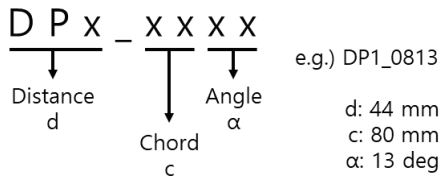


Fig. 5 Model naming and examples

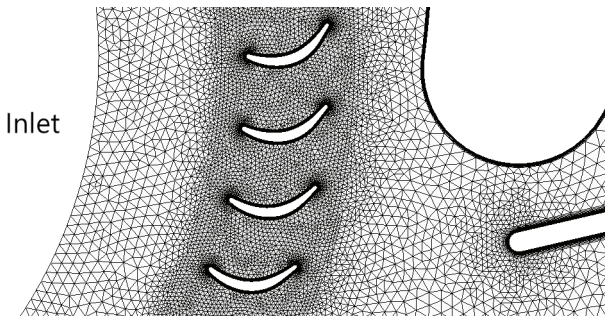
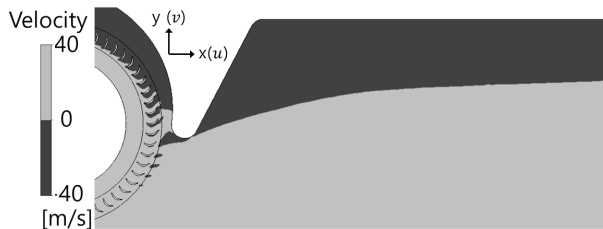


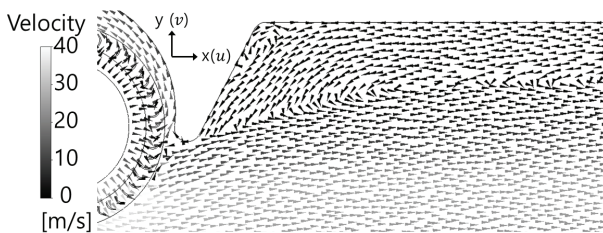
Fig. 6 Mesh at the MRF zone

Table 4 Boundary conditions from the experiment of DP0

Inlet condition(Pa)	0
Outlet condition(Pa)	95
Rotating wall/domain(rpm)	650



(a)



(b)

Fig. 7 Velocity (a) contour(u) and (b) vector for DP0

Table 5 CFD results for DP0

Mass flow, Q(kg/s)	8.00
Power, P(W)	2,400
Static pressure efficiency, η_s (%)	31.67

3. 결과 및 고찰

3.1. 레퍼런스 모델 해석

안내 깃을 설치한 모델을 해석하기에 앞서 안내 깃이 없는 시로코 팬을 해석하여 비교에 기준이 되는 모델로 설정하고 이 모델을 레퍼런스(Reference) 모델, DP0라 명명하고 Table 3에 나타내었다. Fig. 7(a)는 x축 방향 성분의 속도를 나타낸 그림이다. 컷오프 시작 부분부터 하우징이 급격하게 확장됨에 따라 유동 박리(Flow separation)가 시작되는 것을 확인할 수 있고 하우징 상부에 역류하는 유동이 발달했음도 확인할 수 있다. Fig. 7(b)는 속도벡터를 나타내는 그림으로 DP0 모델 하우징 상부에서 재순환 영역이 존재하며, 이로 인한 압력 손실이 발생함을 알 수 있다.

본 연구는 2D 해석으로 진행되었기 때문에 해석면의 수직 깊이(Depth)를 레퍼런스 값(Reference value)을 이용해 부여했다. 따라서 해석면의 수직 깊이는 기본값인 1m로 지정하였고 레퍼런스 모델인 DP0에 대한 해석 결과는 Table 5에 나타내었다. 이때 일률과 정압효율(Static pressure efficiency)에 대한 정의를 식으로 나타내면 각각 식 (3)과 식 (4)와 같다. 여기서 T는 회전력(Torque)이고 ω 은 각속도(Angular velocity) 그리고 P_s 는 정압(Static pressure)이다.

