

[2] helical gear의 절삭

milling machine에서 나사, drill 홈, 平形 cutter의 helical 홈 및 helical gear와 같은 helical면을 가공하기 위해서는 Fig. VII-180에서 주축 gear A를 회전시키는 gear列를 해체시키고 Fig. VII-225(a)와 같이 milling machine table의 lead screw와 gear列를 형성하여 가공물을 회전시키는 동시에 이송을 주어야 한다. 이들 螺旋에 대한 관계식은 Fig. VII-226(a)와 Fig. VII-226(b)에서 다음과 같다.

L : lead[in 또는 mm], D : 소재의 지름[in 또는 mm], α : 나선각, β : lead각이라 하면

$$L = \pi D \cdot \tan \beta = \pi D \cdot \cot \alpha \quad (\text{VII-38})$$

Fig. VII-226(b)에서와 같이 N 개의 螺旋이 원통 주위를 돌 때 이를 평면상에 전개하면 N 개의 평행선이 된다. 인접한 나선간의 축방향의 거리를 축 pitch(axial pitch) p_a , 나선에 직각인 거

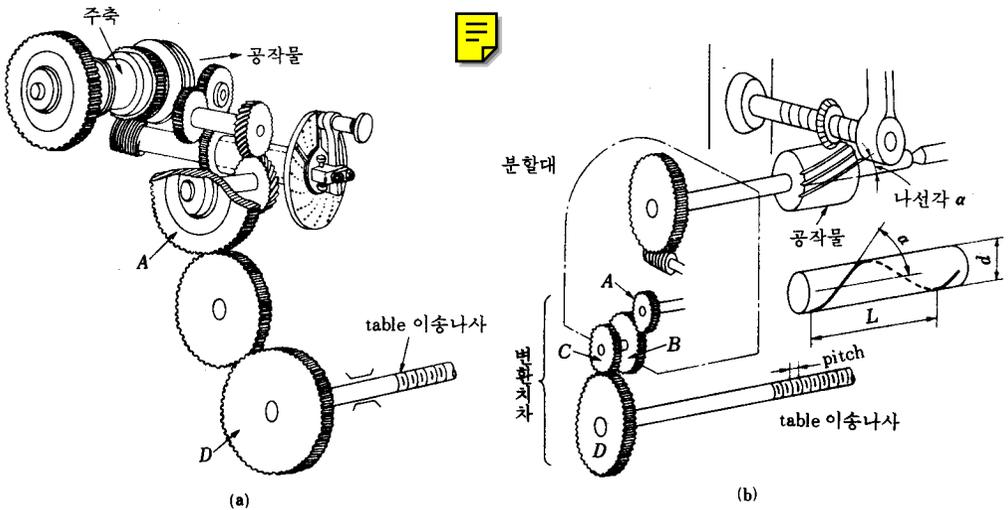


Fig. VII-225

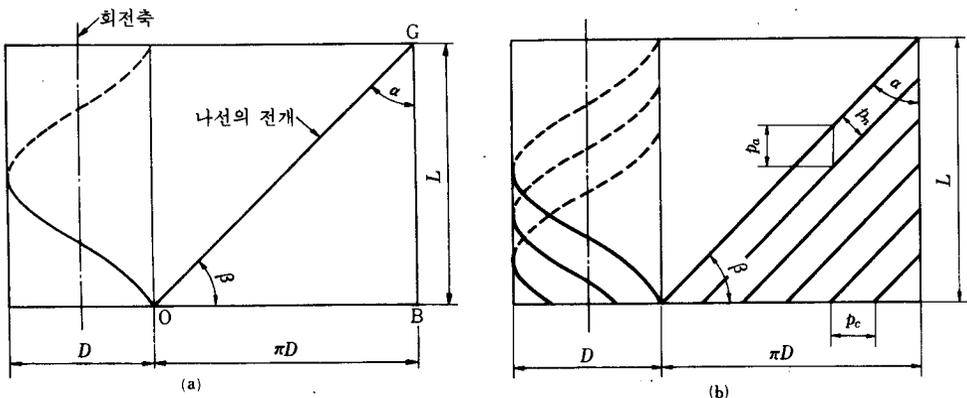


Fig. VII-226 나선의 전개

리를 직각 pitch(normal pitch) p_n , 원주상에서 나선 간의 거리를 원주 pitch(circular pitch) p_c 라 하면

