

## 고압날개뿔프에서 날개가 받는 힘에 대한 연구

최영복, 채철명

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 지적하시였다.

《모든 과학자, 기술자들이 과학기술발전의 추세에 맞게 첨단과학과 기초과학발전에 힘을 넣어 나라의 과학기술을 세계적수준에 올려세우도록 하여야 합니다.》

(《김정일선집》 제20권 증보판 62페이지)

고압날개뿔프에서 날개가 받는 힘을 정확히 해석하는것은 날개의 리탈현상을 방지하고 마모손상을 줄이며 고르로운 운동특성을 보장하는데서 아주 중요한 문제로 나선다.

날개가 흡입구간에 있을 때 날개가 받는 힘모형을 작성하고 날개가 받는 힘을 해석한 자료[1]는 밝혀져있지만 압송구간에 대한 자료는 없다.

우리는 날개머리부분확형태에 따라 압송구간과 흡입구간에서 날개가 받는 힘모형을 각각 작성하고 해석하였다.

고압날개뿔프에 쓰이는 날개들은 여러가지 형태들이 있는데 가장 널리 리용되는 기본 날개 가운데에 작은 보조날개를 더 넣어준 조합식날개를 리용하였다.

작업때 기본날개가 받는 힘들은 유압힘  $F_p$ , 상대운동관성힘  $F_g$ , 원심힘  $F_c$ , 코리올리관성힘  $F_k$ , 고정자와 회전자에서의 접촉힘  $N_1, N_2, N_3$ , 쓸림힘  $F_1, F_2, F_3$ 이다.

날개를 고정자내면에 밀착시키는 유압힘  $F_p$ 는 다음과 같다.

$$F_p = (P_1 - P_2)bt$$

여기서  $P_1$ 은 날개밀공간의 압력,  $P_2$ 는 보조날개기름압력실의 압력,  $b$ 는 날개너비,  $t$ 는 날개두께이다.

$P_1$ 의 값은 회전자가 회전함에 따라 변하는데 흡입구역에서는  $P_1 = 0$ , 압송구역에서는  $P_1 = P$ ( $P$ 는 압송공간압력)이다. 그리고  $P_2$ 는 구조적으로 압송공간과 연결되어있으므로 항상  $P_2 = P$ 이다.

결국 흡입구역에서는  $F_p = Pbt$ , 압송구역에서는  $F_p = 0$ 이다.

작업때 날개를 고정자내면에 밀착시키는 힘( $F_{s_1}$ )과 그것에 저항하는 힘( $F_{s_2}$ )은 다음과 같다.

$$F_{s_1} = F_c + F_p$$

$$F_{s_2} = F_g + fN_1 + fN_2 + fN_3 \sin \gamma$$

여기서  $f$ 는 쓸림계수,  $\gamma$ 는 날개의 압력각이다.

압력이 높아짐에 따라 흡입구간에서 날개가 받는 힘은 점점 더 커지게 되며 고정자내면과 회전자흡에서 심한 마모현상이 나타날수 있다.

압송구간에서 날개를 고정자내면에 밀착시키는 힘은 원심힘( $F_c$ )만 작용하게 되므로 날개의 리탈현상이 나타날수 있다.

날개가 압송구간에서 리탈현상이 없이 고정자내면에 밀착되자면 다음의 식이 성립되어야 한다.

$$F_{s_1} - F_{s_2} = F_c - (F_g + fN_1 + fN_2 + fN_3 \sin \gamma) > 0$$

이로부터 날개뽑프에서 날개가 흡입구간에 있을 때와 압송구간에 있을 때 날개가 받는 힘특성에서는 큰 차이가 있다는것을 알수 있다.

날개뽑프에서 일반적으로 쓰이는 머리부가 원호형인 뒤경사날개와 중간대칭원호형날개에 대해서 보기로 하자.

### 1) 뒤경사날개

흡입구간과 압송구간에서 머리부가 원호형인 뒤경사날개가 받는 힘모형은 그림 1과 같다.

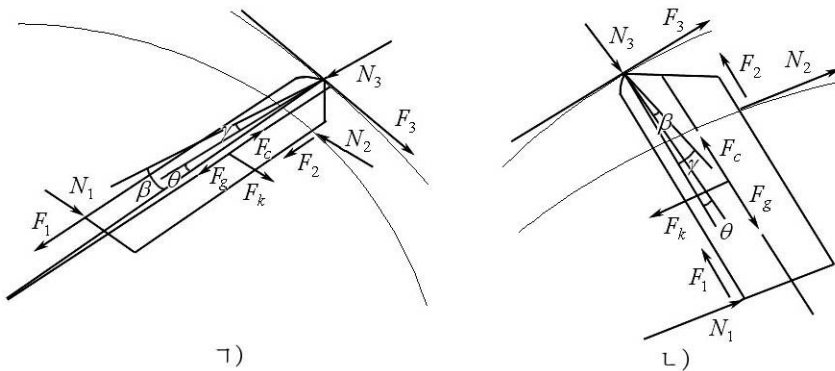


그림 1. 머리부가 원호형인 뒤경사날개가 받는 힘모형

ㄱ) 흡입구간    ㄴ) 압송구간

#### ① 흡입구간

날개에 대한 힘모멘트균형방정식은 다음과 같다.[1]