3.2. 안내 깃 위치에 따른 유동 해석

안내 깃의 설치에 앞서 DP0의 해석 결과를 이용해 안내 깃을 설치할 위치에서의 유동 흐름을 분석하였다. 유동 흐름의 분석을 통해 안내 깃 각도는 유동 흐름의 평균적인 방향과 일치하는 각도로 결정하였다. (8) 이로서 안내 깃의 각도가 유동이 흐르는 방향과 일치하므로 유동에 대한 안내 깃의 받음각(Angle of attack)은 0 deg로 가정할 수 있다. Fig. 8을 보면 알 수 있듯 유동과 평행을 이루는 받음각을 찾기 위해 DP1, DP2, 그리고 DP3가 있는 근처에서 다섯 개의 점을 지정하였다. 그리고 각 점에서의 속도 성분을 측정하여 유동 흐름의 평균 각도를 계산하고 Table 6에 나타내었다. 계산 결과 유동 흐름의 평균 각은 13.09 deg로 나타났지만, 편의상 받음각이 0 deg인 각도는 x축으로부터 13 deg로 가정하였다.

안내 깃 위치에 따른 유동해석을 위해 DP1, DP2, 그리고 DP3 세 모델의 각도는 13 deg, 안내 깃의 시위 길이는 80 mm로 고정하고 해석을 진행하였으며, 해석 결과는 Table 7에 나타내었다.

$$P = T\omega \tag{3}$$

$$\eta = \frac{P_s Q}{P} \tag{4}$$

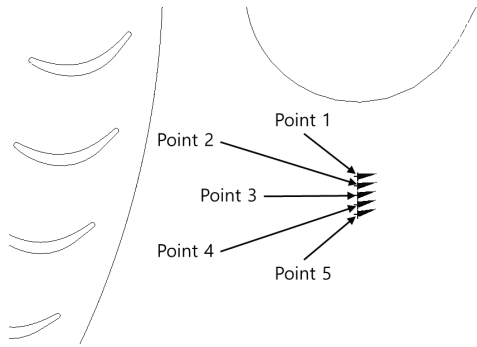


Fig. 8 Velocity vectors at five points

Table 6 Velocity components and flow angle

	u (m/s)	v (m/s)	Angle(deg)
Point 1	6.96	1.85	14.90
Point 2	7.97	1.97	13.88
Point 3	8.80	2.03	12.99
Point 4	9.35	2.02	12.22
Point 5	9.68	1.96	11.47
Average	-	-	13.09

Table 7 CFD results for changing distance

	$\frac{y_j}{y_i}$	Q(kg/s)	P(W)
DP1_0813	0.0562	8.16	2477
DP2_0813	0.0628	8.13	2469
DP3_0813	0.0693	8.15	2475