$$p_c = \frac{\pi D}{N}$$

$$L = N \cdot p_a \tag{VII-39}$$

식 (VII-39)에서

$$N=1 \text{ 이면 } L = p_a$$

$$N=2 \text{ 이면 } L = 2p_a$$

$$p_n = p_c \cdot \cos \alpha = p_c \cdot \sin \beta$$

$$p_a = p_c \cdot \tan \beta = p_c \cdot \cot \alpha \tag{VII-40}$$

예제 VII-21. 원통의 지름이 4.813 in 이고, 나선각 $\alpha = 65^\circ 30'$ 일 때의 lead L 을 구하여라.

(解) $L = \frac{\pi D}{\tan \alpha} = \frac{\pi \times 4.813}{\tan 65^\circ 30'} = 6.8908 \text{ in}$

$L = 6.8908$ 에 근사한 gear列은 lead 표상의 근사값 $L = 6.8800 \text{ in}$ 에 의하여 $A = 86$, $B = 100$, $C = 32$, $D = 40$ 으로 되며(lead 변환 gear의 표에서) 오차는 3.3% 정도이다. 즉 주축에 고정된 가공물이 1회전하는 동안 A (분할대의 worm에 설치한 치차)는 우측으로 40회전하게 되며, D (lead screw에 설치한 치차)는 $40 \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = 40 \times \frac{86}{100} \times \frac{32}{40} = 27.52$ 회전, table의 이송나사가 $\frac{1}{4} \text{ in}$ pitch의 一重나사라 하면 table은 $\frac{1}{4} \times 27.52 = 6.8800 \text{ in}$ 만큼 진행한다.

다음에 cutter의 선택에 대하여 설명한다. helical gear의 가공에도 spur gear 절삭용의 cutter가 사용되나 치수계산에 있어서 다르다. 즉 Fig. VII-227과 같이 잇면에 직각인 단면은 타원이 되며, 이 원주를 직각 pitch로 나눈 수를 기준으로 하여 Table VII-21, Table VII-22에서 cutter의 번호를 구한다.

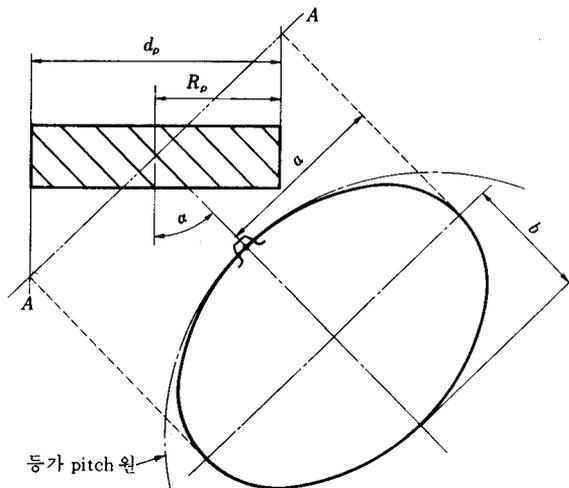


Fig. VII-227 helical gear의 齒線 방향에 직각인 단면

일반적으로 milling machine의 table 이송용 lead screw는 inch식에서는 4산/in, meter 식에서는 6mm의 pitch로 되어 있다. 그러므로 inch식에서 worm축에 설치한 gear와 lead screw에 설치한 gear의 잇수가 동일하다면, 가공물이 1회전(worm의 40회전)할 때 table은 $\frac{1}{4} \times 40 = 10$ in 만큼 진행하고, meter식에서는 $6 \times 40 = 240$ mm 만큼 진행하며 여기서 10in 및 240mm를 milling machine의 lead常數라 한다.

즉 lead L 인 나사를 절삭할 때 분할대와 milling machine의 lead screw간의 gear 연결은

$$\text{inch식} : \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{L}{10} \quad (\text{VII-41})$$

$$\text{meter식} : \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{L}{240} \quad (\text{VII-42})$$

이다.

