

## 축류 Fan 성능실험 (Performance Test of Axial Flow Fan)

최항철\*, 김광호\*, 이종섭\*, 김희룡\*\*  
 (\*:KIST 터보기계연구팀, \*\*: (주)태일송풍기)

### 기호설명

- $C_m$  : 평균유속 (m/s)
- $L$  : 축동력 동력 (kW)
- $N$  : 팬의 회전속도 (rpm)
- $P_t$  : 팬 전압
- $P_s$  : 팬 정압
- $P_d$  : 동압
- $U_2$  : 회전차 원주속도 (m/s)
- $\eta_t$  : 팬 전압효율
- $\phi$  : 유량계수 (=  $C_m/U_2$ )
- $\psi_T$  : 전압력계수 ( $\psi_T = \frac{P_T}{\frac{1}{2}\rho U_2^3}$ )
- $\nu$  : 허브비 (=  $D_h/D_t$ )

### 1. 서론

팬은 일반 산업체의 제조공정용, 발전 설비 및 보일러의 연소공기 공급용, 광산 및 터널의 급배기용, 일반 건축물의 급배기용 및 공기조화용 등으로 전 산업에 걸쳐 사용 용도가 매우 광범위한 유체기계이다. 또한, 에너지 사용량이 매우 많고, 에너지 절감 효과가 크게 기대되는 산업기계이므로 국내 산업체의 지속적인 성장에 따라 필수적으로 팬의 수요 증가를 수반하며 팬 가동으로 인한 에너지의 소모량을 증가시키고 있다. 그리고, 이러한 에너지 사용증가에 따른 원가상승으로 팬을 사용하는 시스템의 성능 개선을 통한 에너지 절감의 필요성이 절실히 강조되고 있다.

팬의 성능은 팬의 유동과 밀접한 관계를 가지며 따라서 팬의 성능 개선과 설계를 위해서는 팬의 유동 현상에 대한 이해를 바탕으로 해야할 것이다. 그러나 이러한 지식은 넓은 영역의 운전 범위에서 실험에 의하지 않고는 얻기가 어렵다. 따라서 송풍기를 생산하는 산업 현장에서 이와같이 팬 내부의 유동실험과 분석에 의한 설계는 좋은 방법이 아닐 것이다. 산업 현장에서의 설계는 그동안 이분야에서 수행된 많은 연구결과들을 적절히 활용함으로써 충분한 성능을 발휘하는 팬을 설계·제작하는 것

이 바람직한 방법으로 판단된다. 그러나 설계에 사용되는 자료와 방법등이 유체역학적 이론에 근거하지 못할 경우 원하는 성능의 팬의 설계는 어려울 것이다.

이러한 현실을 고려하여 본 연구에서는 실제로 산업체에서 설계·제작한 축류팬에 대하여 기본적인 성능실험과 분석을 수행함으로써 제품에 포함된 설계기술을 파악하고 취약점을 분석함으로써 향후 설계에 필요한 자료의 도출과 설계기술 개발을 위한 세부 실험에 대한 준비 단계이다.

### 2. 실험장치 및 실험방법

#### 2.1 실험장치

본 연구에서 실험 대상으로 하는 축류 팬의 제원은 표 1과 같다. 이러한 축류팬의 성능실험을 위한 실험장치는 KS규정[1]을 기준으로하여 사용상태에서 토출관만을 가지며 피토우관을 사용하는 경우에 대하여 그림 1과 같이 구성하였다.

시험송풍기는 직경이 630 mm와 710 mm의 두가지이기 때문에 이 두가지 경우에 모두 사용할 수 있도록 하기 위하여 측정판의 직경은 710 mm로 하고 직경이 630 mm인 축류 팬의 경우에는 접속판(그림 1의 ①)을 사용하여 연결하도록 하였다. 그리고 팬 후류의 선화 속도성분에 의해서 발생할 수 있는 유량측정의 오차를 막기위한 KS규정[1]에 따라 정류격자를 그림 1의 ③에 장착하였으며 공기량

표 1. 실험용 팬의 제원

팬 번호	팬직경 (mm)	허브 직경 (mm)	회전수 (rpm)	풍량 (m <sup>3</sup> /min)	전압력 (mmAq)	전동기 동력 (kW)
1	630	355	1750	240	48	3.7
2	710	355	1750	360	50	5.5
3	630	280	1750	265	32	3.7
4	710	280	1750	400	32	3.7

의 조절을 위해 측정관로의 출구에 opposite blade type 댐퍼를 설치하였다.