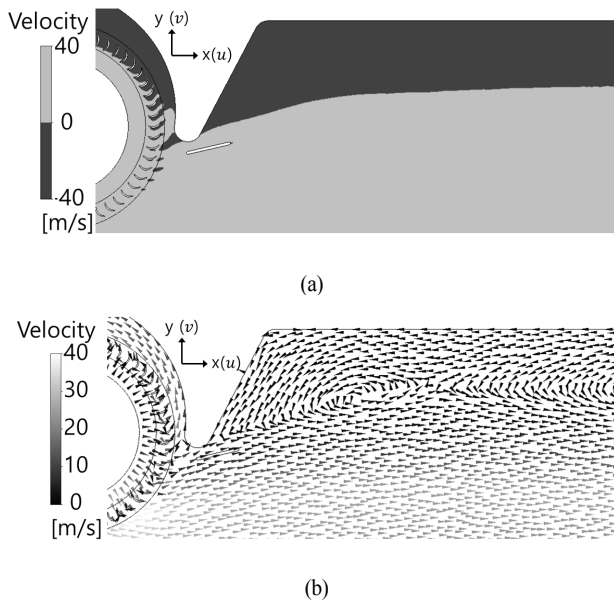


Fig. 9 Velocity (a) contour(u) and (b) vector for DP1_0813

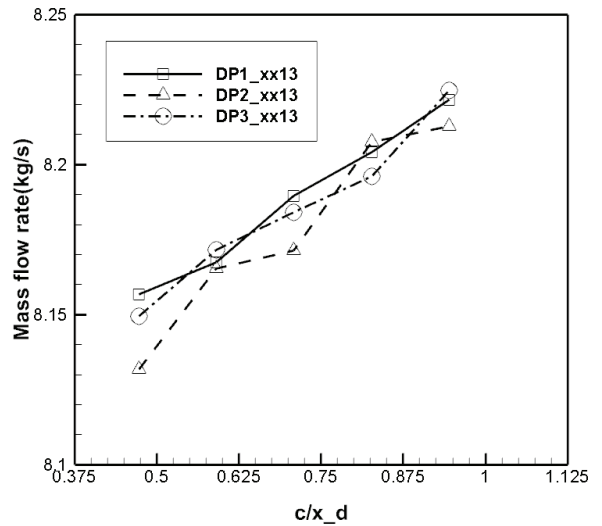
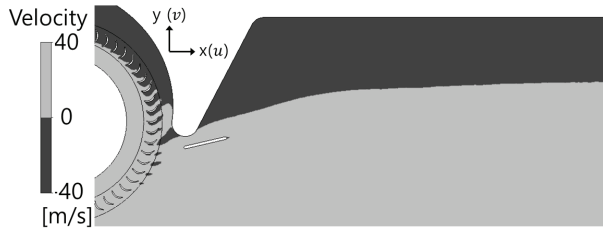


Fig. 10 CFD results for changing chord length ratio

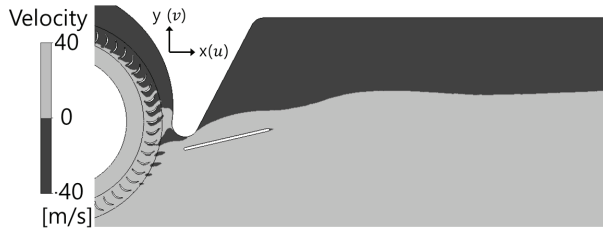
해석결과에서 y_j/y_i 가 가장 작을 때인 DP1_0813 모델에서 유량이 가장 크게 나타났지만 특별한 경향성을 띄고 있지 않는 것으로 보아 특정 지점에서 더 큰 유량이 나타날 수 있다고 판단하였다. DP1_0813 모델의 해석 결과인 Fig. 9에서 나타나듯 Fig. 7의 DP0 모델보다 역류하는 범위가 줄어들었으며, 유동의 흐름이 안내 깃을 따라 흐르면서 굴절된 것을 확인할 수 있다. 이로 인해 상대적으로 DP0 모델보다 재순환 영역이 줄어드는 것을 확인할 수 있었고 그 결과로 DP0 모델보다 높은 풍량이 나타났다.

3.3. 안내 깃 시위 길이에 따른 유동 해석

DP1, DP2, 그리고 DP3 모델의 안내 깃 시위 길이에 따른 유동해석을 위해 각도는 13 deg로 고정한 채 각 모델의 안내 깃 시위 길이만 20 mm씩 증가시키면서 해석을 진행하였다. Fig. 10은 해석 결과를 그래프로 나타낸 것으로 c/x_d 는 디퓨저 최대길이(x_d)에 대한 안내 깃 시위 길이(c)를 무차원수로 표현한 것으로 그에 따른 풍량의 변화를 나타내었다. 결과에 따르면 모든 모델은 안내 깃 시위 길이가 증가할 때 풍량이 증가하는 것으로 나타났다. 반면에 감소하는 관점에서 본다면 안내 깃 시위 길이가 최대일 때 최대 풍량이 나오고 안내 깃 시위 길이가 짧아지면 풍량도 지속적으로 감소하므로 c/x_d 가 0.5 이하에서 풍량의 감소가 예상된다. Fig. 11은 안내 깃 시위 길이를 변경했을 때, 가장 풍량이 높았던 DP2_1613 모델과 안내 깃 위치를 변경했을 때, 가장 풍량이 높았던 DP1_0813 모델을 비교한 것이다. 재순환영역의 면적은 DP2_1613 모델에서 더 작게 나타났으며 전체적인 면적을 비교했을 때, DP2_1613 모델의 재순환영역의 면적이 DP1_0813 모델보다 4.79% 감소한 것으로 나타났다.