예제 VII-22. milling machine으로 나선각 $\alpha = 27\frac{1}{2}^\circ$, 지름 $D=1$ in인 drill의 홈을 가공할 때 lead의 변환 gear를 계산하여라.

$$\text{(解)} \quad L = \pi D \cdot \cot \alpha = \pi \times 1 \times \cot 27\frac{1}{2}^\circ = 6 \text{ in}$$

$$\frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D} = \frac{L}{10} = \frac{6}{10} = \frac{3 \times 2}{2 \times 5} = \frac{3 \times 15}{2 \times 15} \times \frac{2 \times 20}{5 \times 20} = \frac{45}{30} \times \frac{40}{100}$$

\therefore worm 축 gear $A=45$, $B=30$, $C=40$, table의 lead screw gear $D=100$

Fig. VII-227에서 d_p : gear의 pitch원의 지름이라고 하면

$$a = \frac{d_p}{2 \cos \alpha}, \quad b = \frac{d_p}{2} \quad (\text{VII-43})$$

타원주 l 은

$$l = \pi(a+b) = \pi d_p \cdot \frac{(1+\cos \alpha)}{2 \cos \alpha}$$

\therefore 가상적인 잇수(等價잇수) N_e 는 $N_e = \frac{l}{p_n}$ 에서

$$N_e = \frac{N}{\cos^3 \alpha} \quad (\text{VII-44})$$

이 된다(본서의 정도를 고려하여 도입 과정을 생략하였음).

Fig. VII-228은 식(VII-44)를 圖示한 것이다.

이상에서 helical gear 절삭의 작업 순서는 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 가공될 gear의 pitch에 맞는 cutter를 선정한다.
- ② 분할계산을 하여 분할판의 구멍수를 정한다.
- ③ lead의 변환 gear를 계산한다.
- ④ table의 회전각도를 정한다.

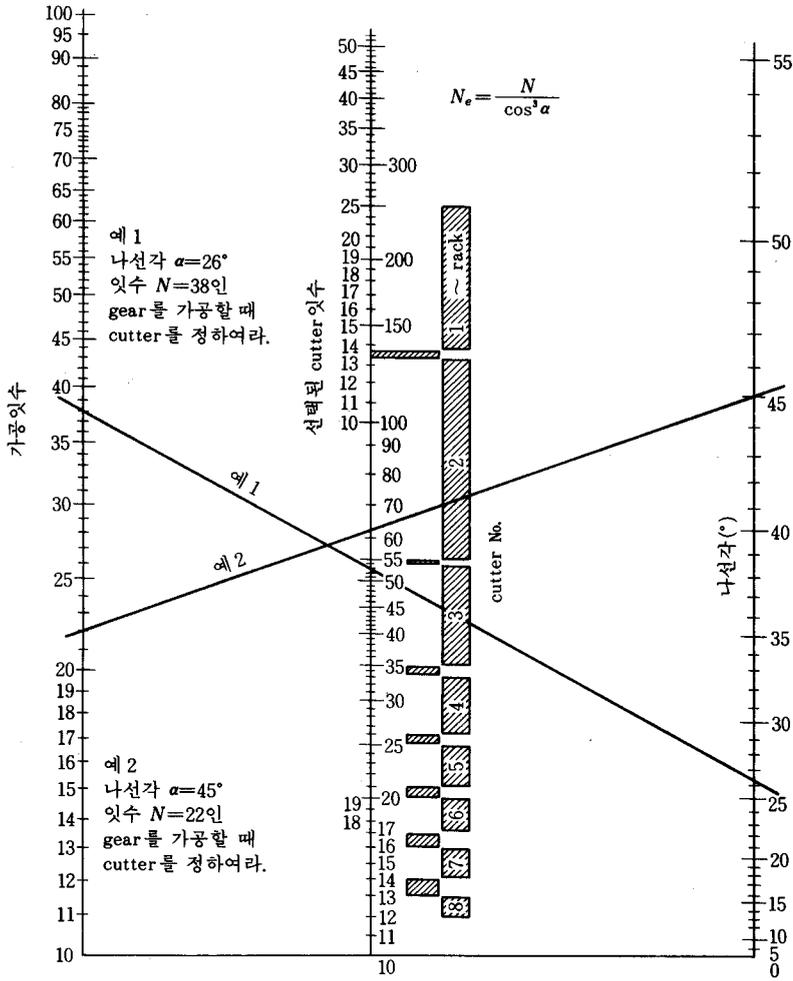


Fig. VII-228 inch식 helical gear cutter 번호의 결정

⑤ 가공물 고정용 mandrel의 大徑側이 분할대를 향하도록 한다.

