

## Spiroid Bevel Gear 설계 및 가공에 관한 연구

류미라\*\*(창원대 대학원 기계설계공학과), 박영복\*((주)SSB산기), 이춘만(창원대)

### A study on the design and machining of Spiroid Bevel Gear

M. R. Lyu\*\*(Mech. Eng. Dept., Changwon National Univ.), Y. B. Park\*(SSB Ind.),  
C. M. Lee (Changwon National Univ.)

#### ABSTRACT

In this paper, we developed an automated program for the design and machining of spiroid bevel gear. A computer program employing the theory of gearing between gear and pinion is developed to design gear mechanism. A new method for machining spiroid bevel gears is proposed, and effectviely used for an example.

**Key Words** : Spiroid bevel gear

#### 1. 서론

스피로이드 베벨 기어(Spiroid bevel gear) 감속기는 기술 발전으로 인해 소형의 고비율, 고강성, 고효율의 감속기의 필요성에 따라 요구되는 기술이다. 이용되는 분야는 산업기계, 공작기계, 제약 산업용 교반기, 제강, 시멘트, 시험측정기, 수술용 로봇, 운반용 컨베이어, 섬유공업, 기타 이루 해야할 수 없을 정도로 많은 분야에서 사용되고 있다. 스피로이드 베벨 기어 감속기는 기어와 피니언(Pinion)이 한 조로써 수심에서 수백의 감속비를 얻을 수 있으며 고강성, 진동, 소음, 고비율, 고효율을 얻을 수 있다. 또, 기어 상차는 기어, 피니언 축으로 이루어지므로 조립이 용이하며 또한 분해가 쉽고 많은 원가 절감을 할 수 있다. 스피로이드 베벨 기어는 모터(Motor)등의 동력원에 의한 일정한 회전 속도를 기어 박스에 입력시켜 기어와 피니언을 통해 회전 속도를 떨어뜨리도록 하는 감속기 및 그의 제조 방법을 사용하고 있다. 스피로이드 베벨 기어 감속기는 회전축으로부터 일정한 회전 반경을 가지며 그 측면에 원주 방향을 따라 다수개의 산과 골이 반복적으로 맞물림되어 회전 구동한다. 그리고, 기어부의 반경으로부터 기울기로 배치된 피니언부, 기어

부, 피니언부를 수용하는 본체 가공 방법을 특징으로 가공한다. 이에 따라, 단순한 구조로 효율적으로 소음, 진동 없이 감속하는 효과가 있다.

본 연구에서는 기어와 피니언의 이론을 바탕으로 스피로이드 베벨 기어를 설계할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하였고, 가공을 용이하게 할 수 있는 새로운 방법을 제안하였다.

#### 2. 설계

기어와 피니언은 산과 골이 잘 물리도록 설계되어 있으며, 산과 골이 축 방향을 향하여 점차적으로 경사각을 가지고 있고, 또한 피니언의 맞물림 면적이 크고 원활하게 하기 위해 축을 향하여 원호 형상으로 구성된다. Fig.1은 스피로이드 기어의 개략도이며, 설계에 필요한 중요 치수를 나타내었다. 기어와 피니언의 설계시 원뿔형 리드, 피니언의 이 높이를 구하면 설계가 가능하다. 피니언의 원뿔형의 리드  $L$ 은 식(1)과 같다.

$$L = \frac{2\pi R_G \cos \sigma_P}{m_G - (R_G/R_P) \sin \sigma_P \cos \phi_P}, \sin \phi_P = \frac{\tan \tau}{\tan \sigma_P} \quad (1)$$

여기서,  $m_G$ =Gear ratio,  $R_G$ =기어 피치 반지름,

$R_P$ =피니언 피치반지름,  $\sigma_P$ =sigma angle,

Fig.1에서 보는 바와 같이  $D_w$ 는 피니언의 이 높이를 말한다. 기어와 피니언이 맞물리기 때문에  $D_w$ 는 기어의 높이와도 같다.

