

## 공업용적산물류량계에서 날개바퀴의 축선히를 감소시키기 위한 한가지 방법

최창만, 김철준

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《현대과학기술의 빠른 발전은 기초과학의 성과에 토대하고있으며 과학기술분야에서의 자립성은 기초과학분야에서부터 시작됩니다.》(《김정일선집》 증보판 제10권 485페이지)

류체의 흐름을 측정하는 타빈식류량계에서 타빈날개의 성능을 개선하고 류량측정의 정확성과 반복성, 민음성을 보장하는것은 매우 중요한 문제로 나서고있다. 타빈날개가 류체로부터 관로방향으로 받는 축선히는 날개를 지지하고있는 축과 축을 받치고있는 타빈날개뒤부분이 날개가 회전하면서 생기는 마찰에 의하여 생기는 마모정도에 직접적인 영향을 미치며 이것은 류량계의 수명과 련관되어있다. 그러므로 타빈식류량계에서 타빈날개를 류체력학적특성에 맞게 합리적으로 제작하는것은 관로의 압력손실을 줄이고 류량계의 수명을 늘이기 위한 중요한 문제로 제기된다.[2]

논문에서는 한가지 형태의 공업용적산물류량계에서 타빈날개주위의 류체흐름해석을 진행하고 관로의 압력손실과 타빈날개가 류체로부터 관로방향으로 받는 축선히를 정량적으로 평가하며 새로운 형태의 날개프로필을 가지는 타빈날개를 설계하고 새로운 날개주위에서 류체흐름해석에 기초하여 종전의 날개보다 관로의 압력손실이 작고 타빈날개가 류체로부터 관로방향으로 받는 축선히가 작게 되는 새로운 날개모형을 설계하였다.

### 1. 평행 4 변형자름면을 가진 날개주위에서 류체흐름해석

날개는 류체에 의한 회전모멘트가 축에서의 마찰모멘트와 같을 때 일정한 속도로 회전하게 된다.

그림 1에 평행4변형단면을 가진 타빈날개의 기하학적형태를 보여주었다.

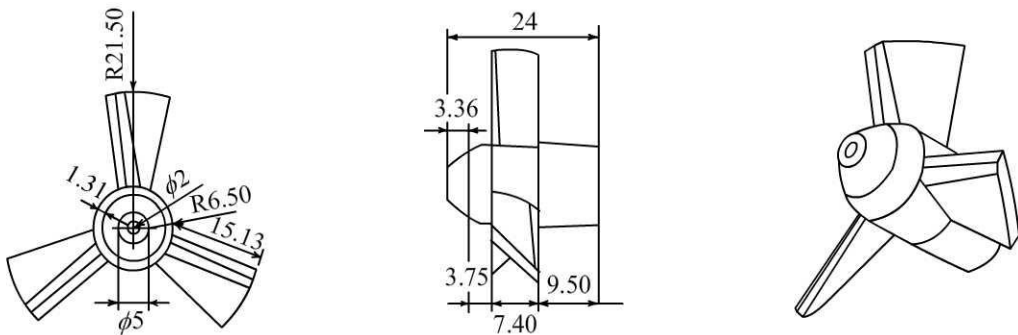


그림 1. 평행4변형단면을 가진 타빈날개의 기하학적형태

평행4변형날개의 기하학적치수를 보면 관로직경은 50mm, 날개의 직경은 43mm, 보스의 직경은 13mm, 보스의 길이는 24mm, 날개의 길이는 15mm이다.

기본방정식은 표준  $k-\varepsilon$  모형의 수송방정식을 리용하였는데 그것은 다음과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} \rho \varepsilon + S_\varepsilon$$

여기서  $G_k$ 는 평균속도구배에 따르는 란류운동에너지를 산출하며  $G_b$ 는 부력에 따르는 란류운동에너지를 산출한다.  $Y_M$ 은 전체적인 분산속도에 대한 압축성란류에서 팽창의 영향을 의미하며  $C_{1\varepsilon}$ ,  $C_{2\varepsilon}$ ,  $C_{3\varepsilon}$ 은 상수이다.  $\sigma_k$ 와  $\sigma_\varepsilon$ 은  $k$ 와  $\varepsilon$ 에 대한 프란틀수이며  $S_k$ 와  $S_\varepsilon$ 은 사용자가 정의하는 원천항이다.

물의 류량이  $Q = 4.32 \text{ L/s} = 15.57 \text{ m}^3/\text{h}$ 에서 회전수 측정 결과인  $\omega = 167.05 \text{ rad/s}$ 일 때 흐름 해석을 진행하였다. 본래의 날개는 날개의 자름면이 평행 4변형 모양으로 되어있으며 날개를 정면에서 볼 때 중심에서부터 반경 방향으로 나가면서  $18^\circ$ 의 꼬임각을 이룬다. 경계 조건으로 입구 흐름 속도는  $V = 2.19 \text{ m/s}$ , 출구 압력을  $p = 0 \text{ Pa}$ 로 주었다. 계산 그물 작성 프로그램 GAMBIT를 리용하여 계산 그물을 작성하였는데 날개 주위에서 계산 그물은 4면체 그물로 작성하였으며 결과 값이 변하지 않는 비의존 그물 마디 수는 200만 개이다.

