

① hob의 회전운동

③ hob의 feed운동

② table의 회전운동

④ 차동장치의 운동

Fig. VII-280에서 이상 네 가지의 운동계를 설명하기로 한다.

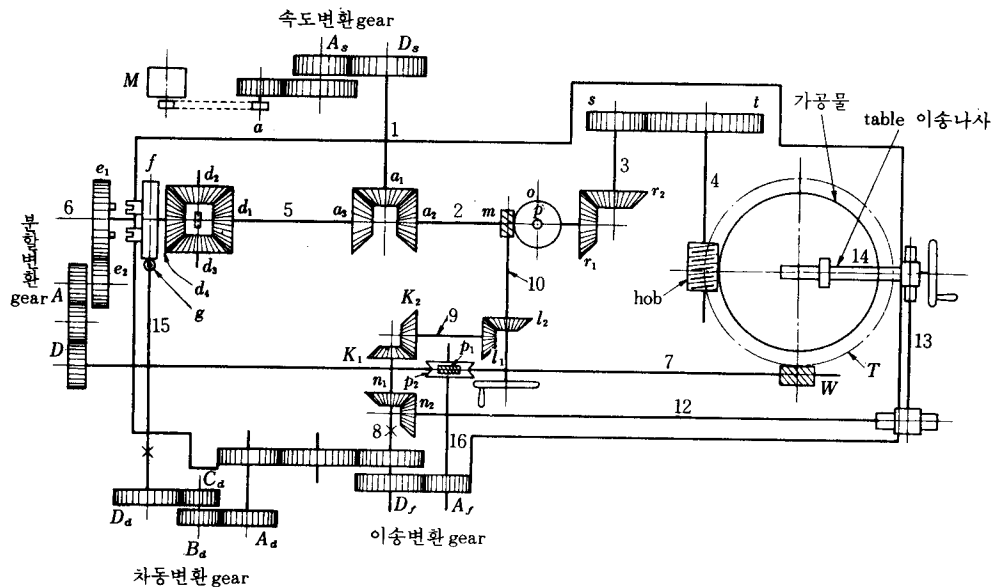


Fig. VII-280 hobbing machine의 驅動系統(平面圖)

[1] hob系

$A_s, D_s$ 는 motor  $M$ 에서 오는 속도의 變換 gear ;  $a_1, a_2$ 는 잇수가 같은 bevel gear ;  $r_1, r_2$ 는 잇수가 같은 bevel gear

$$i_h = \frac{s}{t} = \frac{1}{3} : s \text{와 } t \text{의 잇수比}$$

[2] table系

$d_1, d_2, d_3, d_4$ 는 잇수가 같은 bevel gear ;  $A, D$ 는 공작물의 분할변환 gear

$$i_t = \frac{W}{T} = \frac{1}{72} : W \text{(worm)와 } T \text{(table에 고정된 worm gear)의 잇수比}$$

## 〔3〕 feed系

$A_f, D_f$ 는 feed 변환 gear ;  $K_1, K_2$ 는 잇수가 같은 bevel gear ;  $l_1, l_2$ 는 잇수가 같은 bevel gear

$$i_p = \frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{3} : p_1 \text{과 } p_2 \text{의 잇수比}$$

$$i_s = \frac{m}{o} = \frac{1}{20} : m \text{과 } o \text{의 잇수比}$$

$$p = \frac{1}{4} \text{ in} : \text{hob head의 上下運動나사의 pitch}$$

## 〔4〕 差動裝置系

$A_a, B_a, C_a, D_a$ 는 차동장치의 변환 gear

$$i_g = \frac{g}{f} = \frac{1}{20} : \text{worm } g \text{와 worm gear } f \text{의 잇수의 比}$$

(1) hob系의 회전 : 「1축 → 2축 → 3축 → 4축(hob)」의 순으로 동력전달이 이루어지고 hob의 회전수  $n_H$ 와 1축의 회전수  $n_0$ 의 관계는 다음과 같다.

$$n_H = n_0 \cdot \frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{s}{t}$$

그런데

$$a_1 = a_2, \quad r_1 = r_2, \quad \frac{s}{t} = \frac{1}{3} \quad (\text{VII-52})$$

$$\therefore n_H = \frac{1}{3} n_0 \quad (\text{VII-53})$$

즉 1축의 1회전에 대하여 hob는  $\frac{1}{3}$ 회전한다.