$$D_w = \frac{0.6(L/N_p)\sec \tau}{[\sin \phi_1 / \cos(\phi_1 + \tau)] + [\sin \phi_2 / \cos(\phi_2 - \tau)]} \quad (2)$$

여기서,  $N_p$ =기어 잇수,  $\tau$ =피니언 Taper 각,

$\phi_1$ =기어의 낮은면 압력각,

$\phi_2$ =기어의 높은면 압력각

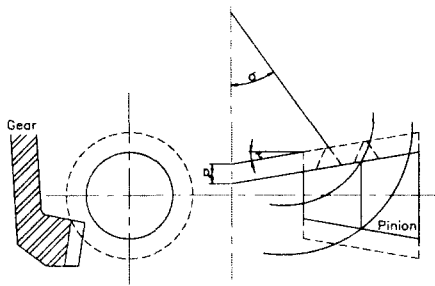


Fig.1 Schematic diagram of spiroid gearing

### 3. 가공

#### 3.1 기어 가공

본 연구에서는 CNC 선반 및 스톨터 M/C를 포함한 치절 가공기를 사용하여 공구의 우 방향 회전 각  $Q_R$ 과 좌 방향  $Q_L$  회전각을 계산하는 새로운 방법을 제안하여 기어를 가공하였다. 기어를 가공하기 위해서는 도면에 의한 공구의 반지름  $T_R$ 을 선정하고 비틀림 각 만큼 회전을 한다.

중간 계산치 용  $H_o$ 를 구하면 다음과 같다.

$$H_o = A_d - Y \quad (3)$$

여기서,  $A_d$  = 평균 원추 거리

이 공식에  $Y$ 는

$$Y = T_R \sin \theta \quad (4)$$

이 된다. 이때,  $\sin \theta$ 는 보통  $35^\circ$ 를 쓴다.

다음으로 중간치 계산용  $V_o$ 를 구한다. 이는 다음과 같다.

$$V_o = T_R \cos \theta \quad (5)$$

이 된다. 이때,  $\cos \theta$ 는 보통  $35^\circ$ 를 쓴다.

다음에는 편심 각  $S_o$ 를 구하는 식은 다음과 같다.

$$S_o = \frac{\sqrt{H_o + V_o^2}}{C_1} \quad (6)$$

여기서,  $C_1$  = 기계 정수

위 식은 나중엔 각(Angle)으로 환산되어 수치에 적용된다. 단, 이 식에서  $C_1$ 은 치절 가공하는 기계에 따라 갖는 고유 값이다.

편심 각을 구하고 나서 중간 계산용  $W$ 를 구하는 방법은 식(7)과 같다.

$$W = \frac{V_o}{H_o} \quad (7)$$

$W$ 의 계산식은 회전각도  $Q$ 를 구하는데 바로 이용되게 된다. 기어의  $Q$  회전 각도는 기어의 우 방향  $Q_R$ 과 좌 방향  $Q_L$ 을 계산해 주어야 된다.

$$Q_R = 270 + \frac{S_o}{2} + W \quad (8)$$

$$Q_L = 270 + \frac{S_o}{2} - W \quad (9)$$

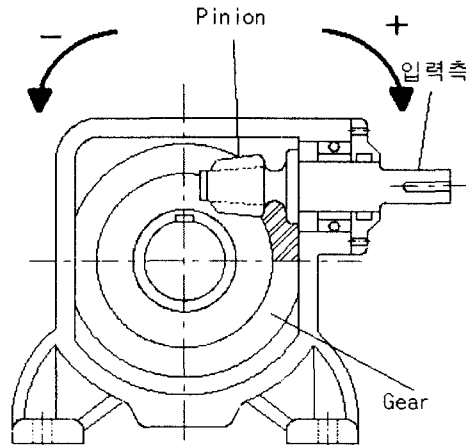


Fig.2 Angle of gear

#### 3.2 피니언 가공

피니언은 기어의 잇수가 하나이고 일반적인 나사 가공 원리를 이용하여 가공하였다. 피니언을 가공할 때는 리드각과 기어의 이 두께를 계산하여 가공을 한다.

