한국소음진동공학회 창립10주년 기념 소음진동학술대회논문집, pp. 402~406.

배기용 Fan Scroll에 대한 연구

A Study on the Fan and Scroll for Ventilation

송 성 배*, 박 성 일*, 이 준 세*
S. B. Song, S. I. Park, J. S. Lee

Key words: Centrifugal Fan(원심송풍기), Sirocco Fan(시로코 팬), Scroll expansion angle(스크롤 팽창각), Noise Reduction(저소음화), OTR(Over The Range, 후드겸용 전자레인지)

ABSTRACT

In the Over-The-Range, the outlet size is limited by the industrial standards. Therefor to enlarge the volume of cavity, the installation height of ventilation fan is become small, the system resistance is higher than before. For that reason, the important design variables such as the diameter of a fan, the scroll expansion angle, etc. which play the significant role on flow rate and noise, are confined.
In this study, we made an experiment of the diameter of fans relation to scroll expansion angle and investigated flow rate of the length of fans in enlarged cavity volume of OTR, and then we designed the new scroll to improve the flow rate and noise level. As a result, flow rate increased to 110% compared to current scroll and the blade passing frequency of a fan is disappeared by inclined cut-off shapes.

기 호 설 명

D_2 : 팬 외경(mm)

ψ : 압력계수($= \frac{P_s}{\frac{1}{2}\rho U_2^2}$)

Φ : 유량계수($= \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D_2^2 U_2}$)

P_S : 압력(mmAq)

Q : 풍량(cmm)

U_2 : Blade 끝단 속도(m/s)

ρ : Density(1.2kg/m^2)

H : 스크롤 폭(mm)

H_{180} : 180 ° 에서의 스크롤 곡률반경(mm)

H_{360}, $R_{2\pi}$: 360 ° 에서의 스크롤 곡률반경(mm)

R_θ : θ ° 에서의 스크롤 곡률반경(mm)

θ : 각도(°)

β_1 : Blade의 입구각

β_2 : Blade의 출구각

N : 회전수(rpm)

α : 스크롤 팽창각

Lb : Bell-mouth 측 Blade 길이

Lm : Motor 측 Blade 길이

CFM : Cubic Feet per Min.

Cu.ft : Cubic Feet

* LG 전자 디지털 어플라이언스 연구소 요소기술팀.

1. 서 론

후드 겸용 전자레인지(Over The Range, OTR)는 후드 기능과 전자레인지의 기능을 합친 제품으로 가스오븐레인지 상부에 설치하여 주방의 공간활용도를 높인 제품이다. OTR의 외곽 사이즈(W×D×H)는 규격(756×390×418)으로 제한되어 있어 조리 공간인 Cavity Volume을 증가 시키기 위해서는 Cavity 상부나 측면, 전장실 폭을 줄여야 한다.

이럴 경우 Cavity 상부에 설치되어 후드기능을 하는 양 흡입 원심 송풍기의 설치 높이가 줄어들게 되며 따라서 팬 직경과 스크롤 팽창각 등이 적어지게 된다.

또한 Cavity 측면의 유로도 줄어들게 되어 OTR 의 시스템 저항도 기존보다 증가하게 된다.

본 연구에서는 이와 같이 조리공간을 증가 시킨 OTR 에 장착되는 양 흡입 원심 송풍기에서 팬 직경과 스크롤 팽창각 사이의 관계와 팬 길이 변화에 따른 배기 풍량 변화 등을 살펴보았다.

또한 배기 풍량 향상 및 저 소음화를 위해 새로운 스크롤 작도법을 적용하였다.

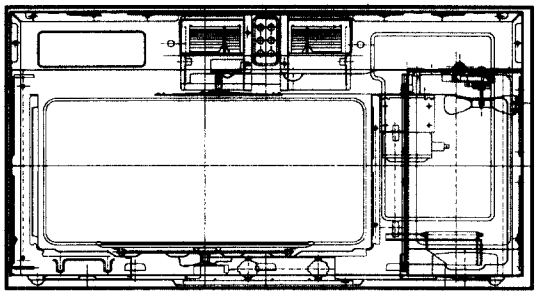


Fig.1 Schematic diagram of Over-The-Range.

2. 송풍기의 구조 및 실험 방법

2.1 양 흡입 송풍기의 구조

Fig.1 과 같이 OTR 에서의 후드기능은 실내공기를 제품 밑면에 있는 흡입구로부터 전장실 후면과 Cavity 측면의 유로을 통해 Cavity 상부에 설치되어 있는 양 흡입 원심송풍기에 의해 실외로 배출된다.