예제 VII-23. diametral pitch $DP=12$, 잇수 $N=18$, 나선각 $\alpha=18^\circ$ 인 gear를 가공할 때 ① 분할계산, ② 변환gear 계산, ③ table角의 계산, ④ cutter의 번호를 정하여라.

(解) ① $\frac{h}{H} = \frac{R}{N} = \frac{40}{18} = 2 \frac{4}{18}$

1番板 18孔을 사용하여 2회전 4孔씩 돌린다.

② 식 (VII-38)에서

$$L = \frac{\pi D}{\tan \alpha}$$

식 (VII-36)에서

$$D = \frac{N+2}{DP} = \frac{20}{12} = 1.66 \text{ in}$$

$$\therefore L = \frac{\pi \times 1.66}{\tan 18^\circ} = 16 \text{ in}$$

inch식 나사로 된 table을 이송시킬 때

$$\frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{L}{10} = \frac{16}{10} = \frac{66}{30} \times \frac{32}{44}$$

③ table의 회전각은 18°이다.

$$\textcircled{4} N_e = \frac{N}{\cos^3 \alpha} = \frac{18}{\cos^3 18^\circ} = 21$$

즉 Table VII-21에서 No.5의 cutter를 사용한다.

예제 VII-24. 바깥지름 $D=4 \text{ in}$, 잇수 $N=10$, 나선각 $\alpha=25^\circ$ (右向), 경사각 $=10^\circ$ (正의 반지름 방향 경사각), 홈(flute) 깊이 $=\frac{1}{2} \text{ in}$, 길이 $L=4 \text{ in}$ 인 공구강 plain milling cutter를 가공하여라.

解 ① Fig. VII-229와 같은 $\phi 4 \text{ in} \times \phi 1 \frac{1}{2} \text{ in} \times 4 \text{ in}$ 인 key way를 갖는 소재를 준비한다.

② Fig. VII-230과 같이 분할대와 table에 고정된 소재에 경사각과 홈(flute) 깊이를 표시하고, table의 右端이 column에 향하도록 table을 25° 회전시킨다.

③ lead 변환 gear 계산

$$L = \pi D \cdot \cot \alpha = \pi \times 4 \times \cot 25^\circ = 26.942 \text{ in}$$

table의 lead screw pitch가 4산/in이라 하면

$$\frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{L}{10} = \frac{26.942}{10} \approx \frac{27}{10} \text{ (변환치차표 참조)}$$

正의 방향으로 회전시키려면

$$\frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{L}{10} = \frac{27}{10} = \frac{3 \times 9}{5 \times 2} = \frac{9 \times 5}{5 \times 5} \times \frac{3 \times 20}{2 \times 20} = \frac{45}{25} \times \frac{60}{40}$$

\therefore worm에 설치된 gear $A=45$, $B=25$, $C=60$, table의 lead screw에 설치된 gear $D=40$

④ 분할대의 변환 gear 계산

$$\frac{h}{H} = \frac{40}{N} = \frac{40}{10} = 4$$

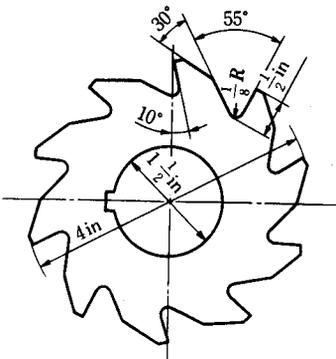


Fig. VII-229 plain milling cutter의 치수

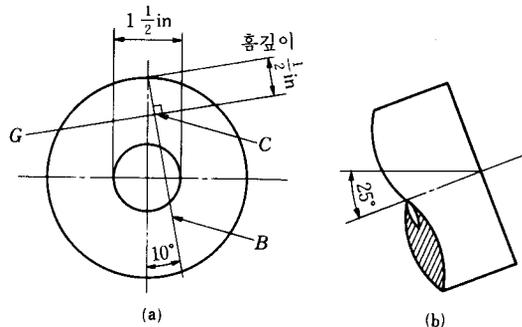


Fig. VII-230 切削刃의 위치 표시

crank를 분할판상에서 4회전씩 돌린다.

