

원심송풍기 볼류트 케이싱 형상에 따른 내부유동장 평가

장 춘 만[†]

한국건설기술연구원 설비플랜트연구실

Flow Analysis on the Different Volute Casing in a Centrifugal Fan

Choon-Man Jang[†]

ABSTRACT: This paper describes performance characteristics of a centrifugal fan having a different volute casing. The centrifugal fan has a backward blade type, and is used in a refuse collecting system. The flow characteristics inside the components are analyzed by three-dimensional Navier-Stokes analysis, and also compared to the results by experiments. Distributions of pressure and efficiency obtained by numerical simulation has a good agreement with the experimental results. Throughout the numerical simulation of the centrifugal fan, a fan efficiency is increased by decreasing local losses in the blade passage. It is found that the fan efficiency is enhanced by decreasing the distance between the shroud of a impeller and casing. Detailed flow analysis is also analyzed and discussed using the results obtained by numerical simulation.

Key words: Volute Casing(볼류트 케이싱), Refuse Collecting System(쓰레기 관로이송 시스템), Numerical Simulation(수치해석), Centrifugal Fan(원심 송풍기), Fan Efficiency(송풍기 효율)

1. 서 론

생활폐기물 관로이송 설비의 중앙 집하장에 설치되는 고압용 원심송풍기는 생활폐기물 투입구와 집하장의 거리에 따라 요구되어지는 다양한 압력조건에 대응하기 위하여 3-5대의 송풍기를 직렬로 연결하여 운전되고 있다. 생활폐기물 관로이송 설비의 가동에 필요한 에너지 중의 70%는 쓰레기를 이송할 수 있는 고압의 흡입압력을 발생시키는 다단연동 설치 원심송풍기가 차지하고 있다.

따라서 본 설비의 운전에너지 저감을 위해서는 원심송풍기의 고효율화 및 운전제어방법의 최적화가 절실히 요구된다.

원심송풍기의 고효율화 설계를 위하여, 형상의 손실을 저감시키는 각종인자의 특성분석이 중요하다. 최근 들어 원심송풍기의 설계인자를 최적화하기 위한 최적설계기법이 원심송풍기의 고효율화를 위하여 다양하게 적용, 연구되어지고 있다.^(1, 2)

본 연구에서는 원심송풍기의 고효율화 연구의 일환으로 기존의 원심송풍기 임펠러 각도, 입구 가이드 형상최적화에 이어서 케이싱의 형상특성이 원심송풍기 성능에 미치는 영향을 고찰하였다. 케이싱의 형상변수로는 임펠러 슈라우드와 케이싱 사이의 간격으로 하였으며, 삼차원 수치시물레이션을 통하여 분석하였다.

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-910-0494; fax: +82-31-910-0383

E-mail address: jangcm@kict.re.kr

Table 1 Design specification of test fan.

Name	Value
Flow Coefficient (Design Point)	0.1
Pressure Coefficient (Design Point)	1.39
Outlet diameter of impeller	1340 mm
Number of Blade	11 EA
Rotational Frequency of Impeller	1774 rpm

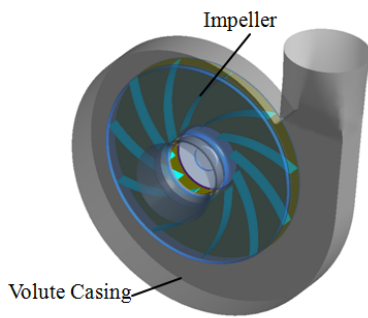


Fig. 1 Perspective view of a centrifugal fan.