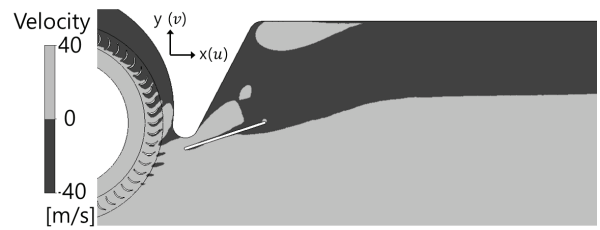


(a)

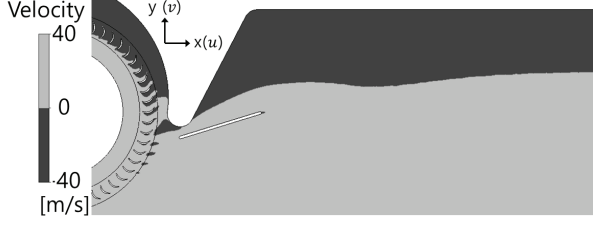


(b)

Fig. 11 Velocity(u) contour for (a) DP1_0813 and (b) DP2_1613



(a)



(b)

Fig. 13 Velocity(u) contour for (a) DP1_1618 and (b) DP1_1617

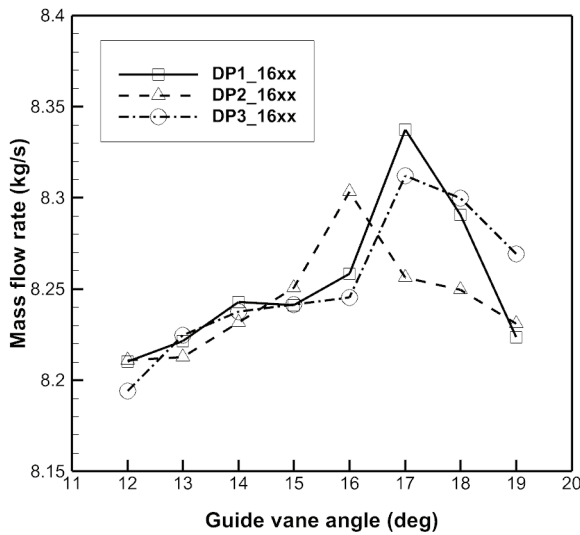


Fig. 12 CFD results for changing angle

3.4. 안내 깃 각도에 따른 유동 해석

안내 깃 시위 길이에 따른 유동해석을 한 결과를 토대로 가장 풍량이 높게 나온 안내 깃 시위 길이 160mm일 때를 기준으로 유동에 대한 안내 깃의 받음각이 -1 deg인 12 deg부터 1 deg씩 증가시키면서 해석을 진행하였다. 해석에 대한 결과는 Fig. 12에 그래프로 나타내었다. 그래프에 따르면 받음각이 증가할수록 풍량이 증가하고 안내 깃 각도가 16~17 deg (받음각 3~4 deg) 일 때, 최대 풍량이 나타났다가 다시 감소하는 것을 알 수 있다. 감소하는 원인으로는 받음각이 증가함에 따라 항력(Drag)도 커지게 되는데 이때의 항력은 대부분 압력항력과 관련이 있고 이는 유동 박리가 발생하면서 생기는 재순환 영역이 원인이다. Fig. 13에서 나타나듯

Table 8 CFD results

	Model	RPM (rpm)	Power (W)	Efficiency (%)
CFD	DP0	650	2,400	31.67
	DP1_1617	636	2,319	32.77
	DP2_1616	638	2,335	32.55
	DP3_1617	636	2,321	32.75

최대 풍량이 나타나는 DP1_1617 모델을 기준으로 받음각이 커진 DP1_1618 모델에서 유동박리가 시작되면서 재순환영역의 크기도 커지는 것을 알 수 있다. 따라서 재순환 영역의 크기는 풍량을 감소시키는 주원인인 것으로 판단하였다.