정압의 측정은 그림 1의 단면 A-A의 측정관로의 벽에 90° 간격으로 뚫린 4개의 정압 측정 구멍으로 부터의 압력을 측정하여 평균값을 정압의 대표값으로 하였다.

유량의 측정은 그림 2와 같은 전압 측정용 피토우관을 제작하여 설치함으로써 KS규정[1]에 따라 그림 1의 단면 B-B에의 20개 지점에서 유동의 전압을 측정하였다. 또한 전압에 대응하는 정압은 그림 1의 단면 B-B의 측정관로 벽의 정압측정 구멍으로 부터 측정하여 동압을 계산하여 유량을 산출하였다. 제작된 전압측정용 피토우관은 보정을 거쳐 측정의 신뢰성을 검증하였으며 그림 3은 그 결과의 하나이다. 이것으로부터 유동의 방향이 피토우관의 방향과의 차이가  $\pm 15^\circ$  이내에 있으면 전압측정 결과가 충분한 신뢰성을 가지고 있음을 알 수 있다.

정압과 전압의 측정에는 Scanivalve를 이용하였으며 대기압, 온도, 습도, 전력 등과 함께 측정장치인 HP9845 Data Acquisition and Control System에 의해서 측정되었다. 이 장치는 PC와 IEEE-488 방법으로 연결하여 측정된 자료들을 받아 팬 성능에 관련된 계산을 수행하고 그 결과를 저장하도록 하였다.

## 2.2 실험방법

실험은 공기량 조절 댐퍼를 이용하여 최대 공기량에서부터 점차 공기량을 줄여가면서 공기온도, 정압, 피토우관의 전압, 전동기 회전수, 전동기 소비 전력 등을 측정하였다. 축동력은 직접 측정하지 않고 전동기의 입력 전력을 측정하여 그림 4의 전동기 효율 특성으로부터 산출하였다.

팬 출구의 정압은 측정관로의 벽에서 측정된 정압으로부터 KS규정[1]에 의해서 관로 손실을 계산하여 보정하였으며 접속관을 사용한 경우에는 ASHRAE Handbook[2]에 의해 접속관에 의한 손실을 보정하였다.

유량은 20개 지점에서 측정된 전압과 벽에서 측정된 정압으로부터 KS규정[1]에 따라 평균동압을 구하여 산출하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

그림 5에서부터 그림 8까지는 실험 대상 팬에 대한 성능 실험의 결과이다. 결과로부터 유량 변화에 따른 압력의 변화 특성을 보면 유량 감소에 따

라 압력이 감소하다가 다시 증가하는 전형적인 실속 특성을 보이고 있다.

그림 9는 실험팬의 비속도에 대한 속도계수의 변화특성이다. 여기에서 속도상수  $K_u$ 는

$$K_u = \frac{u_2}{\sqrt{2P_T/\rho}} = \Psi_T^{-1/2}$$

와 같이 정의되며 이것은 다음과 같이 회전차의 의정을 구하는데 이용된다.

$$D_i = \frac{60K_u\sqrt{2P_T/\rho}}{\pi N}$$

그림 9의 결과는 현장 설계에서 편리하게 사용될 수 있는 Stepanoff[3]가 제시한 설계방법과 잘 일치하고 있다.

그림 10은 실험팬의 비속도에 따른 허브비를 보여준다. 이 결과 역시 Stepanoff[3]의 방법과 잘 일치하고 있는 것을 보여 준다.

그림 11은 그림 5 ~ 그림 8의 결과로부터 비속도에 대해서 설계점에서의 유량계수, 압력계수 그리고 효율특성을 보여준다. 설계점에서의 효율은 80% ~ 85% 범위에 있음을 알 수 있다.

## 4. 결론

Cordier[4]나 Stepanoff[3]는 많은 유체 기계들의 운전결과들로부터 설계를 위한 가치있는 자료들을 제공하고 있다. 본 연구의 결과에서도 팬의 외경과 허브비등의 결정에 그 방법이 적용되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. 그러나 이것은 팬의 외형의 크기를 결정하는데에는 편리하게 사용될 수 있으나 회전차 날개의 형상이나 stator vane의 형상의 설계에는 적절한 방법을 제시하지 못한다.