$$\begin{aligned} fN_1 + fN_2 + N_3(\cos \gamma + f \sin \gamma) &= F_c + F_p - F_g - N_1 + N_2 + N_3(\sin \gamma - f \cos \gamma) = \\ &= F_k - (h - r_t + r_t \cos \gamma)N_1 - fN_1(r_t + r_t \sin \gamma) + MN_2 + fN_2(t - r_t - r_t \sin \gamma) = \\ &= dF_k + (F_c + F_p - F_g)\rho \sin \theta_1 \end{aligned}$$

여기서  $\gamma_1 = \beta - \theta_1$  이다.

이 방정식을 풀면 다음과 같다.

$$N_1 = \frac{N_3 m_2 (f \cos \gamma_1 - \sin \gamma_1) + (m_2 - d)F_k + (F_g - F_c - F_p)\rho_1 \sin \theta_1}{m_1 - m_2},$$

$$N_2 = \frac{N_3 m_1 (f \cos \gamma_1 - \sin \gamma_1) + (m_1 - d)F_k + (F_g - F_c - F_p)\rho_1 \sin \theta_1}{m_1 - m_2},$$

$$N_3 = \frac{(F_c + F_p - F_g)(m_1 - m_2 + 2f\rho_1 \sin \theta_1) - (m_1 + m_2 - 2d)f \cdot F_k}{[(f^2 + 1)m_1 + (f^2 - 1)m_2] \cos \gamma - 2m_2 f \sin \gamma}$$

여기서  $m_1 = h - r_t + r_t \cos \gamma + f(r_t \sin \gamma + r_t)$ ,  $m_2 = M + f(t - r_t - r_t \sin \gamma)$ ,  $d = d_c - r_t + r_t \cos \gamma$ ,

$$M = \rho_1 \cos(\gamma_1 - \beta) - \sqrt{r_p^2 - \left(\frac{t}{2}\right)^2} \text{ 이다.}$$

## ② 압송구간

날개에 대한 힘모멘트균형방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} fN_1 + fN_2 + N_3(f \sin \gamma - \cos \gamma) &= -(F_c + F_g) - N_1 + N_2 - N_3(\sin \gamma + f \cos \gamma) = \\ &= -F_k - (h - r_t + r_t \cos \gamma)N_1 + fN_1(r_t - r_t \sin \gamma) + MN_2 - fN_2(t - r_t + r_t \sin \gamma) = \\ &= -dF_k + (F_c + F_g)\rho \sin \theta_1 \end{aligned}$$

여기서  $\gamma_2 = \beta + \theta_2$  이다.

이 방정식을 풀면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{N_3 m_2 (f \cos \gamma + \sin \gamma) + (d - m_2) F_k - (F_g + F_c) \rho \sin \theta}{m_1 - m_2}, \\ N_2 &= \frac{N_3 m_1 (f \cos \gamma + \sin \gamma) + (d - m_1) F_k - (F_g + F_c) \rho \sin \theta}{m_1 - m_2}, \\ N_3 &= \frac{(F_c + F_g)(m_2 - m_1 + 2f \cdot \rho \sin \theta) + (m_1 + m_2 - 2d)f \cdot F_k}{[(f^2 + 1)m_2 + (f^2 - 1)m_1] \cos \gamma + 2m_1 f \sin \gamma} \end{aligned}$$

여기서  $m_1 = h - r_t + r_t \cos \gamma + f(r_t \sin \gamma - r_t)$ ,  $m_2 = M - f(t - r_t + r_t \sin \gamma)$ ,  $d = d_c - r_t + r_t \cos \gamma$ ,

$$M = \rho_\phi \cos(\gamma_1 - \beta) - \sqrt{r_p^2 - \left(\frac{t}{2}\right)^2} \text{ 이다.}$$

## 2) 중간대칭원호형날개

중간대칭원호형날개가 받는 힘모형은 그림 2와 같다.