⑤ 55°인 2重 angle cutter를 택하여 홈(flute) 표시에 대략 맞춘 다음 Fig. 1-231 (b)와 같이 소재를 움직여서 정확한 위치를 조정한다.

⑥ Fig. VII-231에서 중심선 C가 cutter의 중심선과 일치하도록 横移送를 준다.

⑦ 홈(flute)을 절삭한 후 cutter를 plain helical cutter로 바꿔 기운다.

⑧ 분할대를 이용하여 홈 측면이 30°에서 table에 평행하도록(surface gauge 등을 사용) 가공물을 회전시켜 제 2여유각을 절삭한다. 또는 다음과 같은 계산에 의하여 crank를 회전시키기도 한다.

$$90^\circ - \left(30 + \frac{55}{2}\right) = 32.5^\circ = 32^\circ 30'$$

이므로

$$32^\circ = 1920'$$

$$+) \quad \frac{30'}{32^\circ 30' = 1950'}$$

$$\therefore \frac{h}{H} = \frac{1950}{540} = 3 \frac{330}{540} = 3 \frac{11}{18}$$

∴ Brown & Sharpe 분할판 No.1의 18孔을 사용하여 3회전 11孔씩 돌리면 된다.

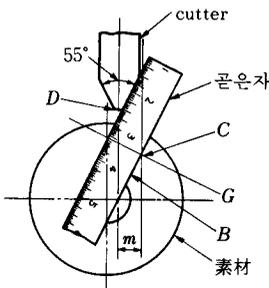


Fig. VII-231 홈절삭용 cutter와 소재의 위치

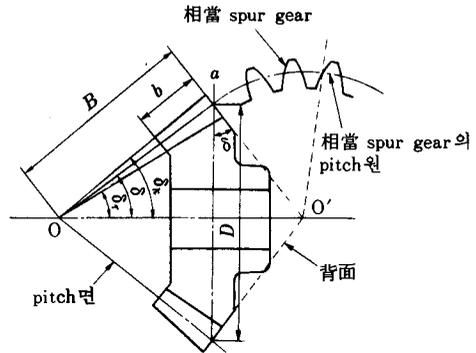


Fig. VII-232 bevel gear

[3] bevel gear의 절삭

bevel gear를 milling machine으로 절삭하는 것은 비능률적이고 비교적 정밀하지 못하지만 수량이 많지 않을 때 milling machine을 사용하는 경우가 있다. 가공할 bevel gear의 齒長 b 는 pitch 圓錐 반지름 B 의 $\frac{1}{3}$ 이하로 하고 각 部位의 치수에 대해서는 기계설계 handbook을 참조하라.

즉 Fig. VII-232에서

$$b < \frac{1}{3} B \tag{VII-45}$$

로 한정하고 cutter의 선정은 다음 방법에 의한다.

N : 실제 bevel gear의 잇수

N_e : bevel gear의 等價 잇수

δ : bevel gear의 pitch 圓錐半角

D : pitch 원의 지름

이라 하면

$$aO' = \frac{D}{2} \times \frac{1}{\cos \delta}$$

aO' 를 반지름으로 하는 원주에 배열한 等價 잇수 N_e 와의 관계식은

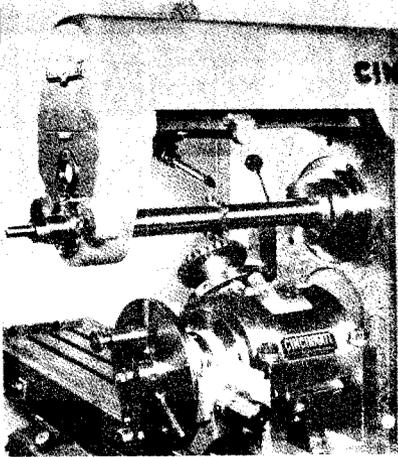
$$\frac{N_e}{N} = \frac{aO'}{\frac{D}{2}} = \frac{\frac{D}{2} \times \frac{1}{\cos \delta}}{\frac{D}{2}} = \frac{1}{\cos \delta}$$

