

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
 Journal of the Korean Solar Energy Society
 Vol. 27, No. 2, 2007

혼류임펠러를 갖는 관류형팬의 성능특성

박진욱*, 이철형**, 박완순**, 허종철***

*두원중공업(kms@doowonhi.com), **한국에너지기술연구원(lchg@kier.re.kr, pwsn@kier.re.kr)
 ***제주대학교 기계공학과(jchuh@cheju.ac.kr)

Performance Characteristics of In-Line Duct Fan Having Mixed Flow Impellers

Park, Jin-Wook*, Lee, Chul-Hyung**, Park, Wan-Soon**, Huh, Jong-Chul***

*Doowon Heavy Industrial Co.,LTD(kms@doowonhi.com)
 **Korea Institute of Energy Research(lchg@kier.re.kr, pwsn@kier.re.kr)
 ***Dept.of Mechanical Engineering, Cheju National University(jchuh@cheju.ac.kr)

Abstract

The performance of in-line duct fan depends on the design parameters of impeller and guide vane such as sweep back angle of impeller hub, guide vane angle etc. In this study four kinds of impellers having different sweep back angles, 0°, 17.5°, 35°, 52.5° with 8 guide vanes, and different guide vane angles, 15°, 30°, 45° were selected and their performance measured to investigate the effects of design parameters. The results show that both sweep back angle of impeller hub and the guide vane angle have large effect on the efficiency. Especially, it was found that the mixed flow impellers having sweep back angle between 17.5° and 35° gave good performances for in-line duct fan.

Keywords : 혼류임펠러(Mixed flow impeller), 안내깃(Guide vane), 뒤제침각(Sweep back angle), 관류형팬(In-line duct fan), 총합효율(Total efficiency)

기 호 설 명

BHP : 축동력(kW)
 D₂ : 임펠러외경(m)
 g : 중력가속도(m/sec²)
 H : 수두(mm)
 N : 임펠러 회전수(rpm)
 Pt : 전압(mmAq)

Q : 유량(m³/min)
 U₂ : 임펠러주속도(m/sec, = πD₂N/60)
 Z_b : 임펠러 깃수(ea)
 Z_g : 안내깃수(ea)
 θ_g : 안내깃각(deg)
 Λ : 뒤제침각(deg)
 φ : 유량계수(= 4Q/πD₂²U₂)
 ψ : 압력계수(= 2gH/U₂²)
 η : 총합효율(= QPt/6120 BHP)

접수일자 : 2007년 4월 25일, 심사완료일자:2007년 5월 31일
 교신저자 : 이철형(lchg@kier.re.kr)

1. 서론

팬은 건물의 공기조화, 환기 등으로 널리 사용되는 유체기계이다. 공기조화용으로 많이 사용되고 있는 원심형팬이나 다익팬의 경우, 건물바닥의 설치공간이 커서 공간활용상의 효율성이 저하되는데 반해 관류형팬은 소형경량이면서도 효율이 높고 지상공간을 이용할 수 있기 때문에 공조장비가 차지하는 바닥면적을 줄임으로써 공간 활용도를 높일 수 있다.⁽¹⁾

기존의 관류형팬은 축류팬의 케이싱에 원심팬의 임펠러를 장착하여 사용하고 있어 성능과 효율이 저하되는 근본적인 문제점을 가지고 있다. 또한 관류형팬의 특성을 이해하기 위해서는 원심팬에 대한 특성을 분석하여야 한다. 관류형팬에 사용되는 원심임펠러에 대한 연구는 많이 있었으며, 이의 일환으로 원심형 팬의 형상변수에 대한 연구가 진행되었고⁽²⁾, 원심팬의 기하학적 특성에 따른 송풍 성능에 관한 연구가 진행되었다.⁽³⁾ 또한 관류형팬의 일종인 사류팬에 대한 삼차원 점성 유동 해석 등이 연구되었으며,⁽⁴⁾ 관류형팬의 성능을 개선하기 위하여 원심팬중 효율이 높은 익형팬의 임펠러를 관류형팬에 사용하여 관류형팬의 성능을 개선코자한 연구가 진행되었다.⁽⁵⁾

관류형팬의 성능은 임펠러의 형태, 임펠러주판의 뒤제침각, 안내깃각 등에 의하여 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 관류형팬의 성능에 영향을 주는 설계변수의 특성을 분석하기 위하여 임펠러주판의 뒤제침각과 안내깃각을 변화시켜 성능특성의 변화를 고찰하였다.

2. 실험장치 및 성능실험

관류형팬의 성능특성을 분석하기 위하여 한국공업규격 KS B 6311⁽⁷⁾에서 압입송풍기 성능시험으로 규정한 실험장치를 사용하였다. 그림 1은 관류형팬이 설치된 실험장치를 보여준다.

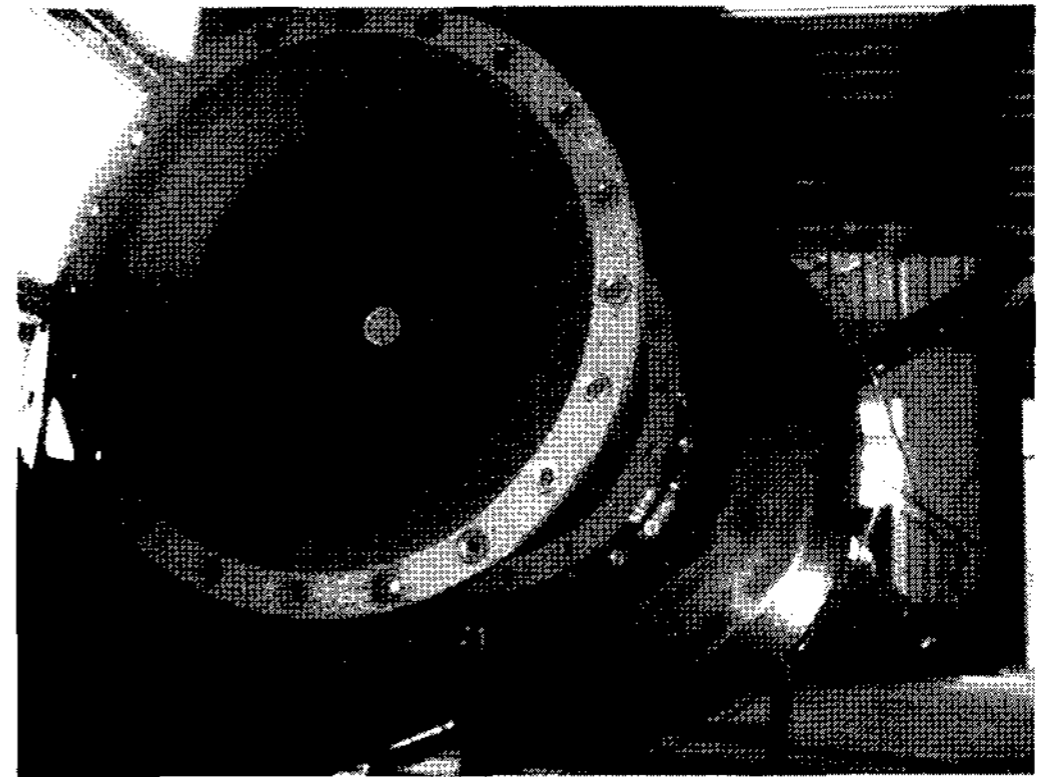


그림 1. 관류형팬 실험장치

관류형팬의 총합효율을 평가하기 위하여 임펠러 구동에 소요되는 전동기의 입력을 측정하여 사용하였다.