(2) table系의 회전 : 「1축 → 5축 → 6축 → 7축(W) → T」의 순으로 동력전달이 되고, table의 회전수  $n_T$ 와 1축의 회전수  $n_0$ 와의 관계는 다음과 같다.

$$n_T = n_0 \cdot \frac{a_1}{a_3} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_2}{d_4} \cdot \frac{e_1}{e_2} \cdot \frac{A}{D} \cdot \frac{W}{T} \quad (\text{VII-54})$$

그런데

$$a_1 = a_2 = a_3, \quad e_1 = e_2, \quad i_d = \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_2}{d_4} = 1, \quad \frac{W}{T} = \frac{1}{72}$$

이라 하면

$$n_T = \frac{1}{72} n_0 \cdot \frac{A}{D} \quad (\text{VII-55})$$

## 〔5〕 分割變換 gear 공식

식(VII-53)과 식(VII-55)에서  $\frac{A}{D} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = 1$ 일 때  $\left(\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}\right)$ 는 2단 분할 gear를 의미한다) table의 1회전에 대한 hob의 회전수를 分割常數라 하며 spur gear를 가공할 경우 본례에서는

다음과 같다.

$$\text{분할상수} = n_H/n_T = \frac{1}{3} \cdot \frac{n_0}{72} = 24 \tag{Ⅶ-56}$$

공작물의 잇수를  $N$ , hob의 重數를  $k$ 라 하면

$$\frac{n_T}{n_H} = \frac{\frac{1}{N}}{\frac{1}{k}} = \frac{k}{N} \tag{Ⅶ-57}$$

즉 hob의 1회전에 대하여 table은  $\frac{k}{N}$ 만큼 회전하여야 한다.

식(Ⅶ-52)에서  $a_1=a_2$ ,  $r_1=r_2$ 인 경우

$$n_H = n_0 \cdot \frac{s}{t} = n_0 \cdot i_h$$

식(Ⅶ-54)에서  $a_1=a_3$ ,  $e_1=e_2$ 인 경우

$$\begin{aligned} n_T &= n_0 \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_2}{d_4} \cdot \frac{A}{D} \cdot \frac{W}{T} = n_0 \cdot i_a \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot i_T \\ \therefore \frac{n_T}{n_H} &= \frac{1}{i_h} \cdot i_a \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot i_T \\ \therefore n_T &= n_H \cdot \frac{1}{i_h} \cdot i_a \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot i_T \end{aligned}$$

$n_H = 1$ 일 때, 즉 hob가 1회전하면 table의 회전수  $n_T (= \frac{k}{N})$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} n_T &= \frac{k}{N} = \frac{i_a \cdot i_T}{i_h} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \\ \therefore \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} &= \frac{k}{N} \left( \frac{i_h}{i_a \cdot i_T} \right) \end{aligned} \tag{Ⅶ-58}$$

단,  $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{A}{D}$  : 분할변환 gear 비이다.

(1) spur gear의 가공 : spur gear의 가공에서는  $i_a = 1$ 이며, 식(Ⅶ-58)은 다음과 같다.

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{k}{N} \cdot \left( \frac{i_h}{i_T} \right) = \frac{k}{N} \cdot \left( \frac{s/W}{t/T} \right) = \frac{k}{N} \cdot C_s \tag{Ⅶ-59}$$

단,  $C_s$  : spur gear 가공에서의 분할상수(index constant)

(2) helical gear의 가공 : helical gear의 가공에서는 차동 gear장치가 사용되므로  $i_a = \frac{1}{2}$ 이다. 그러므로 식(Ⅶ-58)에서

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{k}{N} \cdot \left( \frac{2i_h}{i_T} \right) = \frac{k}{N} \cdot C_h \tag{Ⅶ-60}$$

단,  $C_h$  : helical gear 가공에서의 분할상수(index constant)이며  $C_h = 2 \cdot C_s$ 이다.