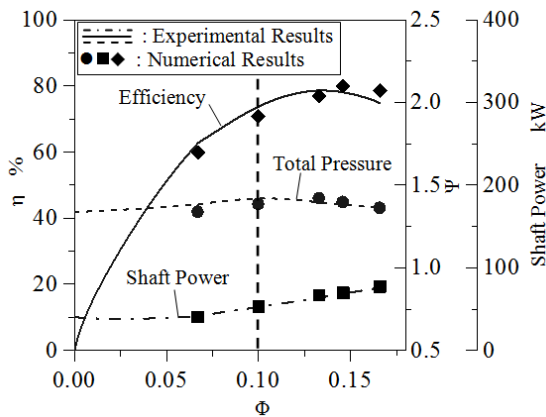


Fig. 2 Performance curve of a centrifugal fan.

2. 원심송풍기

생활폐기물 관로이송 설비용 원심송풍기의 형상도는 Fig. 1에 나타내었다. Table 1에는 본 연구에서 사용한 원심송풍기의 설계사양을 나타내었다. Fig. 2는 원심송풍기의 설계사양인 임펠러 회전 각속도가 1774rpm일 때의 성능곡선을 나타낸 것이다.

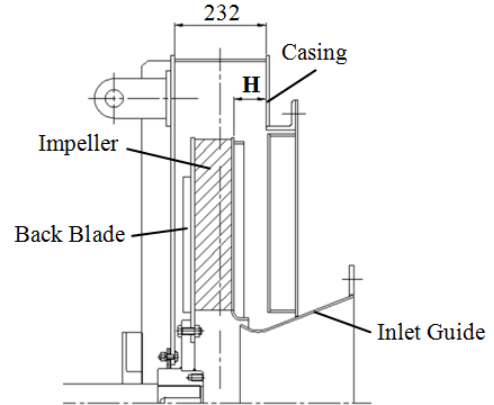


Fig. 3 Sectional view of a centrifugal fan

유량계수(Φ) 및 정압계수(Ψ)는 다음과 같이 정의한다.

$$\Phi = \frac{Q}{AU_t} \quad (1)$$

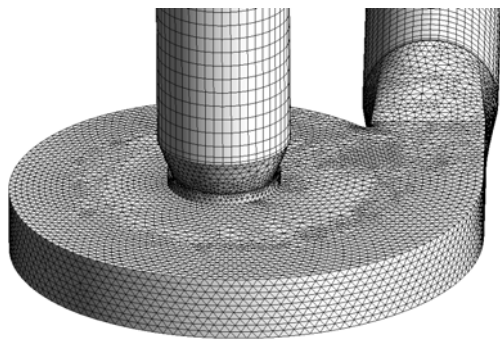
$$\Psi = \frac{2\Delta P_t}{\rho U_t^2} \quad (2)$$

여기서, Q , A , U_t , ΔP_t , ρ 는 유량, 출구 단면적, 임펠러 선단에서의 회전방향 속도, 송풍기 전압차 및 밀도를 각각 나타낸다. 그림에서 설계 유량계수는 0.1이며, 설계 유량점에서 최대압력상승을 갖는다. 실험에 의한 설계유량 조건에서의 송풍기 효율은 70.8%이다.

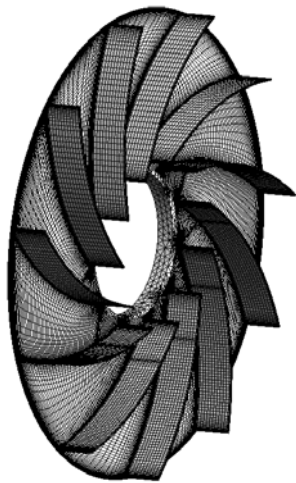
3. 형상변수 및 수치해석

원심송풍기 볼류트 케이싱의 구조에 따른 송풍기 성능특성을 평가하기 위하여 케이싱과 임펠러 슈라우드 사이의 축방향 간격 (Fig. 3에서 "H")을 변경하며 분석하였다. 거리의 변위는 기존 간격인 82 mm를 기준으로 하여 좌우로 최대 30 mm 이동시켰다.