3.5. 동일 정압과 풍량에서의 일률 분석

안내 깃이 있는 시로코 팬과 안내 깃이 없는 시로코 팬의 효과를 비교하기 위해 동일 정압과 풍량 조건에서 회전수를 변경하여 해석을 진행하고 해석 결과와 팬 법칙을 사용한 계산 결과를 Table 8에 나타내었다. 해석 결과, 같은 회전수에서 안내 깃이 있는 시로코 팬의 풍량이 안내 깃이 없는 DP0 모델보다 높았기 때문에 동일한 풍량을 맞추기 위해 안내 깃이 있는 시로코 팬의 회전수를 낮추었다. 그 결과 DP1_1617 모델의 회전수는 636 rpm까지 낮아지게 되었고 회전수가 낮아짐에 따라 일률이 감소하여 DP0의 일률 대비 3.37% 감소하였다.

4. 결론

본 연구에서는 안내 익이 시로코 팬에 미치는 영향에 대해

서 연구하였고 다양한 사례연구를 통해 풍량과 재순환영역의 상관관계를 조사하였다. 동일한 회전수에서는 재순환영역 크기가 줄어들수록 풍량을 증가시키는 원인이 되었지만 동일한 풍량일 때 일률을 감소시키는 원인이 되는 것을 알 수 있다. 따라서 DP1_1617 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 예상된다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 하우징의 컷오프 부분으로부터 안내 깃까지의 거리(간격)와 풍량과의 경향성은 예측하기 어려웠지만 본 연구에서는 가장 가까운 거리인 y_g/y_t 가 0.0562 일 때 풍량이 최대로 나타났다.
- 2) 안내 깃의 시위 길이가 길어질수록 풍량은 증가하며, 안내 깃을 따라 흐르는 유동의 영향으로 재순환영역 크기가 감소하였다.
- 3) 평판 형상의 안내 깃의 경우 각도가 16~17 deg (유동기준 받음각 3~4 deg)일 때, 풍량은 최대가 되고 받음각이 증가할수록 항력이 증가하여 풍량이 감소한다.
- 4) 평판 형상의 안내 깃이 있는 시로코 팬은 안내 깃이 없는 시로코 팬보다 재순환영역의 크기가 줄어 DP1_1617의 경우 일률이 3.37%까지 감소하였다.
- 5) 안내 깃의 형상을 익형으로 만들거나 재순환영역이 발생하는 지점에 추가적인 안내 깃을 장착하여 최적화를 한다면 일률을 감소시키고 효율을 더 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

References

- (1) Bleier, F. P., 1998, Fan Handbook: Selection, Application and Design, McGraw-Hill, New York.
- (2) Kim, J. K. and Oh, S. H., 2012, "Three-Dimensional Computational Flow Analysis of a Sirocco Fan for a Package Air Conditioner by LES," Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 16, No. 4, pp. 51-59.
- (3) Ha, J. H., and Moon, Y. J., 2000, "Computational Analysis of the Three - Dimensional Flow Characteristics and the Performance of Sirocco Fan," Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 12, No. 7, pp. 674-679.
- (4) Calautit, J. K., Chaudhry, H. N., Hughes, B. R. and Sim, L. F., 2014, "A Validated Design Methodology for a Closed-loop Subsonic Wind Tunnel," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 125, pp. 180-194.
- (5) Han, S., Sohn, H. S., Bang, M., Woo, T. K. and Cho, H. H., 2015, "Effect of shape of guide vanes on convective heat transfer characteristics in two-pass channel having aspect ratio of 5:1," Proceedings of the KFMA Annual Meeting, pp. 243-244.
- (6) Kim, H. S., Kim, D. W. and Youn, J. K., 2000, "Flow Characteristics in a Small - Size Turbo - Compressor with Variation of Vaned Diffuser Divergence Angle," The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea.
- (7) Park, S. T., Choi, Y. S., Park, M. S., Kim, C. H. and Kwon, O. M., 2005, "A Study on the Performance Characteristics of the Sirocco Fan in a Range Hood," The KSFJ Journal of Fluid Machinery, Vol. 8, No. 2, pp. 9-15.
- (8) Kim, S., Yang, H. M., Lee, S. G., Lee, K. Y., Choi, Y. S. and Yang, S. H., 2018, "Aerodynamic Design of Reversible Axial Fan for Forward Driving," Proceedings of the KFMA Annual Meeting, pp. 89-90.