따라서 설계 유량이나 압력이 바뀔 경우 적절한 팬의 크기는 결정할 수 있지만 효율을 보장하는 팬의 설계는 어렵다. 따라서 향후에는 송풍기 내부 유동에 대한 실험을 수행함으로써 회전차와 고정익의 유체역학적 특성을 파악과 성능 개선을 위한 연구를 수행할 예정이다.

본 연구에서 축류 팬의 효율을 산출하는데 축동력을 직접 측정하지 않고 전동기로의 입력 전력과 제작자로부터 제공된 전동기 효율의 보정값을 이용하여 간접적으로 계산하였기 때문에 실제와 차이가 있을 것으로 판단된다. 이러한 차이는 향후 실험장치의 보완에 의해서 직접 축동력을 측정함으로써 개선될 것이다.

## 참고문헌

- [1] 공업진흥청, 송풍기의 시험 및 검사방법, KS B 6311, 1982
- [2] ASHRAE Handbook 1993 FUNDAMENTALS (S-I Edition), Chapter 32: Duct Design
- [3] A. J. Stepanoff, *Centrifugal and Axial Flow*

- Pumps*, John Wiley & Sons, 1957
- [4] O. J. Balje, *Turbomachines - A Guide to Design, Selection and Theory*, John Wiley & Sons, New York, 1981

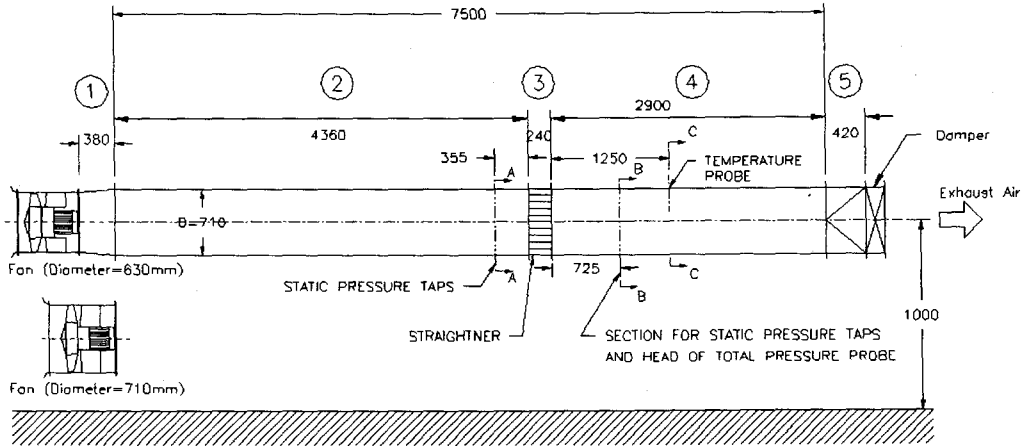
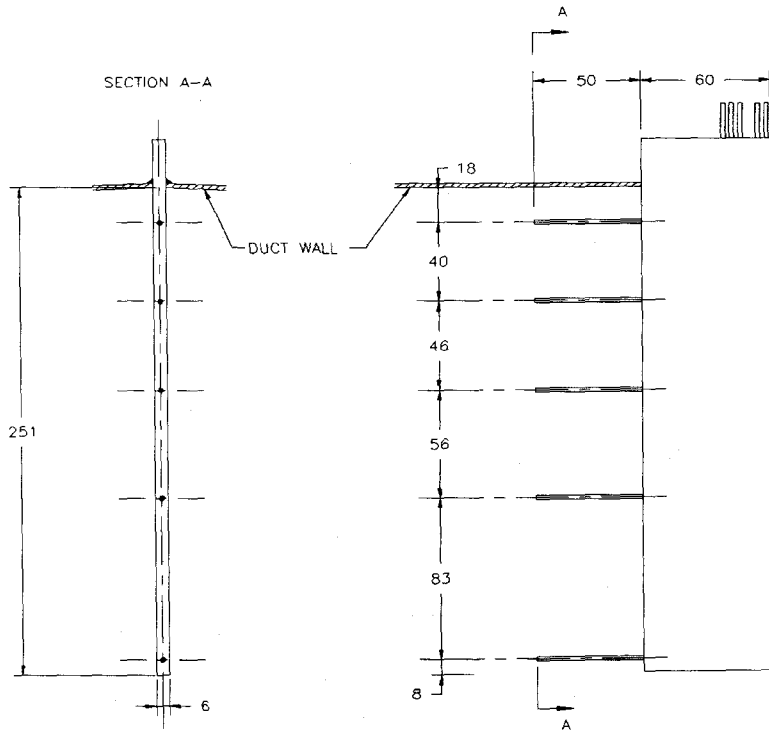