Fig. Ⅶ-280에서

$$i_h = \frac{1}{3}, \quad i_r = \frac{1}{72}$$

이므로

$$C_s = \frac{i_h}{i_r \cdot i_a} = \frac{\frac{1}{3}}{1 \times \frac{1}{72}} = 24, \quad C_h = \frac{i_h}{i_r \cdot i_a} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{72}} = 48$$

그러므로 분할변환 gear의 잇수比( $i_i$ )의 공식은 다음과 같다.

$$\text{spur gear} : i_i = \frac{A}{D} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24}{N} \cdot k \tag{VII-61}$$

$$\text{helical gear} : i_i = \frac{A}{D} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{48}{N} \cdot k \tag{VII-62}$$

차동장치를 사용할 때에는 다음과 같은 구동계통을 갖는다.

motor  $M \rightarrow 1$ 축  $\rightarrow 5$ 축(차동 gear 장치)  $\rightarrow 6$ 축  $\rightarrow 7$ 축  $\rightarrow 16$ 축  $\rightarrow 15$ 축  $\rightarrow 7$ 축(worm  $W$ )

차동장치를 사용하지 않을 때(spur gear의 가공)에는  $g$ 와  $f$ 를 분리시키고 6축을 차동장치에 끼워 넣어  $d_2, d_3$ 로 하여금 췌기작용을 시키면 차동장치는 5축과 6축을 단일축으로 일체시키고  $e_1 \rightarrow e_2 \rightarrow A \rightarrow D$ 를 통하여 운동이 전달된다.

차동장치를 사용할 때(helical gear의 가공)에는  $e_1$ 은  $f$ 와 분리시키고 6축에 고정하며 이때  $g$ 는  $f$ 를 구속하므로 5축의 회전에 의하여 bevel gear  $d_2, d_3$ 가 고정된 bevel gear  $d_4$ 의 주위를 회전하면서 6축을 회전시킨다. 6축의 회전수는 차동장치의 원리에 의하여 5축 회전수의  $\frac{1}{2}$ 이 되며 분할상수는 spur gear 때의 2배이다.

[6] feed變換 gear 공식

Fig. VII-280에서 table이 1회전하기 위해서는 7軸이 72회전하며 feed系의 구동계통은 다음과 같다.

7축  $\rightarrow p_1 \rightarrow p_2 \rightarrow$  feed 변환 gear ( $A_r, D_r$ ) (2 단일 때는  $a_1, b_1, c_1, d_1$ )  $\rightarrow 8$ 축  $\rightarrow K_1 \rightarrow K_2 \rightarrow 9$ 축  $\rightarrow l_1 \rightarrow l_2 \rightarrow 10$ 축  $\rightarrow m \rightarrow o \rightarrow$  feed 나사(pitch  $p = \frac{1}{4}$  in)

table의 1회전, 즉  $W$ 의 72회전( $\frac{1}{i_r} = 72$ )에 대한 feed 량  $F$ 는

$$F = \frac{1}{i_r} \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \left( \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \right) \cdot \frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{m}{o} \cdot p$$

그런데  $K_1 = K_2, \quad l_1 = l_2$

$$\therefore F = \frac{1}{i_r} \cdot i_p \cdot i_s \cdot \left( \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \right) \cdot i_s \cdot p$$

$$\therefore \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{F}{\frac{1}{i_r} \cdot i_p \cdot i_s \cdot p} = \frac{F}{C_F} \tag{VII-63}$$

단,  $C_F = \frac{1}{i_r} \cdot i_p \cdot i_s \cdot p$  : feed 상수(feed constant)이다.

Fig. VII-280 에서  $\frac{1}{i_r} = 72$ ,  $i_p = \frac{1}{3}$ ,  $i_s = \frac{1}{20}$  이므로

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{20}{24} \cdot \frac{F}{p} \tag{VII-64}$$

식 (VII-64)에서  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = 1$ ,  $p = \frac{1}{4}$  in 라 하면  $F = \frac{3}{10}$  in 가 된다.