$$\therefore N_e = \frac{N}{\cos \delta} \tag{VII-46}$$

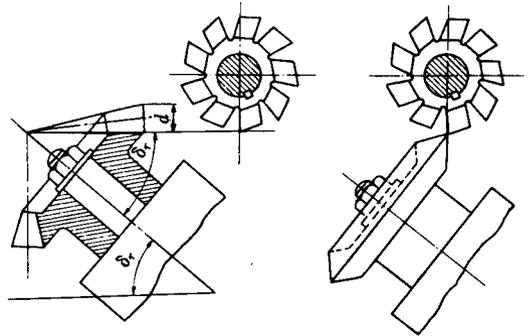
N_e 에 대한 cutter를 선정하고 다음 방법으로 절삭한다.

① cutter의 중심과 분할대의 중심을 맞춘다.

② 분할대의 축을 Fig. VII-233의 (a) 및 (b)와 같이 低齒圓錐半角 δ_r 만큼 경사시킨다. Fig. VII-233의 (c) 및 (d)는 taper진 공작물의 길이가 클 때 지지하는 방법을 보여 준다.

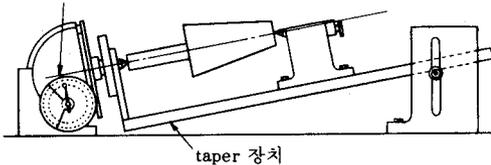


(a)

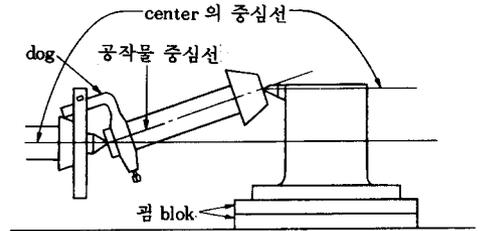


(b)

분할대 center의 중심선과
공작물의 것이 일치



(c)



(d)

Fig. VII-233 bevel gear cutter와 소재의 위치

③ Fig. VII-233 과 같이 소재의 外端을 cutter에 접촉시키고 knee의 上下移送用 축의 micrometer collar를 눈금 0에 맞춘다. 절삭 깊이는 spur gear에서처럼 $2.25M$ (M : module)으로 한다.

④ Fig. VII-234에서와 같이 제 3 과정을 마친 齒輪의 폭은 外端에서는 약간 확대시킬 필요가 있어 소재를 회전시키는 것을 편위(set-over)라 한다.

S : 偏位量

DP : diametral pitch

t_c : gear 大端에서 pitch 원상의 cutter齒의 두께

C : set-over 계수

라 하면 .

$$S = \frac{t_c}{2} - \frac{C}{DP} \tag{VII-47}$$

로 되며 EB 面이 cutter 측면과 일치할 때까지 회전시키고, 그 반대측에 대해서도 같은 방법으로 행한다.

Table VII-23은 bevel gear 절삭의 set-over 계수이다.