##### 3.2.1 피니언의 리드각

피니언의 리드각  $\alpha_p$ 을 구하는 공식은 식(10)와

같다.

$$\tan \alpha_p = \frac{L_a \sec \gamma}{2\pi\gamma} \quad (10)$$

식(10)에 있는  $L_a$ 는 lead angle 로 식은 다음과 같다.

$$L_a = \pi P_d \tan \gamma \quad (11)$$

여기서,  $P_d$  = 피니언의 피치원 외경

식(12)의  $\gamma$ 은 진행각으로 식은 다음과 같다.

$$\gamma = \cos^{-1} \frac{N_G \cdot M}{P_d} \quad (12)$$

여기서,  $N_G$  = 기어 잇수,  $M$  = 모듈

### 3.2.2 피니언의 기어 이두께 계산

피니언의 기어 이두께 측정 계산식은 다음과 같다

$$\left( \frac{P_d}{2} + \sin \phi \frac{P_d}{2} + \frac{(\cos \phi \frac{P_d}{2} - \frac{P}{4})}{\tan \phi} \right) + 2R_G \quad (13)$$

여기서,  $P_d$  = 측정 핀 직경,  $P$  = 기어 피치,

$\phi$  = 압력각,  $R_G$  = 기어피치원반지름

### 3.3 소음 저감 기술

기존의 감속기 제작 방법은 미국에서 사용하는 야그마(AGMA) 식을 많이 사용하나 본 제품은 야그마 식을 사용하되 좌·우 압력각을 같게 하는 독일식 방법을 첨가하여 소음을 현저하게 줄일 수 있었다. Fig.3은 미국에서 사용하는 압력각 방법을 그림으로 나타낸 것이고, Fig.4는 독일에서 사용하는 압력각 방법을 나타낸 것이다.

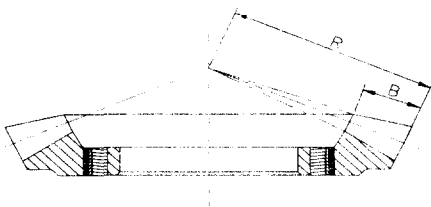


Fig.3 Method in U.S.A

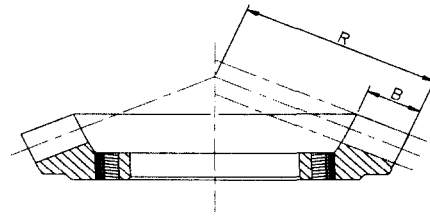


Fig.4 Method in Germany

## 4. 결과 및 토론

일반적으로 감속기는 기어 트레인(Gear train)구조로서 한 축으로부터 다른 축으로 운동을 전달하기 위하여 맞물려 있는 두 개 기어로 구성된다. 본 연구에서는 감속비 60 : 1 인 스피로이드 베벨 기어 감속기를 설계하고 가공하였다. 모델링에 사용된 언어는 Microsoft사의 Visual C++이며 3D 모델링을 위하여 OpenGL Library를 이용하였다. 스피로이드 기어의 입력 데이터는 Fig.5와 같다.

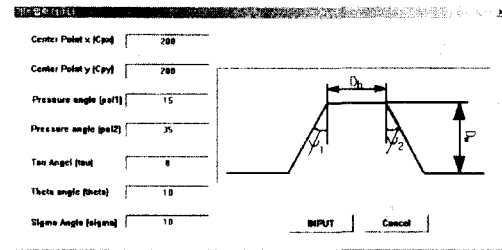


Fig.5 Input data of gear

Fig.5과 같이 데이터를 입력하고 스피로이드 기어를 모델링하면 Fig.6과 같다.