주방의 배기구의 위치에 따라 상방향 또는 후방향으로 배출되며, 배기구가 없는 경우에는 전면 Filter 를 거쳐 다시 주방으로 순환되도록 하는 구조로 되어있다.

이와 같이 조건에 따라 양 흡입 원심송풍기의 토출구 위치가 바뀌므로 측면은 정사각형이어야 한다.

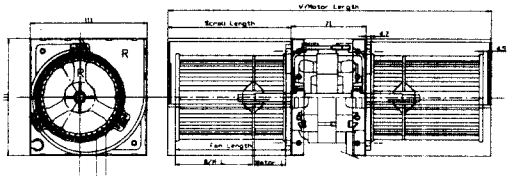


Fig.2 Double inlet centrifugal fan.

정면은 Fig.2 와 같이 모터를 중심으로 좌우에 동일한 시로코 팬과 스크롤로 구성되어 있다.

시로코 팬은 중간판을 기준으로 Bell-mouth 측과 Motor 측 날개길이가 각각 다르며 Motor Bracket 에도 Bell-mouth 입구경과 동일한 직경의 입구부가 뚫려있어 Motor 측의 날개 흡입력으로 Motor 의 열을 식혀주게 된다.

2.2 실험 방법

풍량을 측정하는 Fan Tester 는 당 연구소에서 ASHARE 표준으로 설계 제작된 것으로 실험하였으며, 소음은 Cut-Off 주파수가 200Hz, 암소음이 11.7dB(A)인 무향실에서 실험하였다.

제품의 소음은 OTR 의 전방과 우측, 좌측 중심에서 1m 떨어진 지점의 소음을 측정한 후 산술평균하였다.

3. 본 론

OTR 에서는 설치높이가 한정되어 있고 또한 배기구의 연결 Duct 길이가 10inch(254mm)로 제한되어 있어 양 흡입 원심송풍기의 팬과 스크롤에서 배기 풍량과 소음에 영향이 큰 인자만을 선택하여 실험하였다.

나머지 인자들은 "배기용 Sirocco Fan 에 대한 연구 : OTR 적용 사례"[5] 에서 Parametric study 한 최적치 결과를 이용하였다.

3.1 시로코 팬

(1) 팬의 직경

팬의 직경 증가는 풍량 증가와 밀접한 관계가 있지만 이는 팬의 직경과 함께 스크롤의 팽창각도 같이 커져야 한다.[1]

OTR 에서와 같이 설치공간이 제한되어 있는 경우 팬의 직경 증가는 스크롤의 팽창각 감소로 오히려 풍량 감소의 원인이 되므로 팬의 직경과 스크롤의 팽창각 사이의 최적치를 찾아야 한다.

Fig.3 은 설치높이를 108mm 로 했을 경우, 팬의 직경에 따른 스크롤의 팽창각을 계산한 것이다.

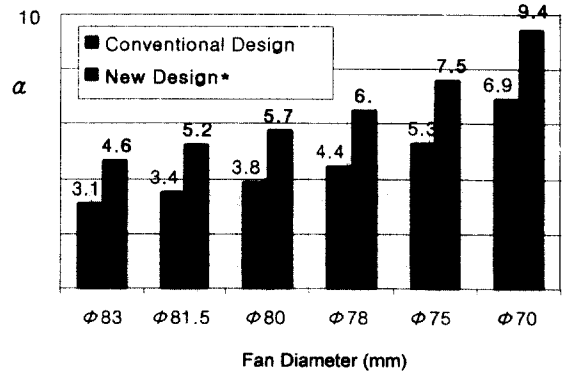


Fig.3 The relations of D_2 vs. α

여기서 Conventional design 은 Archimedic Curve 에서의 팽창각을, New design 은 본 연구에서 적용한 새로운 스크롤 작도법에서의 팽창각이다.

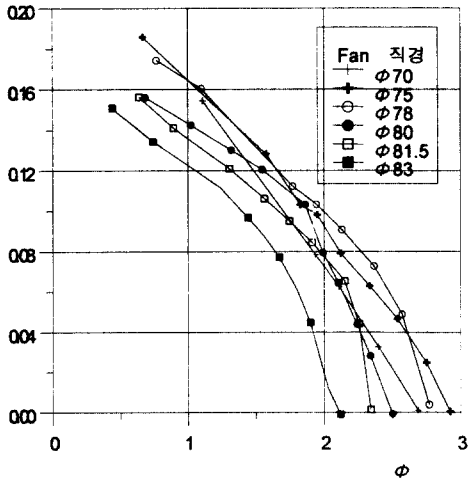


Fig.4 Variation of Ψ vs. Φ for various D_2 .