임펠러주판의 뒤제침각, 깃수 그리고 안내깃각의 변화가 성능에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 그림 2와 같이 뒤제침각이 0°인 원심임펠러를 기본으로 하여, 주판의 뒤제침각을 17.5°, 35°, 52.5°로 변화시킨 4종의 임펠러모형을 이용하여 안내깃수를 8개로 고정시켜 이에 의한 성능특성을 분석하였다.

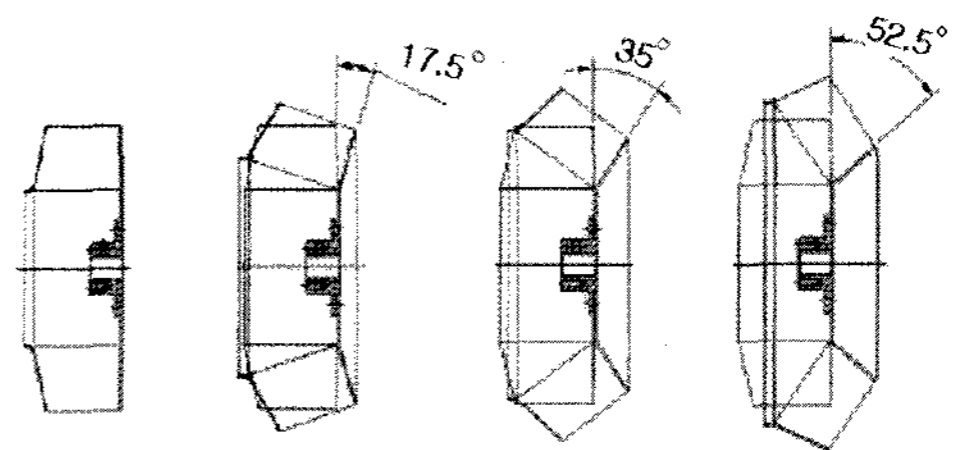


그림 2. 뒤제침각을 갖는 임펠러 모형의 형상

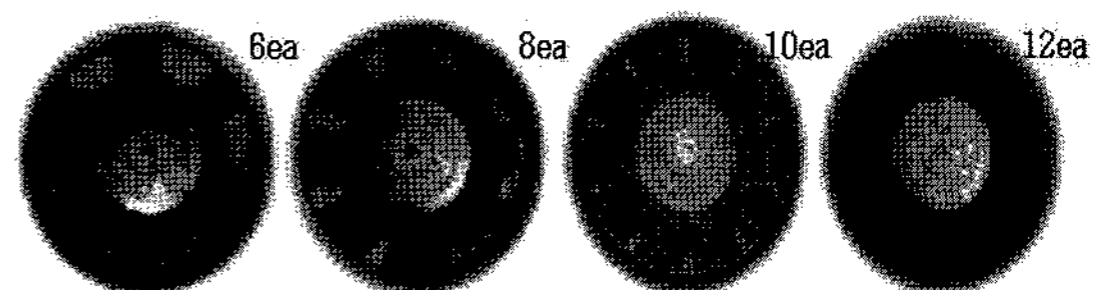


그림 3. 임펠러 모형의 형상

그림 4는 안내깃각의 형상을 보여주며, 그림 5는 관류형팬의 형상을 보여준다.

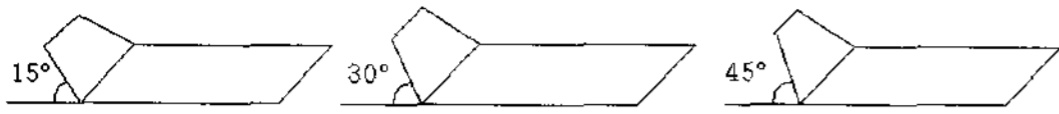


그림 4. 유도각을 갖는 안내깃의 형상

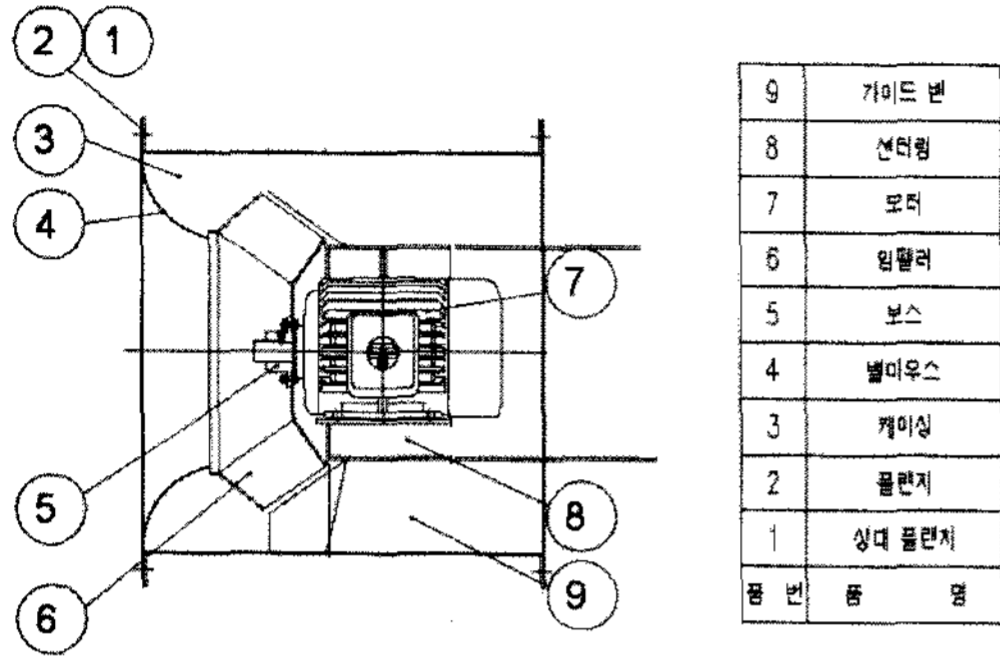


그림 5. 관류형팬의 형상 및 구성품

관류형팬의 성능을 측정, 분석하기 위하여 임펠러의 회전수를 1,765rpm으로 유지시키고, 시험관로 끝에 장착되어 있는 드로틀의 개도를 조절하여 토출유량을 조절하였다.