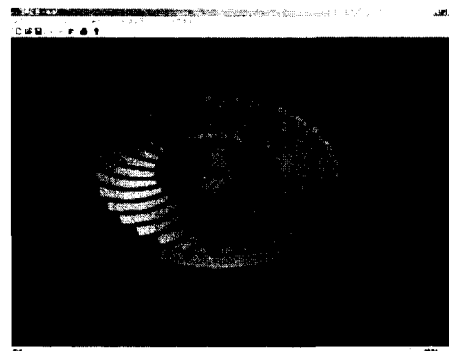


Fig.6 Modeling of gear

피니언 입력 데이터는 Fig.7과 같다.

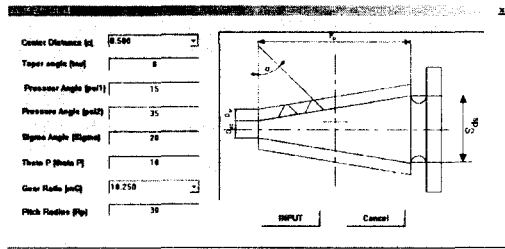


Fig.7 Input data of pinion

Fig.7과 같이 데이터를 입력하고 피니언을 모델링 하면 Fig.8와 같다.

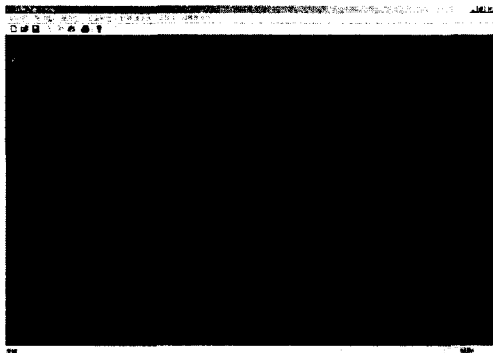


Fig.8 Modeling of pinion

위와 같이 모델링한 스피로이드 베벨 기어 감속기를 바탕으로 가공을 하면 Fig.9과 같다.

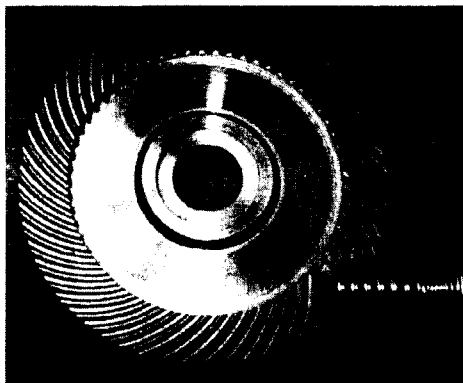


Fig.9 Spiroid bevel gear

## 5. 결론

본 연구에서 스피로이드 베벨 기어를 설계 할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하였고, 한 예제에 적용하여 가공하였으며, 연구 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 중요 입력 데이터만 입력하면 스피로이드 베벨 기어와 피니언을 설계할 수 있는 전산화 프로그램을 개발하였다.
2. 치절 가공기에서 공구의 좌·우 방향 회전 각을 계산하는 새로운 방법을 제안하여 손쉽게 기어를 가공 할 수 있었다.
3. 소음을 저감할 수 있는 방법을 제안하여 소음을 현저히 줄일 수 있었다.

## 후기

본 연구는 한국과학재단 지정 창원대학교 공작 기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

## 6. 참고문헌

1. Darle W. Dudley, " Gear Handbook", pp. 15~70, 1962.
2. Faydor L. Litvin, "Gear Geometry and Applied Theory", pp. 613~635, 1994.
3. Joseph Edward Shigley, Charles R. Mische, " Mechanical Engineerng Design", pp. 527~584, 1989.
4. Kenneth J.Waldron, Gary L. Kinzel, "Kinematics Dynamics and Design of Machinery", pp.463~492, 1999.
5. Seok-Won Lee, " Design of Crown and Tooth Contact Analysis for spiral Bevel Gears", pp.1~40, 1999.