그림 1. 송풍기 시험장치의 구성 (단위 : mm)



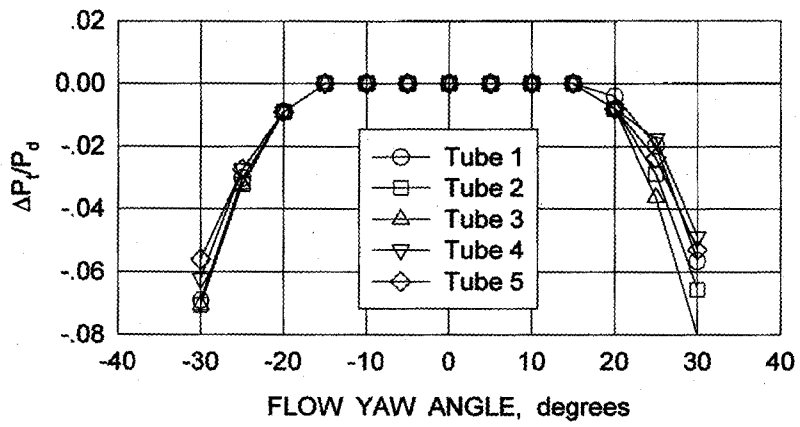


그림 3. 유동방향에 대한 전압측정 피토우관의 특성 (rake 1)