3. 결과 및 검토

측정된 자료는 다음과 같이 정의되는 유량계수, 압력계수 및 총합효율로 변환하였다.

$$\phi = \frac{4 Q}{\pi D_2^2 U_2} \quad (1)$$

$$\psi = \frac{2 g H}{U_2^2} \quad (2)$$

$$\eta = \frac{Q P_t}{6120 \text{ BHP}} \quad (3)$$

그림 6은 임펠러주판의 뒤제침각의 변화에 따

른 관류형팬의 유량과 압력간의 관계를, 그림 7은 유량과 총합효율의 변화를 나타낸 것이다.

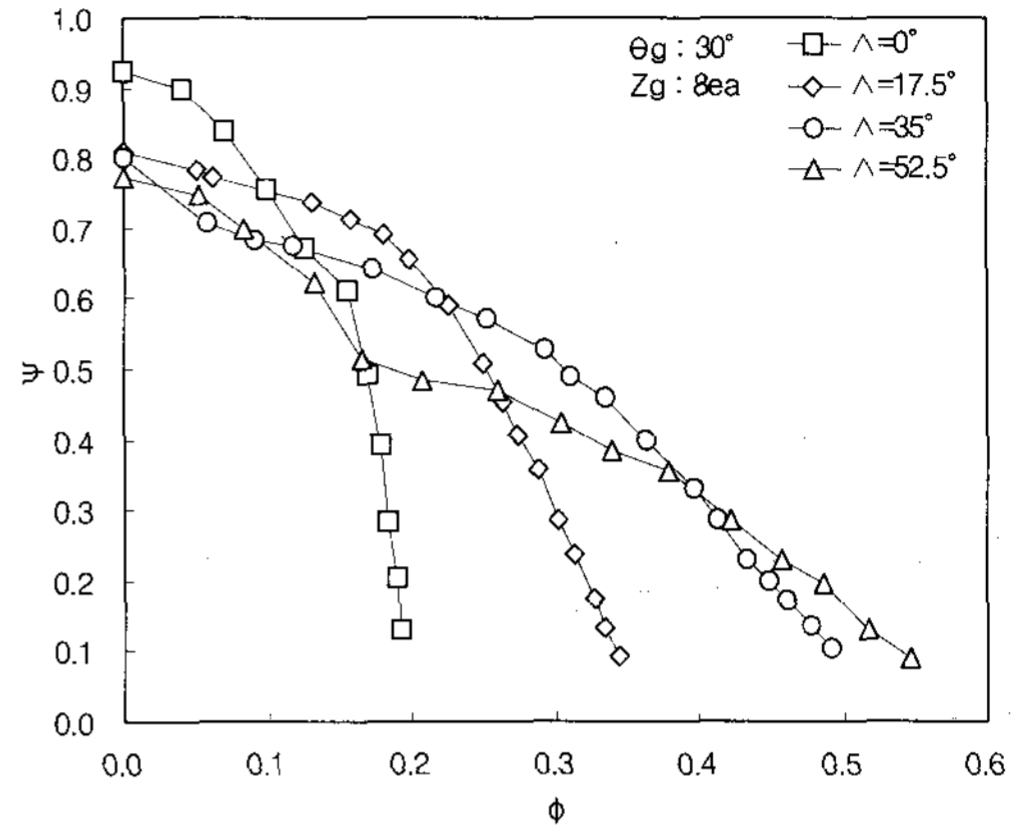


그림 6. 뒤제침각에 따른 유량계수와 압력계수의 변화

그림 7에서 뒤제침각이 증가함에 따라 최대 유량에 큰 변화가 있고 최대 총합효율점의 위치가 유량이 큰 쪽으로 이동함을 볼 수 있다. 또한, 뒤제침각이 증가함에 따라 그림 6에서 보는 바와 같이 전형적인 원심형, 혼류형, 축류형팬의 성능특성곡선을 보임을 알 수 있다.

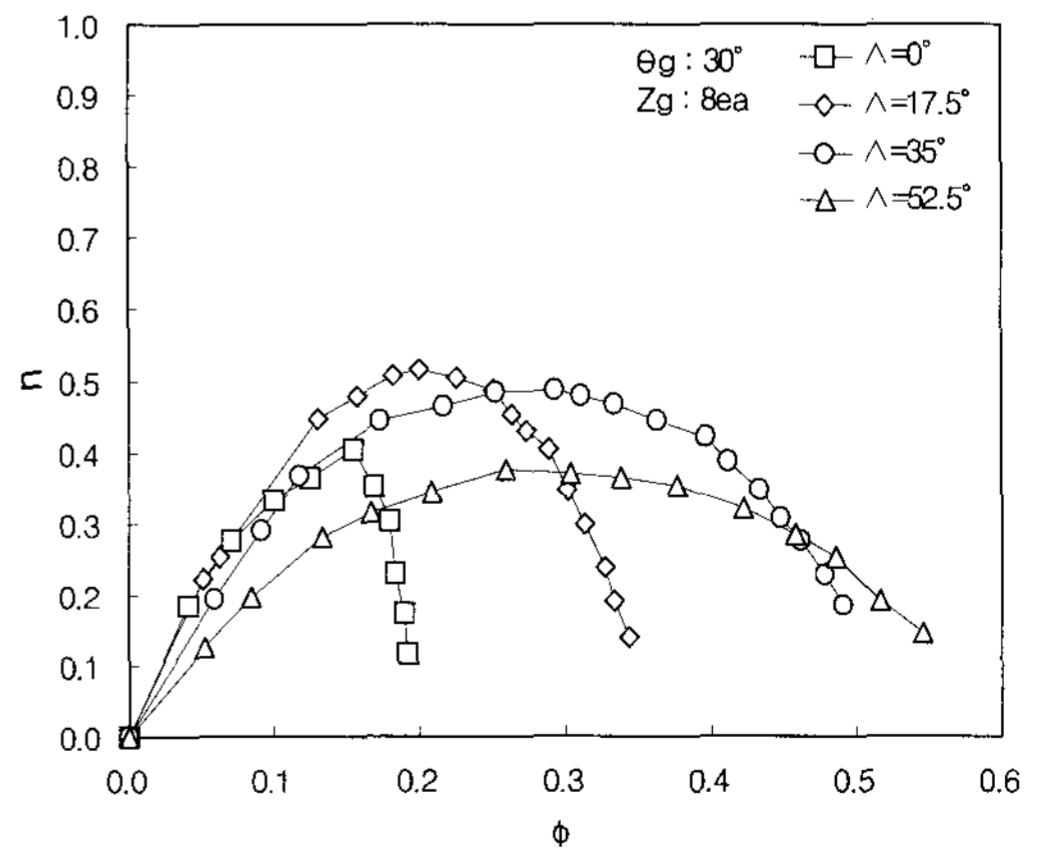


그림 7. 뒤제침각에 따른 유량계수와 총합효율의 변화

뒤제침각 변화에 따른 임펠러 내부유동의 변화를 고찰하기 위하여 PHOENICS code⁽⁸⁾를 사용하였

다. 이 때 유동상태는 표 1과 같이, 총합효율이 최대가 되는 유량에서의 흐름특성을 분석하였다.