식 (VII-64)에서  $\frac{20}{24p}$  을 feed 變換 gear 常數 (constant of feed change gear) 라 하며,  $p = \frac{1}{4}$  in 라 하면 feed 變換 gear 의 잇수比 ( $i_r$ ) 는 다음과 같다.

$$i_r = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{10}{3} \cdot F \tag{VII-65}$$

helical gear 의 가공에 있어서도  $W$  (worm) 의 72회전에 대하여 table 이 1회전되므로 식 (VII-65) 를 적용할 수 있다.

[7] helical gear 가공에서의 차동장치 變換 gear 공식

spur gear 에서는 가공물이 1회전하면 1회의 가공이 끝나고 다음 절삭이 시작되나, helical gear 가공에서는 Fig. VII-281 에서와 같이 ( $\pm x$ ) 만큼 여분의 회전을 하여야 한다.

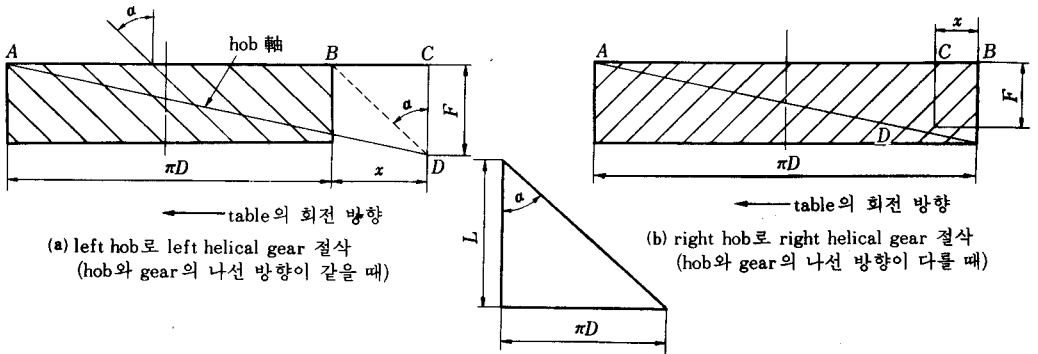


Fig. VII-281

즉 (+) : hob와 gear 의 나선 방향이 같을 때, (-) : hob와 gear 의 나선 방향이 다를 때

$$x = F \cdot \tan \alpha \tag{VII-66}$$

단,  $\alpha$  : hob의 helix angle 이고,  $D$  : 공작물의 pitch 지름이라 하면  $x$  에 대한 회전수는 다음과 같다.

$$\frac{x}{\pi D} = F \cdot \tan \alpha \cdot \frac{1}{\pi D} \tag{VII-67}$$

helical gear 에서  $\tan \alpha = \frac{\pi D}{L}$  이다. 단,  $L$  : helical gear 의 lead

$$\therefore L = \frac{\pi D}{\tan \alpha} = \pi D \cdot \cot \alpha \tag{VII-68}$$

∴ 식 (VII-67)과 식 (VII-68)에서

$$\frac{x}{\pi D} = \frac{F}{L} \quad (\text{VII-69})$$

식 (VII-69)에서 여분의 회전량은  $\frac{F}{L}$ 가 되는 것을 알 수 있으며, Fig. VII-280에서의 차동장치 사용하면 다음과 같다.

(1) table 을 회전시키는 분할운동 : 1 축 →  $a_1 \rightarrow a_3 \rightarrow$  5 축 → 6 축 →  $A \rightarrow D \rightarrow$  7 축 →  $W \rightarrow T$