우에서 작성된 계산 그물에 토대하여 류체 흐름 해석 프로그램 Fluent를 리용하여 날개 주위 류체 흐름 해석을 진행하여 류체의 흐름선, 속도 분포, 압력 분포를 시간에 따라 정량적으로 평가하였다. 앞단과 뒤단에서의 평균 압력의 차이는  $4895 \text{ Pa}$ 이며 날개에 작용하는 축선 힘과 회전축에서의 마찰 모멘트는 각각  $F_{\text{축}} = -4.85 \text{ N}$ ,  $M_{\text{마}} = -0.007 \text{ Nm}$ 로 계산된다. 마찬가지로 류량이  $Q = 1.8 \text{ m}^3/\text{h}$ 까지 감소할 때 축선 힘과 마찰 모멘트를 계산하였다.

## 2. 류선형 단면 날개와 평행 4 변형 단면 날개에서 압력 손실과 축선 힘 비교

날개가 류체로부터 관로 방향으로 받는 축선 힘은 날개를 받치고 있는 중심축에 직접 미치므로 이것을 작게 하여야 날개 뒤면이 축과 쓸리면서 마모되는 힘이 약해져 날개의 수명을 늘일 수 있다. 여기서는 날개의 프로필을 류선형으로 하여 날개가 양력에 의한 영향을 크게 받을 수 있도록 날개 모양을 개조하여 축선 힘과 압력 손실을 줄이는 문제를 해결하였다.

표에 에너지를 및 공동 특성이 좋은 전형적인 한 가지 형태의 류선형 날개의 날개 프로필을 정량적으로 표기하였다.[1]

표. 전형적인 한 가지 형태의 류선형 날개의 날개 프로필

$\bar{X} = \frac{X}{l}$	1.25	2.5	5	7.5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
$\bar{Y} = \frac{Y}{l}$	2.7	4	5.4	6.3	7.1	8.1	9	9.8	9.8	8.8	7.5	5.9	4	2	1.2	0

또한 새로 개조된 류선형 날개 주위에서 류체 흐름 해석을 통하여 새 날개의 성능을 평가하기 위한 연구를 진행하였다.

그림 2에 류선형 날개에 작용하는 양력의 축 방향과 원주 방향으로의 분해력에 의한 회

전속도와 축선히의 감소원리를 보여주었다. 여기서  $U$ 는 물의 입구속도,  $V$ 는 날개의 회전속도,  $W$ 는 상대속도,  $F_{\text{항}}$ ,  $F_{\text{양}}$ 은 각각 날개가 받는 저항력과 양력,  $P$ 는 날개가 받는 힘으로서 저항력과 양력의 합성힘이다.  $F_{\text{추}}$ ,  $F_{\text{원}}$ 은 관로방향의 추진힘과 원주방향힘이며 이것은 날개가 받는 힘  $P$ 의 분해힘이다. 추진힘  $F_{\text{추}}$ 는 날개가 관로방향으로 받는 축선히를 감소시키며 원주방향힘  $F_{\text{원}}$ 은 날개의 회전방향과 반대이므로 회전수를 감소시키는 역할을 한다.

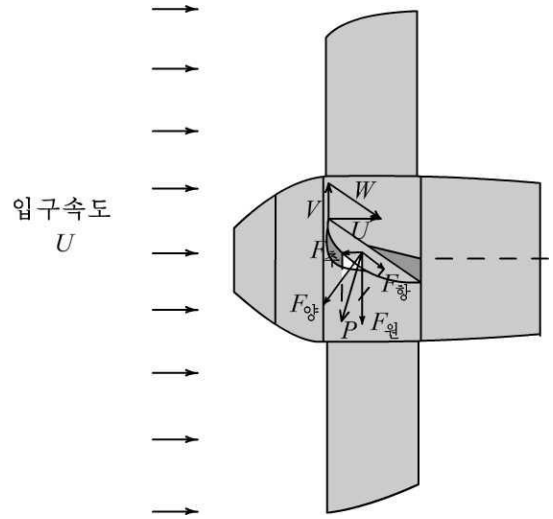


그림 2. 양력의 축방향과 원주방향으로의 분해력

우리는 회전속도와 모멘트사이의 관계를 평행4변형단면날개주위흐름해석을 통하여 알고있으므로 류량이  $Q=15.57\text{m}^3/\text{h}$  일 때 류선형단면날개에서 회전속도를 변화시키면서 마찰모멘트를 계산한 다음 그것이 평행4변형단면날개에서 얻은 마찰모멘트와 일치하는 회전속도값을 얻는 방법으로 류선형단면날개가 실지로 돌아가는 회전속도는  $35\text{rad/s}$ 라는 결론을 얻었다.