표 1. 임펠러 모형의 유량 조건

유량	모형 1 ($\Delta=0^\circ$)	모형 2 ($\Delta=17.5^\circ$)	모형 3 ($\Delta=35^\circ$)	모형 4 ($\Delta=52.5^\circ$)
Q	35.6	60	87.3	83.7

그림 8은 모형 1 임펠러 출구에서의 속도분포를 나타낸 그림으로 Hub-to-Shroud와 Blade-to-Blade의 위치에 따라 배출속도의 형태가 크게 변한다는 것을 알 수 있다. 배출속도는 임펠러의 임펠러의 주판부근이 측판부근에 비해 크고, 압력면부근에 비해 흡입면부근에서의 배출속도가 크게 나타난다. 측판부근에서의 절대속도가 감소하는 현상은 기체가 흡입구를 통과할 때 측판입구 부분에서 흐름이 박리되어 임펠러출구에서도 재부착하지 못하고 역류가 발생하기 때문이다. 그림 9는 Hub-to-Shroud의 중간부분에서의 반경방향 속도성분을 나타낸 것으로 이러한 현상을 잘 보여주고 있다. 임펠러의 외경에 대한 출구폭의 비가 큰 원심임펠러를 대상으로 수행한 Eck⁽⁹⁾의 실험에서도 이러한 현상이 발생하는 것이 확인되었다.

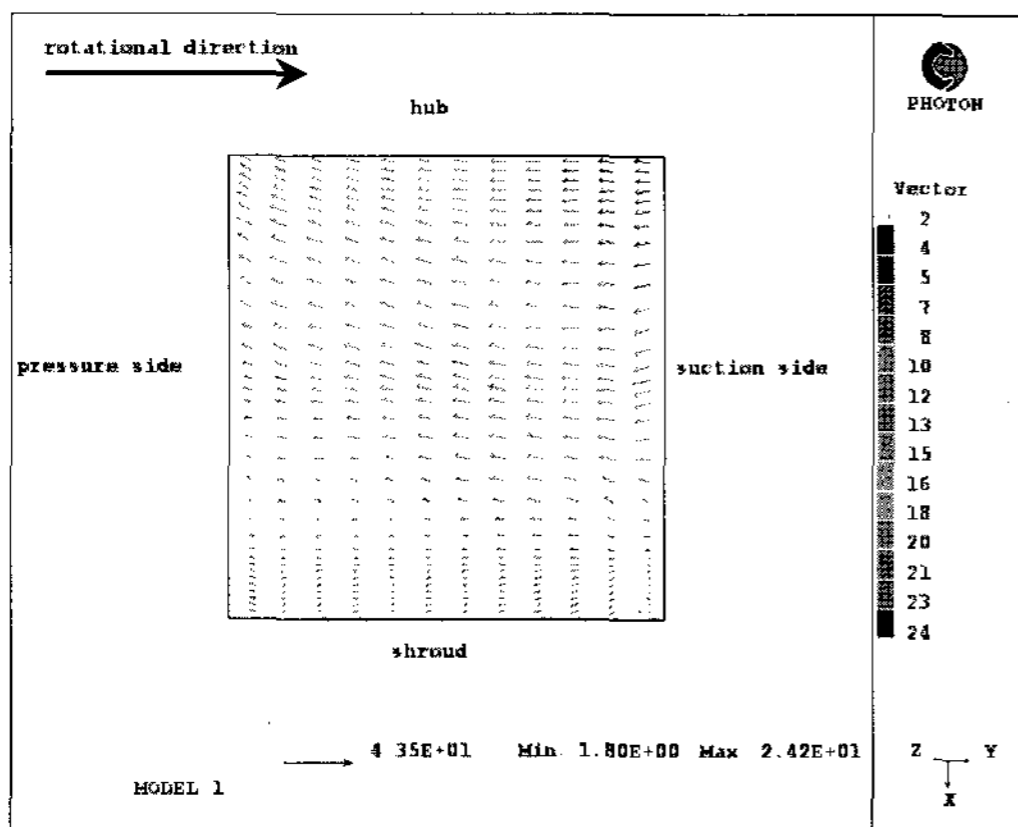


그림 8. 임펠러 모형 1의 출구속도분포

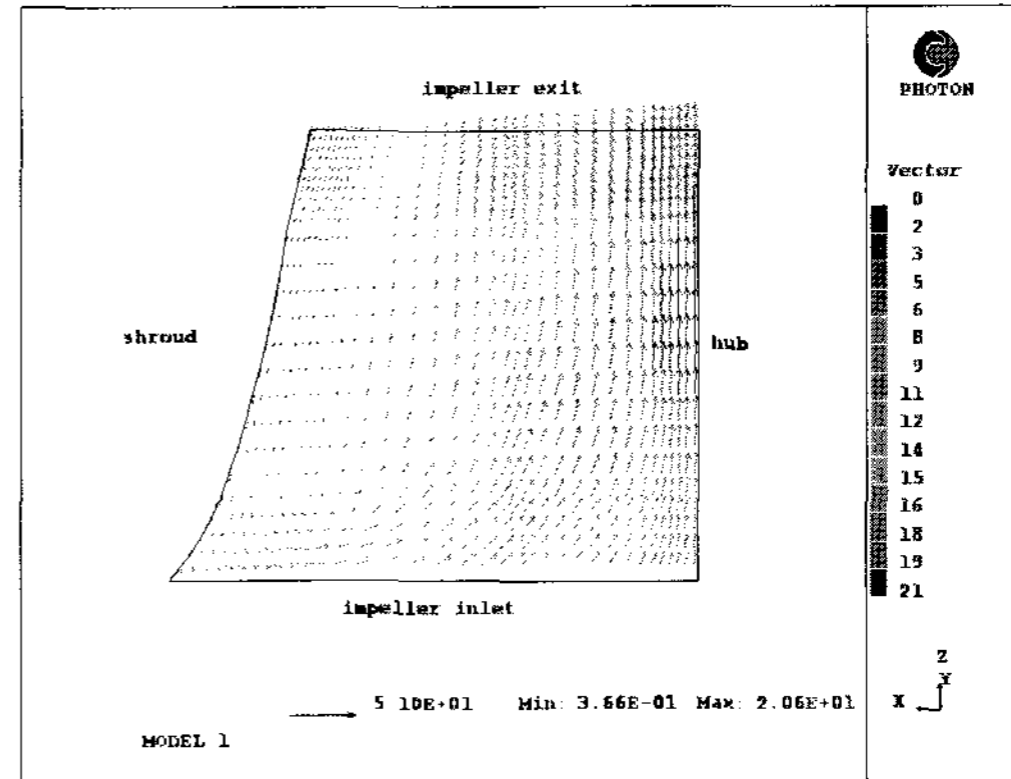


그림 9. 임펠러 모형 1의 자오면방향 속도분포

이러한 흐름현상은 임펠러의 외경에 대한 출구폭의 비와 임펠러외경에 대한 내경의 비가 큰 원심임펠러는 임펠러외경에 대한 출구폭의 비가 작은 원심임펠러에 비하여 깃의 길이가 짧고, 흐름방향이 급격히 바뀌기 때문에 측판벽면을 따라 흐름이 원활하게 유도되지 못하여 흡입구 부근 측판벽면에서 흐름이 박리되고 박리된 흐름은 임펠러출구까지의 거리가 짧아 재부착되지 못하기에 발생한다.⁽¹⁰⁾

그림 10에서 그림 12까지는 임펠러 모형 2, 모형 3, 모형 4의 경우, 임펠러출구에서의 속도분포를 나타낸 그림이다. 모형 2의 경우, 그림 10에서와 같이 측판에서는 역류가 급격히 감소함을 알 수 있으며, 모형 3의 경우, 그림 11에서와 같이 전반적으로 출구속도가 안정되지만, 모형 4의 경우, 그림 12에서와 같이 측판에서의 출구속도가 매우 불안정하게 형성된다는 것을 알 수 있다.