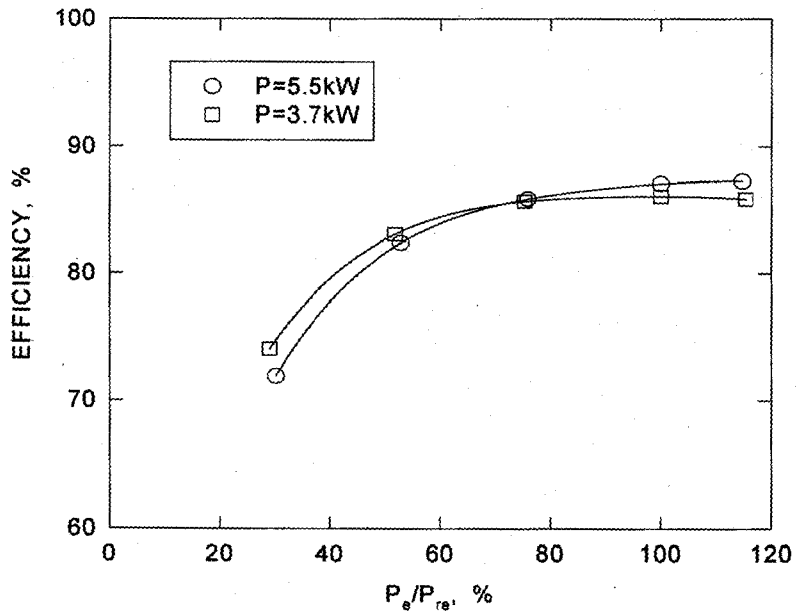


그림 4. 전동기의 효율 특성

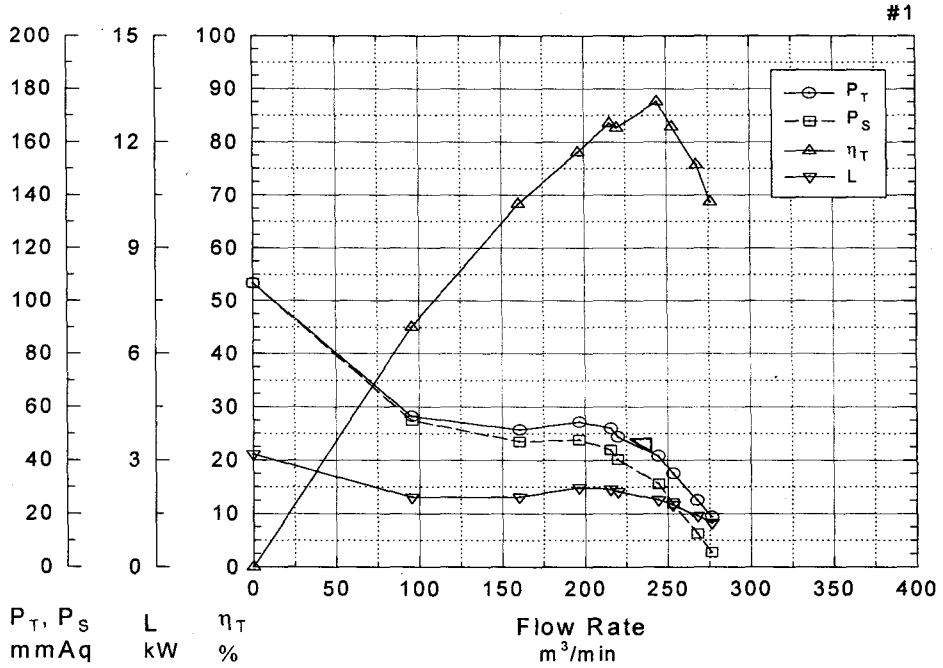


그림 5. 축류팬 성능특성 (표 1의 1번)

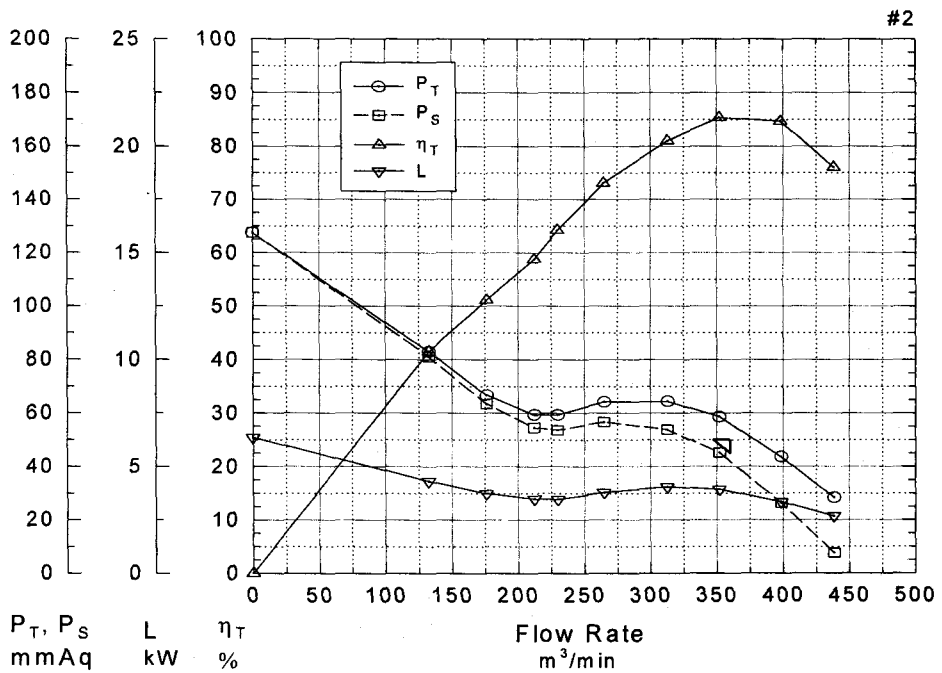


그림 6. 축류팬 성능특성 (표 1의 2번)