(2) (±)  $x$  량을 위한 차동운동 : 7 축 →  $p_1 \rightarrow p_2 \rightarrow$  (feed change gear)  $A_f \rightarrow D_f \rightarrow$  (차동변환 gear)  $A_a \rightarrow B_a \rightarrow C_a \rightarrow D_a \rightarrow$  15 축 →  $g \rightarrow f \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow W \rightarrow T$

helical gear의 가공에서는 (1) 및 (2)운동이 필요하며 차동변환 gear  $A_a, B_a, C_a, D_a$ (또는  $a_2, b_2, c_2, d_2$ )에 의하여 (±)  $x$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{i_T} \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \left( \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \right) \cdot \left( \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \right) \cdot \frac{g}{f} \cdot \left( \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \right) \cdot \frac{W}{T} \cdot \pi D \\ &= \frac{1}{i_T} \cdot i_p \cdot i_f \cdot \left( \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \right) \cdot i_g \cdot i_i \cdot i_T \cdot \pi D \\ \therefore \frac{x}{\pi D} &= \frac{F}{L} = i_p \cdot i_f \cdot \left( \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \right) \cdot i_g \cdot i_i \\ \therefore \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} &= \frac{1}{i_p \cdot i_f \cdot i_g \cdot i_i} \cdot \frac{F}{L} \end{aligned} \quad (\text{VII-70})$$

重數  $k=1$ 인 hob로 helical gear를 가공할 때 다음 조건을 대입하면

$$i_i = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{48}{N}$$

$$i_f = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{10}{3} F$$

$i_p = \frac{1}{3}, i_g = \frac{1}{20}, i_T = \frac{1}{72}$ , 차동변환 gear의 잇수비( $i_a$ )는 다음과 같다.

$$i_a = \frac{A_a}{D_a} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{3}{8} \cdot \frac{N}{L} = 0.375 \frac{N}{L} \quad (\text{VII-71})$$

그런데 Fig. VII-282에서

$$\text{diametral pitch } DP = \frac{N}{D}$$

$$\text{circular pitch } CP = \frac{\pi D}{N} = ab = p_c$$

직각 circular pitch  $p_n = ac = p_c \cdot \cos \alpha$

$$\therefore p_n = \frac{\pi D}{N} \cdot \cos \alpha$$

$$\text{직각 diametral pitch } DP = \frac{\pi}{p_n} = \frac{\pi}{\frac{\pi D}{N} \cdot \cos \alpha} = \frac{N}{D \cdot \cos \alpha} \quad (\text{VII-72})$$

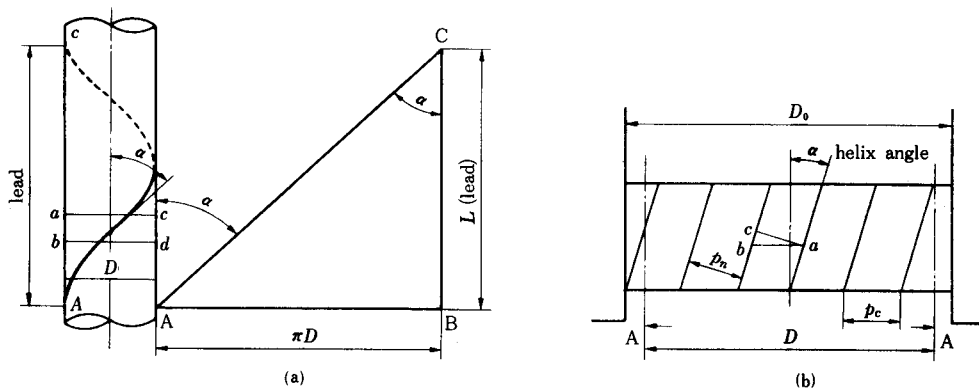


Fig. VII-282 helical gear의 개요

$$\begin{aligned} \therefore \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} &= \frac{3}{8} \cdot \frac{N}{L} = \frac{3}{8} \cdot \frac{DP \cdot D \cdot \cos \alpha}{\pi D \cdot \cot \alpha} = \frac{3}{8} \cdot \frac{DP \cdot \sin \alpha}{\pi} \\ &= 0.1193 \cdot DP \cdot \sin \alpha \end{aligned}$$

$$i_a = \frac{A_a}{D_a} = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = 0.1193 \cdot DP \cdot \sin \alpha \quad (\text{VII-73})$$

hobbing machine에 따라 상수가 정해져 있으나 알 수 없을 경우에는 이상의 방법으로 계산한다.