원심송풍기 내부유동장 및 송풍기 성능특성을 평가하기 위하여 상용 소프트웨어인 CFX-11⁽³⁾을 사용하였다. CFX-11은 Pressure Based AMG (Algebraic Multigrid) Coupled Solver를 사용하며, 모든 Mach 수에 대한 해석을 하나의 Solver로 수행하는 해석 코드이다.



(a) casing & duct



(b) impeller

Fig. 4 Computational grid

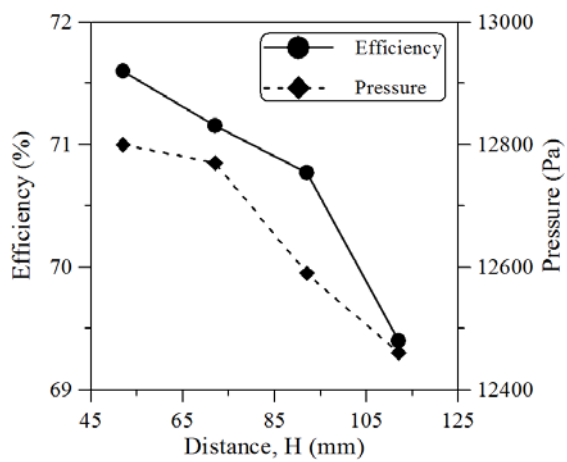
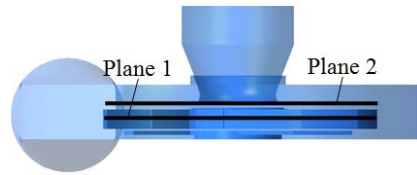
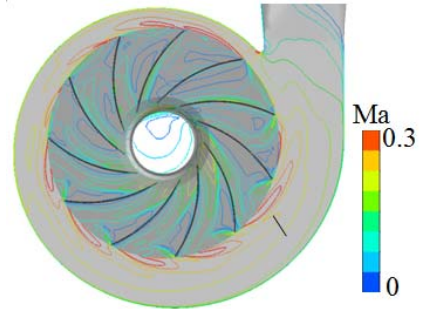


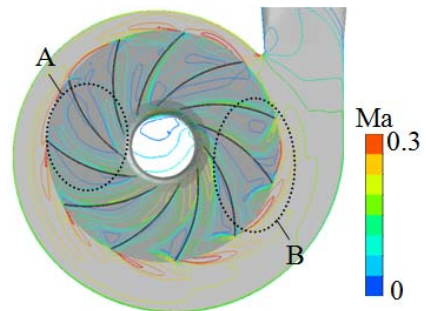
Fig. 5 Effects of depth (H) on efficiency and pressure



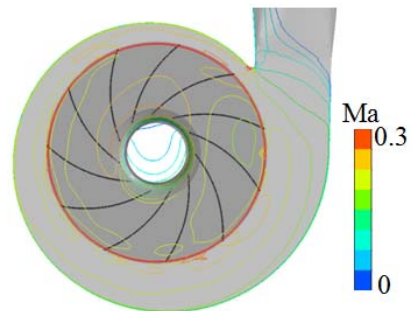
(a) positions of planes



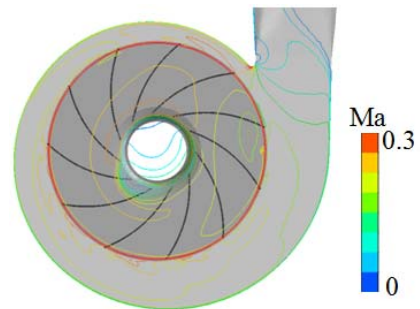
(b) plane 1 (H = 52mm)



(c) plane 1 (H = 112mm)



(d) plane 2 (H = 52mm)



(e) plane 2 (H = 112mm)