#3

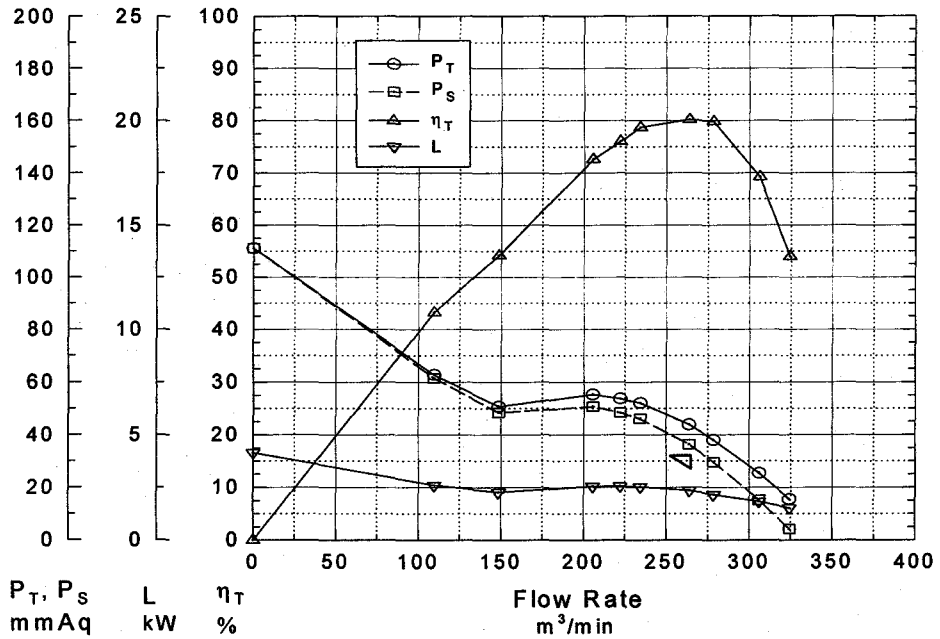


그림 7. 축류팬 성능특성 (표 1의 3번)

#4

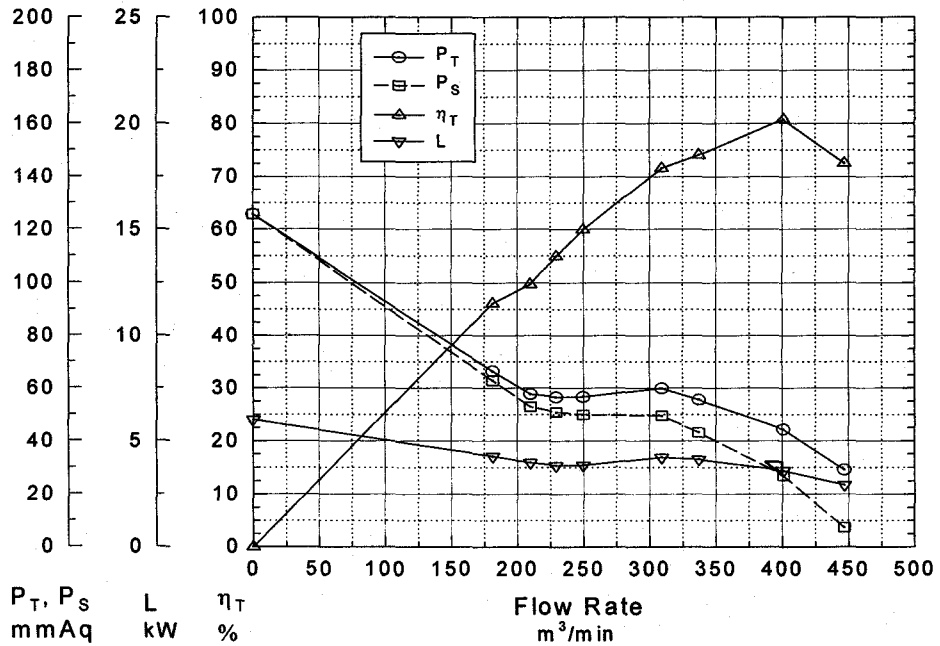


그림 8. 축류팬 성능특성 (표 1의 4번)