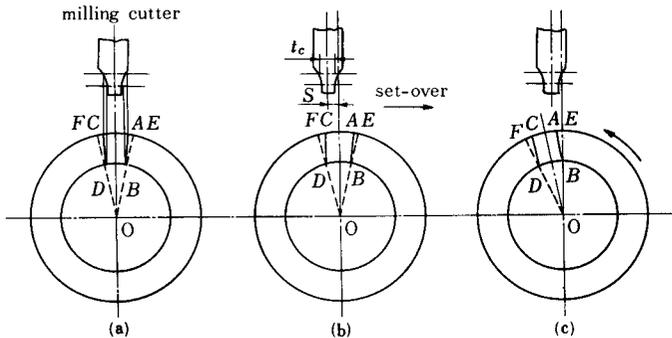


Fig. VII-234 bevel gear 절삭의 set-over

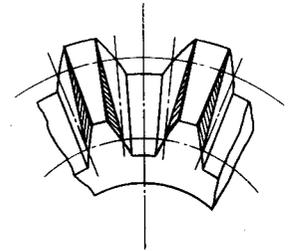


Fig. VII-235 修正된 bevel gear의 齒形

Table VII-23 bevel gear 절삭의 set-over 계수

cutter No.	頂點 거리와 이 幅과의 比												
	3/1	3 1/4 /1	3 1/2 /1	3 3/4 /1	1/4	4 1/4 /1	4 1/2 /1	4 3/4 /1	5/1	5 1/2 /1	6/1	7/1	8/1
1	0.254	0.254	0.255	0.256	0.257	0.257	0.257	0.258	0.258	0.259	0.260	0.262	0.264
2	0.266	0.268	0.271	0.272	0.273	0.274	0.274	0.275	0.277	0.279	0.280	0.283	0.284
3	0.266	0.268	0.271	0.273	0.275	0.278	0.280	0.282	0.283	0.286	0.287	0.290	0.292
4	0.275	0.280	0.285	0.287	0.291	0.293	0.296	0.298	0.298	0.302	0.305	0.308	0.311
5	0.280	0.285	0.290	0.293	0.295	0.296	0.298	0.300	0.302	0.307	0.309	0.313	0.315
6	0.311	0.318	0.323	0.328	0.370	0.334	0.337	0.340	0.343	0.348	0.352	0.356	0.362
7	0.289	0.298	0.308	0.316	0.324	0.329	0.334	0.338	0.343	0.350	0.360	0.370	0.376
8	0.278	0.286	0.296	0.309	0.319	0.331	0.338	0.344	0.352	0.361	0.368	0.380	0.386

7-6-6 rack의 절삭

rack은 pinion의 회전운동을 직선운동으로, 또는 rack의 직선운동을 pinion의 회전운동으로 변환시켜 주는 gear로 平面上에 십어진 平齒車(spur gear)로 간주된다. rack의 pitch원은 직선이며 rack가공시에는 원주 pitch($CP = \frac{\pi}{DP}$)를 이용한다.

rack가 10in(254mm) 이하의 길이일 때에는 cutter arbor에 평행하도록 milling vise에 가공물을 고정하여 table에 이송을 주어 가공할 수 있으나, rack가 milling machine의 횡이송길 이보다 길면 Fig.Ⅶ-236과 같이 가공물을 table의 길이 방향으로 고정하여야 한다. cutter는 TableⅦ-21의 No.1의 것을 채용한다.

p : table의 운동 방향으로 측정된 rack의 pitch

L : table lead screw의 lead

A : 분할대의 회전축에 설치한 변환 gear의 잇수

D : table의 이송나사에 설치한 변환 gear 잇수라 하면

$$\frac{L}{p} = \frac{D}{A} \tag{Ⅶ-48}$$

또는 table lead screw에 장치된 micrometer dial에 의하여 每齒마다 이송을 주기도 한다.

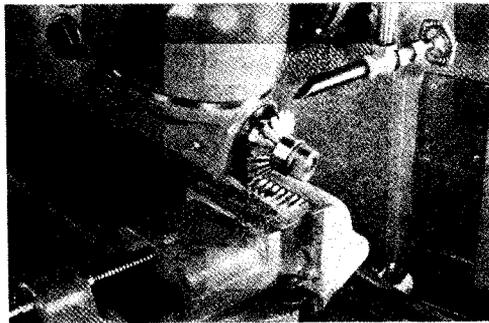


Fig. Ⅶ-236 rack 절삭장치

예제 Ⅶ-25. diametral pitch $DP=6$ 인 rack를 가공할 때 1pitch씩 진행시키는 방법을 구하여라.

table lead screw의 pitch는 4산/in

(解) $CP = \frac{\pi}{DP} = \frac{\pi}{6} = 0.5233 \text{ in}$

$\frac{0.5233}{1/4} = 2.0933$ 이므로 table lead screw의 handle을 2.0933회전시키면 0.5233in 진행된다.

$$2.0933 \approx 2.1 = \frac{4.2}{2} = \frac{42}{20} = 2 \frac{2}{20}$$

∴ Brown & Sharpe 분할판 No.1의 20孔을 사용하여 crank를 2회전 2孔씩 돌리면 된다.