Fig. 6 Mach contours on the planes

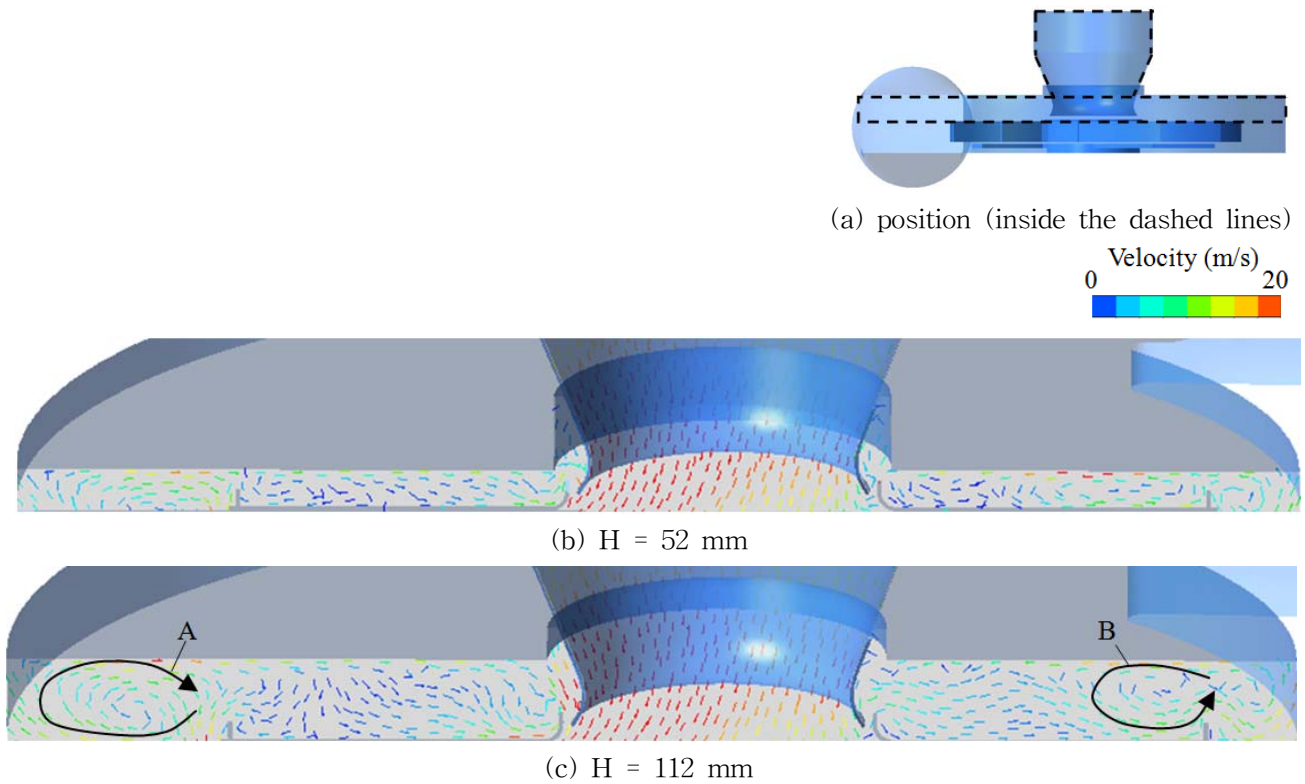


Fig. 7 Normalized velocity vectors on the cutting planes

삼차원 정상유동에 대한 연속방정식과 Reynolds-Averaged Navier-Stokes 방정식 등의 지배방정식은 유한체적법으로 이산화되며, 대류항과 확산항의 이산화 방법으로는 각각 수정된 상류차분법과 중심차분법이 사용되었다. 난류모델로는 SST모델을 사용하였다.

수치해석에 사용된 볼류트 케이싱, 덕트 및 임펠러부의 격자는 Fig. 4에 나타내었다. 임펠러 격자는 Turbo Grid를 이용하였다. 덕트부는 Hexa mesh를, 볼류트 케이싱부에 대해서는 Tetra prism mesh를 각각 사용하였다. 즉 회전하는 원심송풍기 임펠러와 정지하는 케이싱의 복잡한 형상과 경계조건을 원활히 설정하기 위하여 임펠러부와 케이싱부로 분리하여 각각에 계산격자를 형성시켰다. 본 원심 송풍기 해석에 사용된 전체 격자수는 약 170만개 이다. 회전부인 임펠러와 케이싱사이에는 Frozen Rotor Interface를 적용하였다.