그림 13은 임펠러 모형 4의 자오면방향의 속도분포를 나타낸 그림이다. 그림을 통하여 임펠러입구에서 정상적으로 유입된 공기가 깃통로를 따라 배출되는 동안 측판부근에서 불안정하게 되어 임펠러 출구에 도달하면 역류가 심하게 발생하는 것을 알 수 있다.

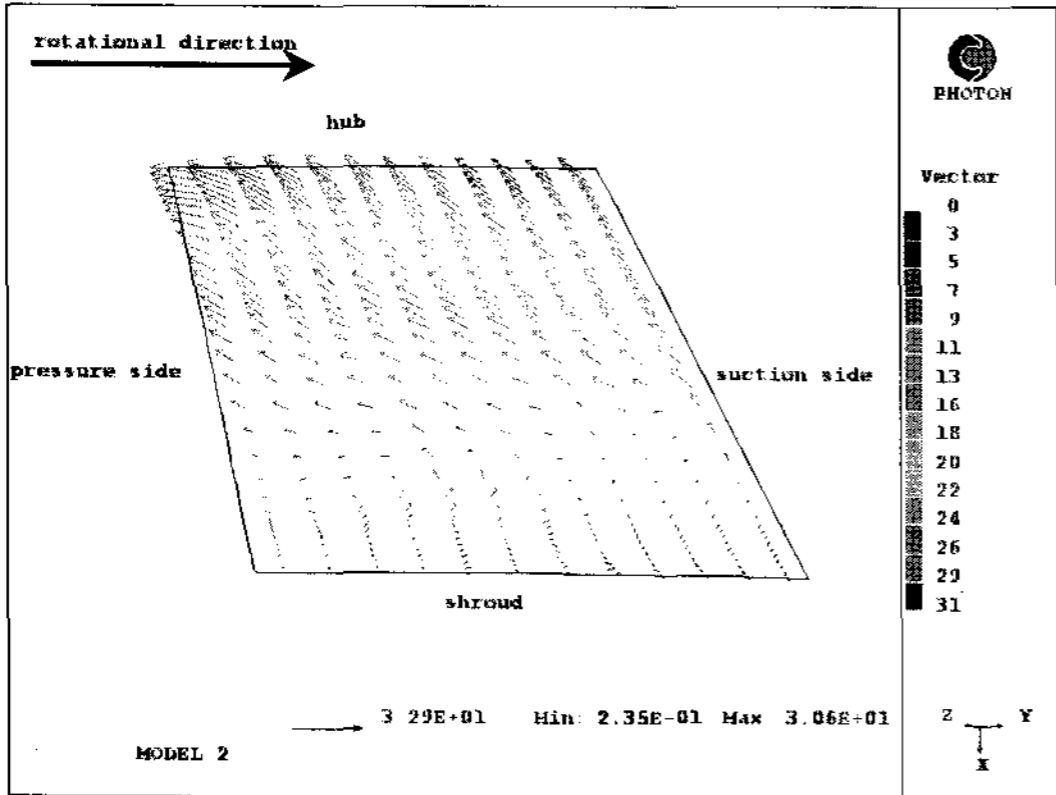


그림 10. 임펠러 모형 2의 출구속도분포

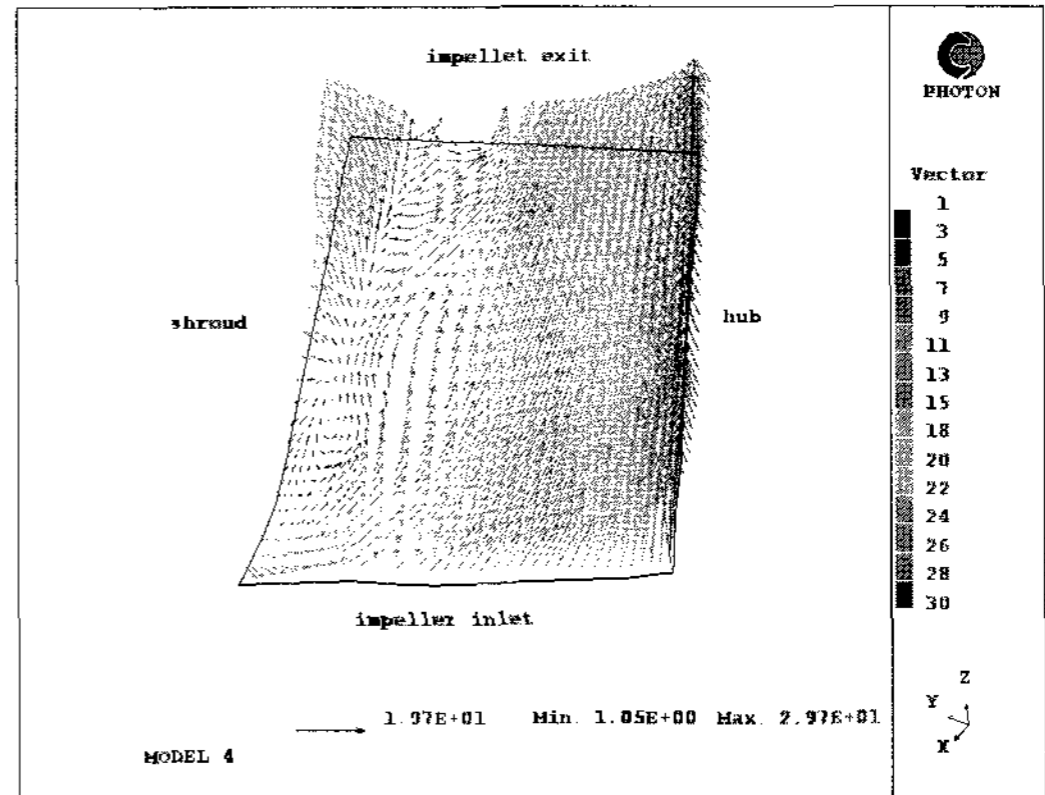


그림 13. 임펠러 모형 4의 자오면방향 속도분포

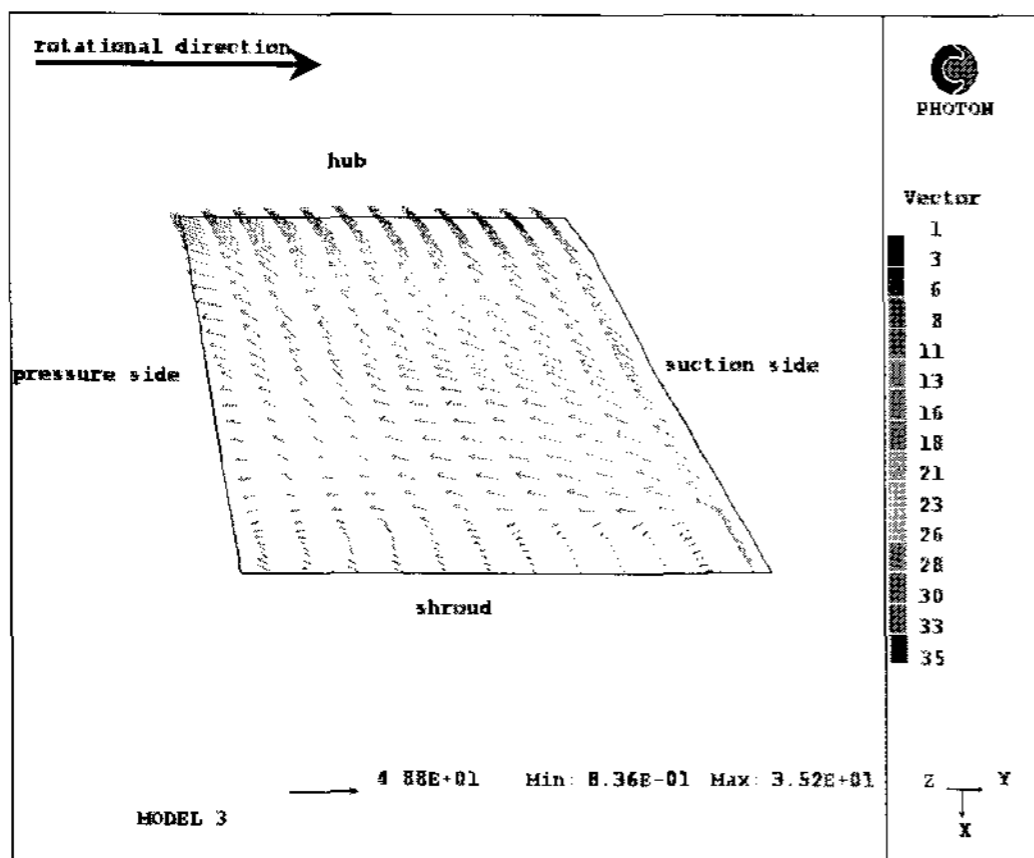


그림 11. 임펠러 모형 3의 출구속도분포