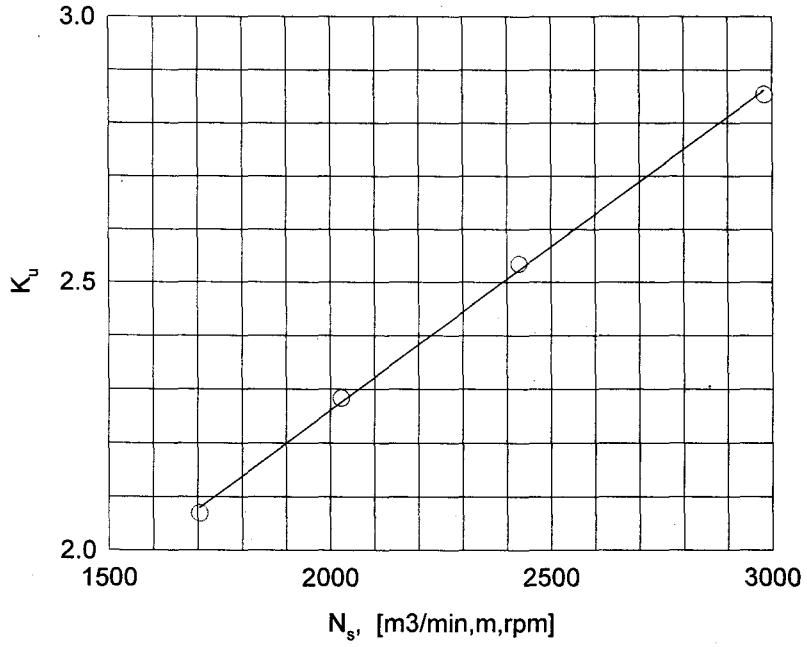


그림 9. 비속도에 대한 속도계수

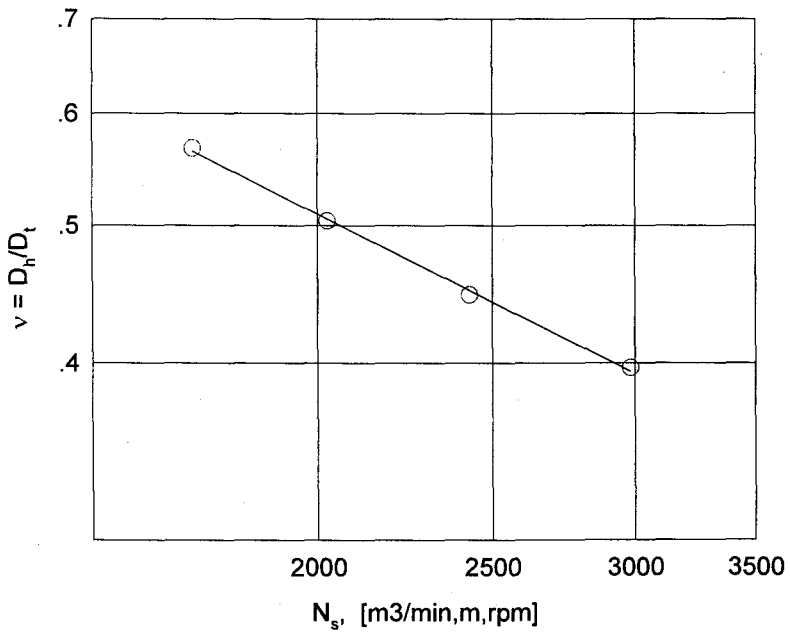


그림 10. 비속도에 대한 허브비

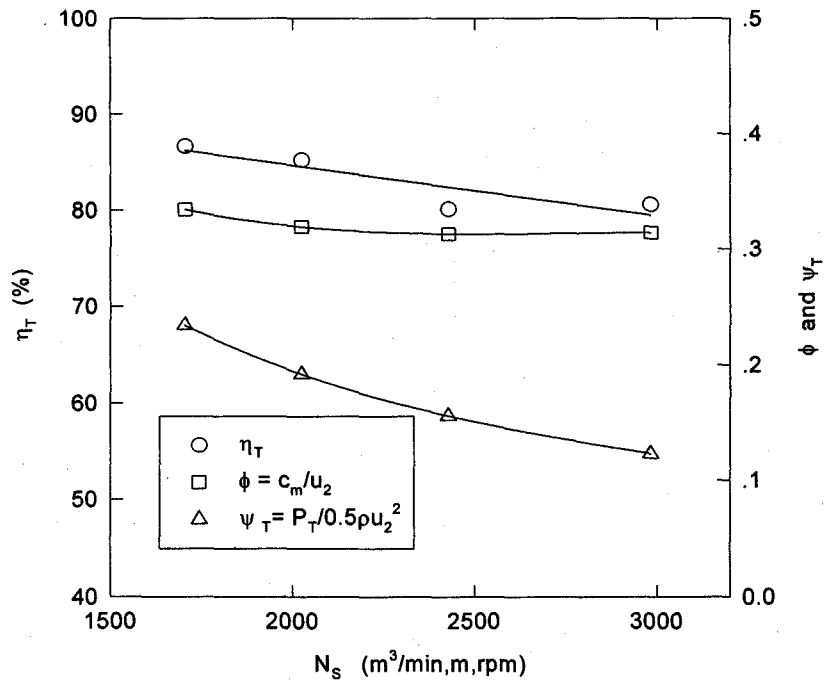


그림 11. 비속도에 대한 성능특성