Fig.4 는 팬의 직경에 따른 성능 변화를 무 차원하여 도시한 것이다.

그림에서 보듯이 팬 직경이 Φ75~Φ78 이 가장 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

(2) 팬의 길이

시로코 팬의 경우 유동이 축 방향으로 유입, 90도 방향으로 꺾여 배기됨으로 팬의 길이는 유입된 유동이 팬을 통과할 때의 통과 단면적에 따라 달라진다.

일부문헌[1,2,3,4]에서는 공기의 유입이 이루어지는 팬의 입구측 단면적과 팬을 통과할 때의 통과 단면적 사이의 관계식으로부터 팬 길이의 설계치를 보통 $0.4\sim0.6D_2$로 제시하고 있다.

그러나 OTR에 장착되는 양 흡입 원심송풍기의 시로코 팬은 Fig.2에서와 같이 중간판을 중심으로 벨마우스측의 팬 길이(Lb)와 모터측 팬 길이(Lm)으로 나누어져, Lb =$0.7D_2$,Lm =$0.36D_2$로 있어 Lb는 일반적인 설계치 보다 크게 되어 있다.

Fig.5는 Lm을 $0.375D_2$로 고정시킨 후 Lb를 $0.5875\ D_2$에서 $0.9125D_2$ 까지 변화 시켰을 때의 무 차원화 한 P-Q 곡선이다.

여기서 Lb는 $0.75D_2$ 일 때가 가장 성능이 좋음을 알 수 있다.

이번에는 Lb를 $0.75D_2$로 고정시킨 후 Lm을 $0.373D_2$, $0.4375D_2$, $0.5D_2$로 하였을 때의 성능 Curve를 측정하였다.

Lm이 길어질수록 단품의 P-Q curve에서는 정압 및 풍량은 증가하지만 배기구의 연결Duct에 의해 스크롤의 양 끝단, 즉 토출구의 일부분이 막혀 OTR에 장착되었을 때는 오히려 풍량이 줄어 성능이 떨어진다.

Fig.6은 단품에서 토출구 끝단을 Set에 들어갔을 경우 가리는 정도에 따라 토출구를 가리고 실험한 단품에서의 P-Q 곡선다.

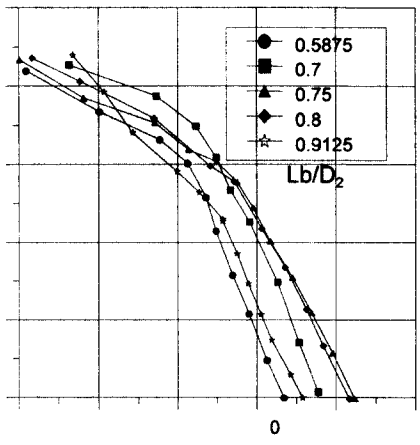


Fig.5 Variation of Ψ vs. Φ for various Lb/D_2

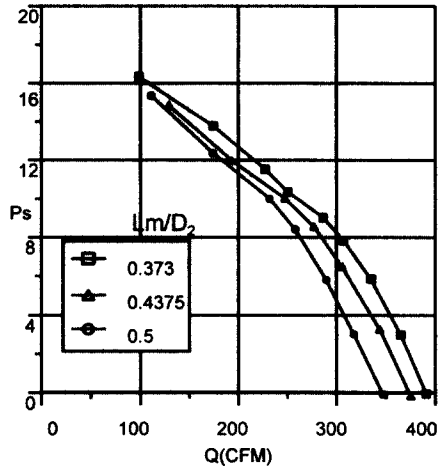


Fig.6 P-Q curve (Outlet is partially obstructed)

3.2. 스크롤

스크롤의 팽창각은 원심 송풍기의 성능에 매우 큰 영향을 주는 인자이다.

OTR에서와 같이 설치높이가 한정되면 팽창각은 팬의 직경에 따라 달라지므로 설치높이에서의 팬의 직경과 스크롤 사이의 최적치를 찾아야 한다.