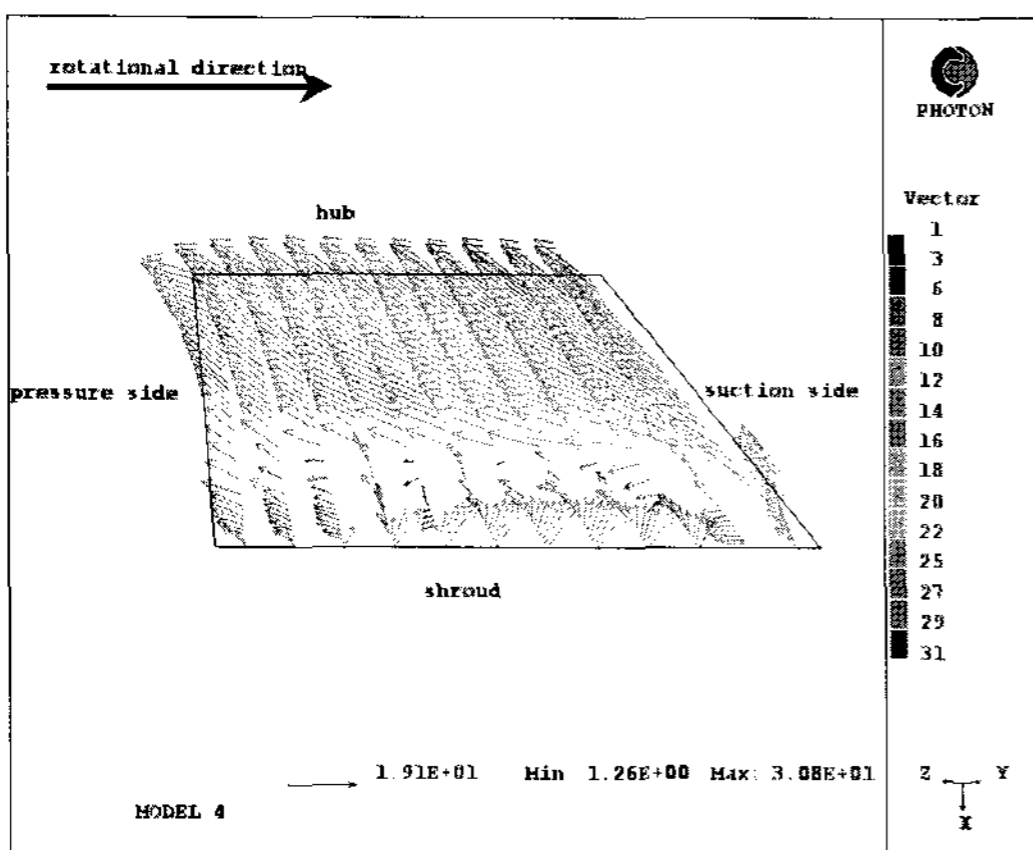


그림 12. 임펠러 모형 4의 출구속도분포

그림 12와 그림 13을 통하여 관류형팬에 사용되는 혼류임펠러는 뒤제침각이 지나치게 클 경우, 깃통로에서의 흐름이 불안정하게 되어 성능과 효율이 저하됨을 알 수 있다.

그림 15와 그림 16은 임펠러깃수를 변화시켰을 경우, 유량계수변화에 따른 압력계수의 변화를 나타낸 그림이다. 그림을 통하여 깃수가 증가함에 따라 동일한 유량계수($\phi=0.3$)에서 압력이 더 높아지지만, 최대총합효율은 거의 비슷하다는 것을 알 수 있다. 이는 깃수의 증가는 출력의 증대와 더불어 입력의 증가를 수반하기 때문에 최대효율에는 영향을 미치지 못하기 때문이다.