7-6-7 worm gear의 절삭

worm과 worm gear는 회전 방향을 90°로 전환시키며 회전비를 크게 줄이는 데 편리하게 이

용된다. worm은 1重 또는 多重 Acme 나사의 일종이며 나선각은 $14.5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 사이에 있다.

worm과 worm gear의 齒數比는 (1 : worm gear 잇수)의 관계에 있으므로 50산의 worm gear에 대해서는 회전비가 (50 : 1)이 된다. 2重 worm에서는 (50 : 2), 즉 (25 : 1)이 된다.

milling machine에서의 worm gear 절삭은 소재의 원주면을 worm 뿌리원반지름 (root diameter)으로 곡면가공을 한 다음

- ① 분할대에 고정하여 involute cutter로 spur gear와 같은 방법으로 1차 가공한다.
- ② 1차 가공이 끝나면 arbor에 worm cutter를 고정하여 2차로 완성가공한다.

7-6-8 cam과 cam의 절삭

[1] cam

cam은 회전운동을 왕복운동으로, 선운동을 왕복운동으로 변환시키거나 또는 jig와 fixture 등에서 고정장치로 쓰인다.

cam에는 Fig. VII-237(a), (b)와 같이 從動節(follower)이 cam의 홈에 물리어 운동하는 것과 Fig. VII-237(c), (d), (e)와 같이 cam이 종동절을 밀어 주고 종동절의 自重 또는 spring力에 의하여 cam과 계속 접촉을 유지하는 것이 있다.

cam이 종동절에 주는 운동에 따라 분류하면 等速運動 cam, 調和運動 cam 및 等加速度(또는 등감가속도) cam 등이 있다.

radial cam에서 종동절에 왕복운동을 주는 cam의 突起 부분을 lobe라 하며 cam에 따라서 1

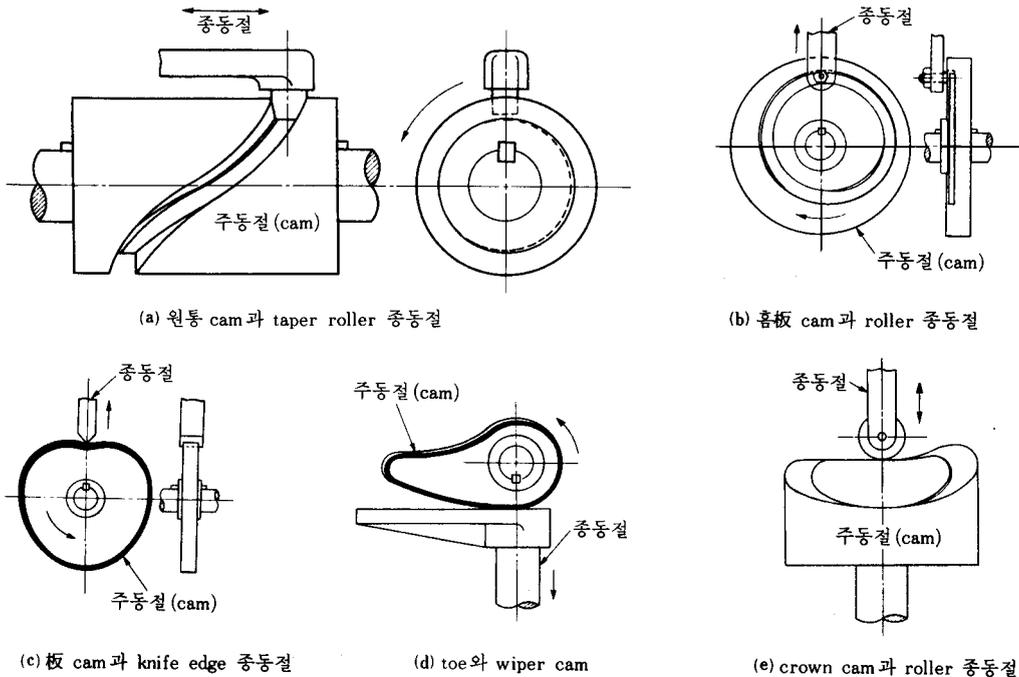


Fig. VII-237 cam

개에서 여러 개의 lobe가 있는 것이 있다.

cam이 1회전할 때 lobe 1개의 揚程을 rise라 하며, lobe가 여러 개 있을 때 전체 lobe의 總揚程을 lead라 한다. 즉 2개의 lobe가 있는 cam의 lead는 1개 있는 cam의 것에 대하여 2배의 lead를 갖는다.