수치해석 경계조건으로는 입구에서는 대기압 조건을,

출구에서는 유량조건을 적용하였다.

4. 결과 및 고찰

수치해석을 이용하여 구한 송풍기 성능(효율, 압력 등)을 Fig. 2에 실험값과 비교하였으며, 설계점 및 탈설계점에서 5% 범위 내에서 잘 일치함을 알 수 있다.

임펠러 및 케이싱의 축방향 간격에 따른 성능 특성을 Fig. 5에 나타내었다. 압력과 효율 모두 간격이 줄어들수록 향상됨을 알 수 있다. 효율의 경우에는 계산간격 범위에서 최저 69.4%에서 최고 71.66%로 약 3%정도 크게 증가함을 알 수 있다.

임펠러 내부 및 케이싱 내부에서의 속도분포를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 7(a)에서와 같이 단면1 (Plane 1)은 임펠러 하부면에서 50% 스펬에, 단면

2 (Plane2)는 120% 스펙에 위치한다. 단면1의 속도분포에서 알 수 있듯이, 임펠러 및 케이싱의 축방향 간격이 큰 경우(H=112 mm)에서 발생하는 상대적으로 큰 속도손실 영역(그림에서 “A”, “B” 영역)이 작은 간격의 경우(H=52 mm)에는 상대적으로 축소됨을 알 수 있다. 이러한 속도손실의 감소는 임펠러의 압력상승을 가져오게 되며, 효율도 증가하는 결과를 가져온다.

임펠러 및 케이싱의 축방향 간격에 따른 내부 유동장 특성을 분석하기 위하여 Fig. 7에서와 같이 케이싱 내부단면의 속도분포를 비교하였다.

단면의 위치는 Fig. 7(a)의 점선영역이며, 케이싱영역과 입구가이드 내부영역을 포함한다. 그림에서와 같이 입구가이드로부터 편심되게 유입된 기류는 임펠러를 통과하여 토출된 후, 일부가 케이싱 밖으로 토출되지 않고 Fig. 7에 나타난 케이싱과 슈라우드 사이로 유입된다. 유입된 기류는 간격이 클수록 그림의 “A” 및 “B”와 같이 재순환 유동장을 형성시킴을 알 수 있다. 이러한 국소적인 재순환영역은 기류의 속도를 불균일하게 하여, 입구 가이드측에 상대적으로 강한 기류를 생성시킨다.

4. 결 론

본 연구에서는 생활폐기물 관로이송 설비에서 사용되어지고 있는 원심송풍기의 고율화 연구의 일환으로 진행되고 있는 변수특성 연구 중에서, 볼류트 케이싱의 형상에 따른 원심송풍기 성능특성부분을 기술하였다.

일정 범위에서 임펠러 및 케이싱의 축방향 간격이 축소될수록 임펠러 외측의 케이싱 내부유동 분포가 일정하며, 또한 임펠러 내부의 속도손실영역이 감소하여 압력 및 효율이 상대적으로 증가하는 경향을 나타낸다.

후 기

본 연구는 한국에너지자원기술기획평가원(지식경제부) 에너지자원기술개발사업의 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. Jang, C.-M. and Choi, M. D., 2006, Flow Characteristics of Waste Inside the Circular Duct Using Waste Moving Simulator, Proceedings of The Fourth National Congress on Fluids Engineering, pp. 747-750.
2. Jang, C.-M., Kim D.-W., and Lee, S.-Y., 2008, Performance Characteristics of Turbo Blower in a Refuse Collecting System According to Operation Conditions, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 22, pp. 1896-1901.
3. CFX-11 User Manual, 2007, Ansys inc.