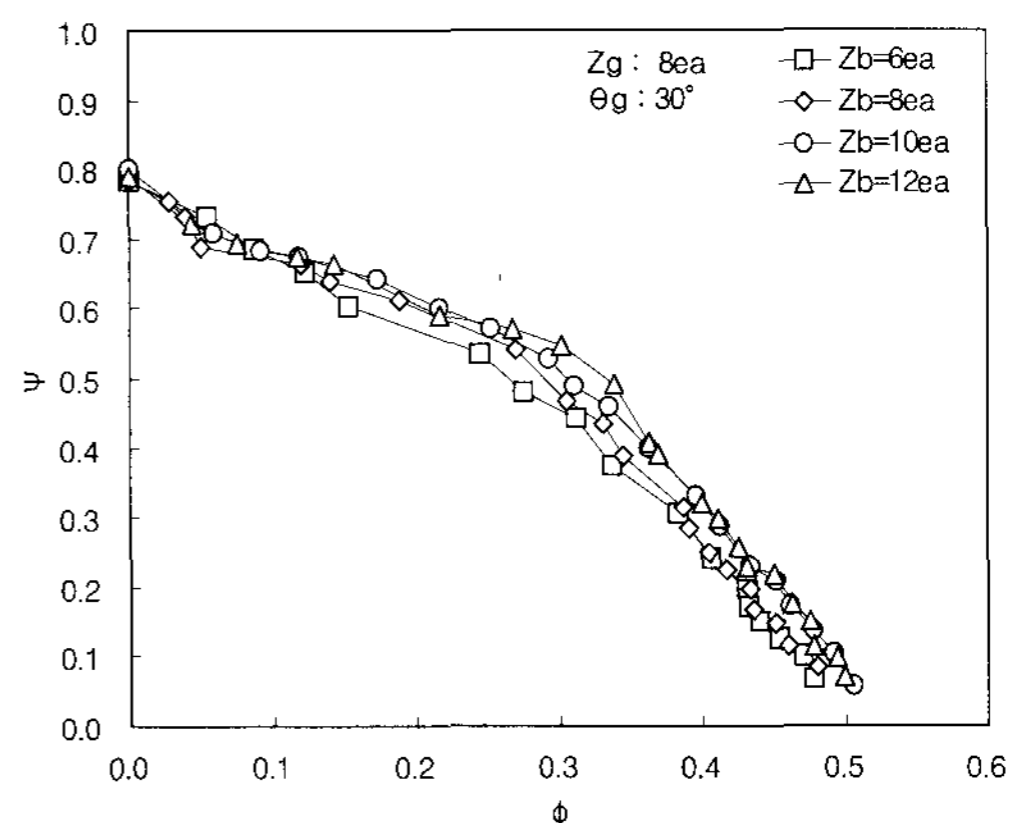


그림 15. 임펠러의 깃수에 따른 유량계수와 압력계수의 변화

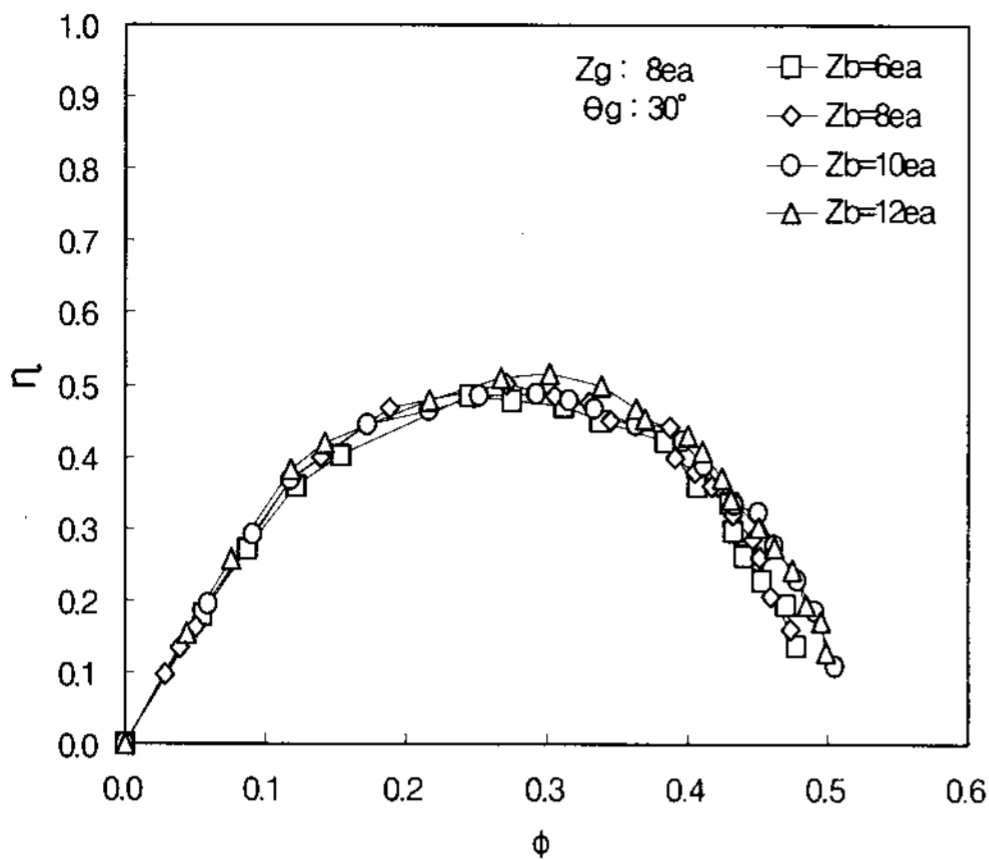


그림 15. 임펠러 갯수에 따른 유량계수와 총합효율의 변화

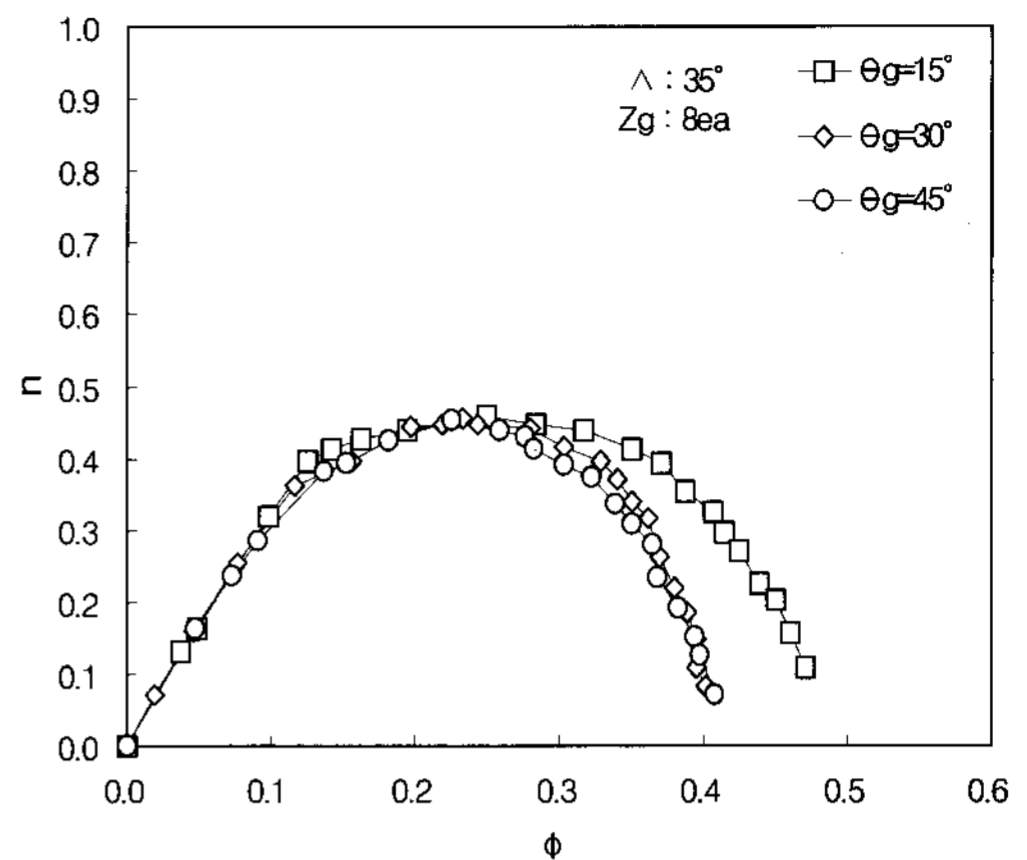


그림 17. 안내깃각에 따른 유량계수와 총합효율의 변화

그림 16과 그림 17에서 안내깃각 30°인 경우와 45°인 경우에는 유량 변화에 따른 압력 및 총합효율의 변화가 거의 유사했고, 안내깃각 15°인 경우 풍량이 높은 쪽으로 이동할 수록 동일한 유량계수에서 이들보다 더 높은 압력을 보이며 그 증가폭은 점점 증가함을 알 수 있다. 또한 최대 효율의 경우 안내깃각 15°인 경우는 유량이 더 높은 쪽에 위치함을 알 수 있다. 또한 뒤제침각 35°인 임펠러에 대해서는 최적의 안내깃각이 15°임을 알 수 있다.

4. 결론

관류형팬은 뒤제침각의 증가에 따라 최대 유량에 큰 변화가 있고 최대 효율점을 유량이 큰 쪽으로 이동한다. 또한 팬의 최대효율은 임펠러의 뒤제침각이 17.5°에서 35°사이에서 형성된다. 뒤제침각이 이 범위를 초과하면 깃통로에서의 흐름이 매우 불안정하게 형성되어 성능과 효율이 저하된다.

임펠러갯수의 증가는 유효수두를 증가시켜 팬의 압력을 증가시키지만, 최대 효율값에는 큰 영향을 주지 못한다.

안내깃은 임펠러 출구에서 발생하는 흐름을 원활하게 유도하는 역할을 하며, 관류형팬의 성능은 임펠러와 안내깃의 조화에 따라 성능과 효율이 좌우됨이 밝혀졌다.

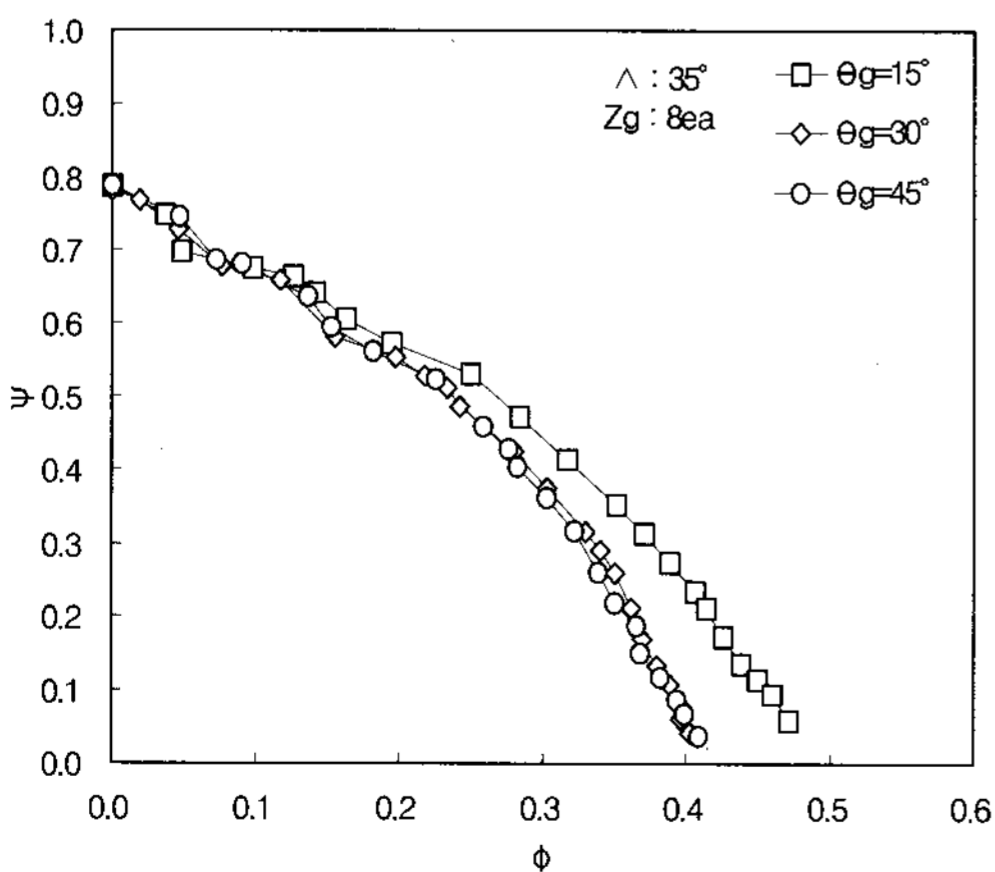


그림 16. 안내깃각에 따른 유량계수와 압력계수의 변화