평행4변형단면날개와 류선형단면날개에서 류량과 각속도사이의 관계를 비교하면 그림 3과 같은 결과를 얻는다.

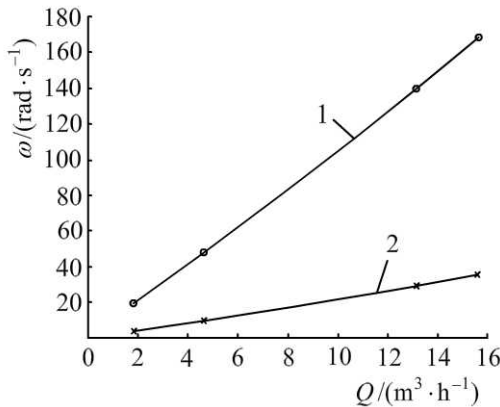


그림 3. 류량과 각속도사이의 관계

1—평행4변형단면날개, 2—류선형날개

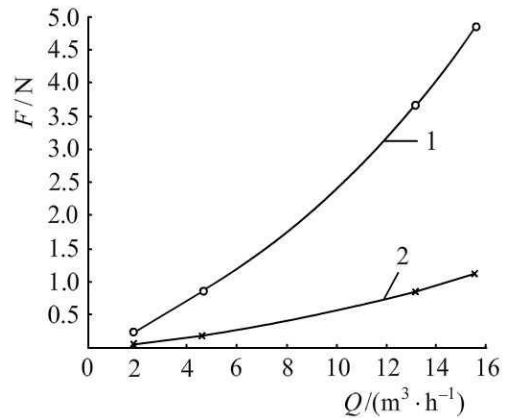


그림 4. 류량과 관로방향으로 받는 축선히사이의 관계

1—평행4변형단면날개, 2—류선형날개

그래프를 통하여 두가지 형태의 날개에서 류량과 회전각속도사이에는 비교적 선형성이 만족하며 류선형날개의 회전속도가 평행4변형단면날개에 비하여 21%로 감소되었다는 것을 알수 있다.

평행4변형단면날개와 류선형날개에서 류량과 관로방향으로 받는 축선히사이의 관계는 그림 4와 같다. 위의 결과를 통하여 류선형단면날개가 평행4변형단면날개에 비하여 관로방향으로 받는 축선히가 평균 23%로 감소되었다는것을 알수 있다.

그림 5에 평행4변형단면날개와 류선형단면날개에서 류량과 압력손실사이의 관계를

보여주었다.

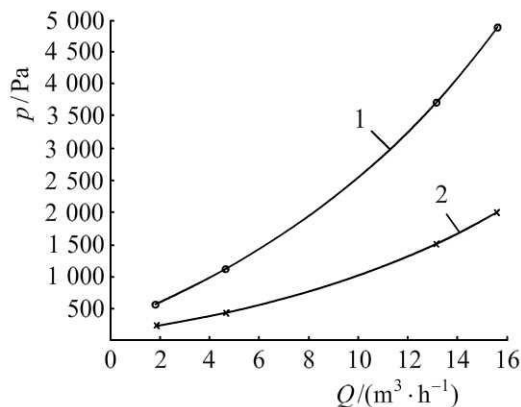


그림 5. 류량과 압력손실사이의 관계  
1—평행4변형단면날개, 2—류선형날개

손실은 40%로, 축선힘은 23%로 줄어들었다는것을 밝혔다.

우의 결과를 통하여 류선형단면날개가 평행4변형단면날개보다 압력손실이 평균 40%로 줄어들었다는것을 알수 있다.

## 맺 는 말

우리는 공업용적산물류량계에서 류량  $Q = 15.57 \text{ m}^3/\text{h}$  일 때 평행4변형단면날개에서 관로의 압력손실은 평균 4 895Pa, 관로방향으로 받는 축선힘은 4.85N이고 류선형단면날개에서 관로의 압력손실은 평균 2 000Pa, 관로방향으로 받는 축선힘은 1.13N으로서 류선형단면날개에서 평행4변형단면날개에서보다 관로압력

## 참 고 문 헌

- [1] 박송옥 등; 류체기계, 김일성종합대학출판사, 43~60, 주체104(2015).
- [2] M. T. Schobeiri; Fluid Mechanics for Engineers, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2~4, 2010.

주체109(2020)년 12월 5일 원고접수

## A Method for Reducing the Axial Force of Rotor in an Industrial Integrating Flowmeter

*Choe Chang Man, Kim Chol Jun*

In this paper, a method for reducing axial force and pressure loss of an industrial integrating flowmeter is presented by means of numerical simulations.

The simulation results the pressure loss of the streamlined blade was less than 40% and the axis force decreased to less than 23% in comparison of the previous blade.

Keywords: industrial integrating flowmeter, blade profile