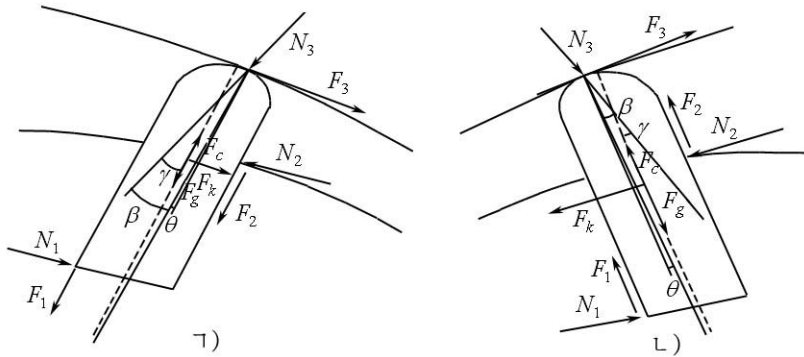


그림 2. 중간대칭원호형날개가 받는 힘모형

ㄱ) 흡입구간 ㄴ) 압송구간

## ① 흡입구간

날개에 대한 힘모멘트균형방정식은 다음과 같다.[1]

$$\begin{aligned} fN_1 + fN_2 + N_3(\cos \gamma + f \sin \gamma) &= F_c + F_p - F_g - N_1 + N_2 + N_3(\sin \gamma - f \cos \gamma) = \\ &= F_k - (h - r_t + r_t \cos \gamma)N_1 - fN_1\left(\frac{t}{2} + r_t \sin \gamma\right) + MN_2 + fN_2\left(\frac{t}{2} - r_t \sin \gamma\right) = \\ &= (d - r_t + r_t \cos \gamma)F_k - (F_c + F_p - F_g)r_t \sin \gamma \end{aligned}$$

여기서  $\gamma = \beta + \theta$  이다.

이 방정식을 풀면 다음과 같다.

$$N_1 = \frac{N_3 m_2 (f \cos \gamma - \sin \gamma) + (m_2 - m_3) F_k + (F_c + F_p - F_g) r_t \sin \gamma}{m_1 - m_2},$$

$$N_2 = \frac{N_3 m_1 (f \cos \gamma - \sin \gamma) + (m_1 - m_3) F_k + (F_c + F_p - F_g) r_t \sin \gamma}{m_1 - m_2},$$

$$N_3 = \frac{(F_c + F_p - F_g)(m_1 - m_2 - 2f \cdot r_t \sin \gamma) - (m_1 + m_2 - 2m_3)f \cdot F_k}{[(f^2 + 1)m_1 + (f^2 - 1)m_2] \cos \gamma - 2m_2 f \cdot \sin \gamma}$$

여기서  $m_1 = h - r_t + r_t \cos \gamma + f \left( \frac{t}{2} + r_t \sin \gamma \right)$ ,  $m_2 = M + f \left( \frac{t}{2} - r_t \sin \gamma \right)$ ,  $m_3 = d_c - r_t + r_t \cos \gamma$  이다.

## ② 압송구간

날개에 대한 힘모멘트균형방정식은 다음과 같다.

$$fN_1 + fN_2 + N_3(f \sin \gamma - \cos \gamma) = -(F_c + F_g) - N_1 + N_2 - N_3(\sin \gamma + f \cos \gamma) =$$

$$= -F_k - (h - r_t + r_t \cos \gamma)N_1 + fN_1 \left( \frac{t}{2} - r_t \sin \gamma \right) + MN_2 - fN_2 \left( \frac{t}{2} + r_t \sin \gamma \right) =$$

$$= -(d_c - r_t + r_t \cos \gamma)F_k + (F_c + F_g)r_t \sin \gamma$$

여기서  $\gamma = \beta + \theta$  이다.

날개가 받는 힘은 다음과 같다.

$$N_1 = \frac{N_3 m_2 (f \cos \gamma + \sin \gamma) + (m_3 - m_2) F_k - (F_c + F_g) r_t \sin \gamma}{m_1 - m_2},$$

$$N_2 = \frac{N_3 m_1 (f \cos \gamma + \sin \gamma) + (m_3 - m_1) F_k - (F_c + F_g) r_t \sin \gamma}{m_1 - m_2},$$

$$N_3 = \frac{(F_c + F_g)(-m_1 + m_2 + 2f r_t \sin \gamma) + (m_1 + m_2 - 2m_3)f F_k}{[(f^2 - 1)m_1 + (f^2 + 1)m_2] \cos \gamma + 2m_1 f \sin \gamma}$$

여기서  $m_1 = h - r_t + r_t \cos \gamma + f \left( r_t \sin \gamma - \frac{t}{2} \right)$ ,  $m_2 = M - f \left( \frac{t}{2} + r_t \sin \gamma \right)$ ,  $m_3 = d_c - r_t + r_t \cos \gamma$ ,

$$M = \rho_\phi \cos(\gamma_1 - \beta) - \sqrt{r_p^2 - \left( \frac{t}{2} \right)^2} \text{ 이다.}$$

## 맺 는 말

날개머리부분확형태에 따라 압송구간과 흡입구간에서 날개가 받는 힘모형을 각각 작성하고 해석하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 李少年 等; 西华大学学报, 25, 1, 46, 2006.

## **Force Loaded on Pump of the High-Pressure Vane**

*Choe Yong Bok, Chae Chol Myong*

We planned theoretical basis to solve the scientific and technical problems rising in high-tension of high-pressure vane pump by drawing and analyzing force models of wings between the force section and inhalation section according to the types of fan head.

Key word: vane pump