본 연구에서는 동일한 Cut-off 위치각에서 기존

스크롤 작도법인 Archimedic 곡선과 팽창각이 증가되는 위치를 160~220도 사이에서 최적화 한 새로운 스크롤 디자인을 적용하여 비교하였다.

또한 새로운 스크롤에서 Cut-off의 형상에 따른 소음치 및 소음 Sprectrum을 비교하였다.

(1) 팽창각

Archimedic 곡선에서는 팽창각이 α일 경우 Θ도 일때의 스크롤 곡률반경, R_θ는 다음과 같이 계산된다.

$R_\theta = D_2 \times (1 + \theta \times \pi / 180 \times \tan \alpha)$

여기에서 D_2 는 Fan의 직경이고 θ는 각도이다.

설치높이, H= h180 + h360 이 된다.

따라서 팽창각의 정의는 다음과 같다.

$$= \tan^{-1}\left(\frac{R_{2\pi} - D_2}{2\pi R_0}\right)$$

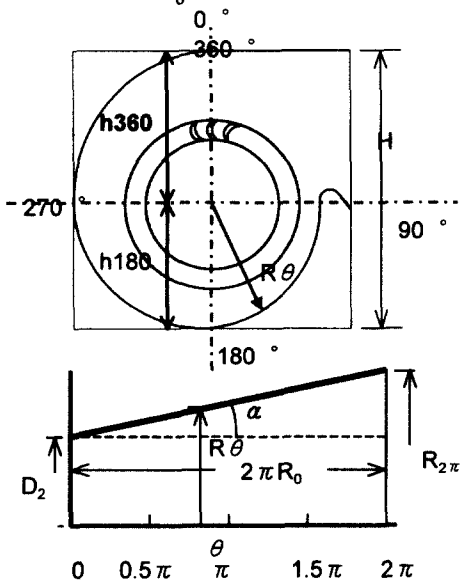


Fig.7 The definition of scroll expansion angle

(2) New Design Scroll

새로운 디자인 방법은 Fig.8과 같이 Archimedic 곡선을 변형하여 각도에 따른 곡률 반경(R_θ)을 다르게 한 것으로 Cut-off 시작각에서 일정각도(160~220도)에서는 R_θ를 적게 설계하고 그 이후에서는 R_θ를 크게 한 것이다.

R_θ가 변화하는 곳에서의 급격한 R_θ의 변화에 따른 유동손실을 줄이기 위해 θ- R_θ의 곡선을 3차 함수로 Curve fitting 한 후 스크롤을 작도하였다.

3가지의 새로운 디자인 방법은 일정각도에서의 R_θ의 값은 동일하고 토출 부위인 160~220도에서의 R_θ만을 각각 다르게 구성한 것이다.

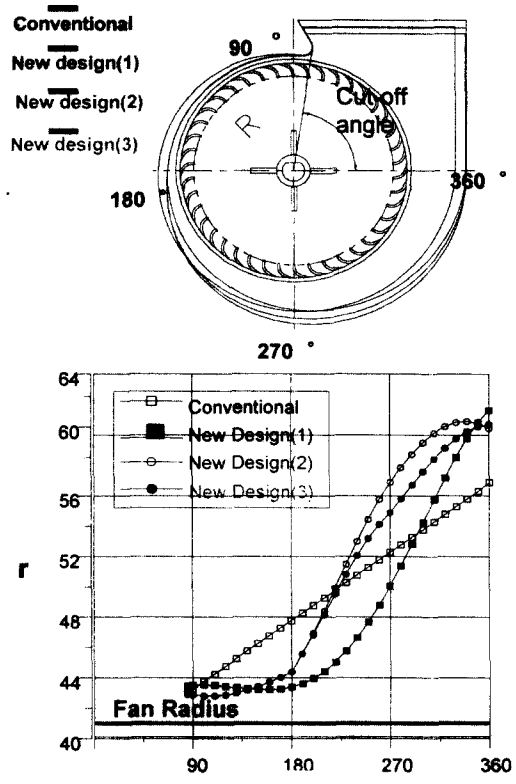


Fig.8 Newly Designed Scroll expansion angle

새로운 디자인 방법을 적용하여 OTR에서의 배기 풍량을 기존 것과 비교한 결과를 Table 1에 정리 하였다.

새로운 디자인 방법이 기존 스크롤 작도법 보다 배기 풍량이 20CFM가량 증가했음을 알 수 있다.