참고문헌

- (1) Frank P. Blier, "Fan Handbook : Selection, Application, and design", McGraw-Hill, 1997.
- (2) 최종수, 이욱, "소형 원심형 팬의 형상변수가 성능에 미치는 영향에 대한 실험적 연구," 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 57~

- 63, 1998.
- (3) 장동희, 김재원, 안은영, “원심팬의 기하학적 특성에 따른 송풍 성능에 관한연구”, 대한기계학회 추계학술대회 논문집, pp. 1514~1519, 2005.
- (4) 전재욱, 최재호, 김광용, “사류 팬 삼차원 점성 유동 해석”, Proceedings of The First National Congress on Fluids Engineering, pp 639~642, September 1-2, 2000.
- (5) 손민 외, “저소음 고효율 원심형 Inline duct fan 기술개발” 에너지관리공단, 연구보고서 2000-E-ID01-P-08, 2002.
- (6) 송풍기의 시험 및 검사 방법, KS B 6311, 1982.
- (7) PHOENICS PIL Manual, Version 3.4, CHAM Ltd., 2005.
- (8) Eck, B., “Fans : Design and Operation of Centrifugal, Axial-Flow and Cross-Flow Fans”, Pergamon Press, New-York, 1973.
- (9) 이철형, 박완순, “원심임펠러의 직경과 출구 폭비에 의한 미끄럼계수의 영향”, 공기조화냉동공학회, 하계학술발표대회논문집, p440-445, 1995.