Type	CFM
Conventional	286
New Design (1)	311
New Design (2)	304
New Design (3)	308

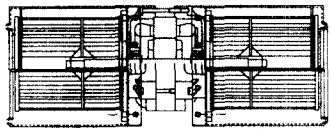
Table 1 Ventilation flow rate according to scroll type

(3) Cut-off 형상

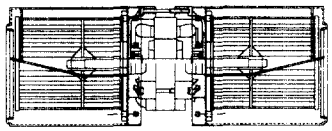
새로운 디자인을 적용한 스크롤의 Cut-off 형상을 Fig.9와 같이 3가지로 변화 시켰을 때의 풍량 및 소음을 비교하였다.

Fig.10은 OTR에 장착 시 High와 Low mode에서의 Cut-off 형상별 배기 풍량 및 소음이다.

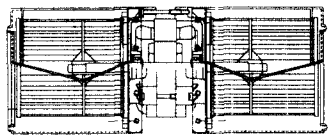
풍량은 일자와 "V"자 형상이 비슷하고 J자 형상이 조금 떨어지지만 Cut-off를 기울인 것이 총합 소음 및 팬의 BPF가 감소 하였다.



(A) ㅡ자형 Cut-off 형상

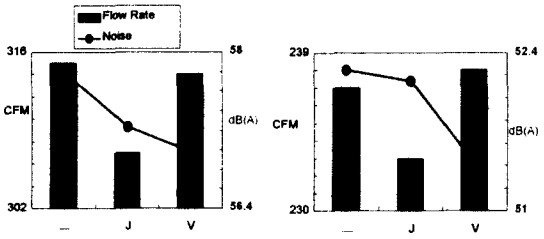


(B) J자형 Cut-off 형상



(C) V자형 Cut-off 형상

Fig.9 Cut-off types



(a) High Mode (b) Low Mode

Fig. 10 Comparison of flow rate and noise with cut off types

또한 cut-off 형상별 소음 Spectrum를 비교한 결과 cut-off를 기울이면 팬의 BPF 소음도 떨어짐을 알 수 있었다.

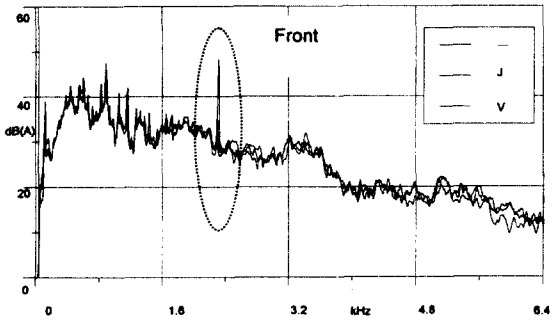


Fig. 11 Comparison of noise spectrum with cut-off type

4. 결론

1. 설치공간이 제한되어 있는 OTR에서 풍량 증가를 위해 팬의 직경을 변화시킬 경우 스크롤의 팽창각과의 연관 관계를 고려하여 두 인자의 최적값을 구해야 한다.
2. OTR에서 팬의 길이는 직경의 75%까지 풍량이 증가하며 토출구가 일부 가려질 경우 풍량 및 소음에는 악영향을 끼친다.
3. Archimedic 곡선을 변형하여 각도에 따른 곡률반경을 다르게 한 새로운 스크롤 설계 방법이 OTR에서는 기존 스크롤 설계방법 보다 배기력 및 소음 성능이 우수함을 알 수 있었다.
4. 스크롤의 Cut-off 형상에 따라 풍량이 변화하며 또한 Set의 소음레벨 및 BPF 소음도 달라짐을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

1. Dr.-Ing. BRUNO ECK, 1973, "Fans" Pergamon Press, pp 3-220
2. T.F.W. Embleton, 1963 , "Experimental Study of Noise Reduction in Centrifugal Blowers", J.of the Acoustical of America V.35 No.5 , pp 700-705
3. Peter Konirczny & J. Stuart Bolton, 1995 Jul-Aug,"Design of low-noise centrifugal blower-Part1& Part2", Noise Control Eng. J., pp103-127
4. Susumu YAMAZAKI 外2名, 1997, "Influence of Shape Change of Impeller and Scroll in the Axial Direction on Performance and Noise for Multiblade Blower" 日本機械學會論文集(B編) 63권614호, pp.3325-3329
5. 박성일, 송성배, 이준세 ,1999, " 배기용 Sirocco Fan에 대한 연구 : OTR 적용 사례" 공기조화 냉동공학회 하계학술발표회 논문집(1). p390~394