

스피로이드 베벨 기어 감속기의 설계 자동화 및 가공 기술에 관한 연구

이춘만*, 류미라**

A Study on the Design Automation and Machining Technology of Spiroid Bevel Reduction Gear

Choon-Man Lee*, Mi-Ra Lyu**

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 spiroid bevel gear mechanism. A new method for machining spiroid bevel gears is proposed, and effectively used for two examples.

Key Words : Spiroid bevel gear(스피로이드 베벨 기어), Reduction gear(감속기), Gear design(기어설계), Gear machining(기어가공)

1. 서론

스피로이드 베벨 기어(Spiroid bevel gear) 감속기는 근래에 와서 소형 고성능 감속기의 필요성에 따라 그 수요가 점차 증대되고 있다. 이 감속기는 산업 기계, 공작 기계, 수술용 로봇, 운반용 콘베이어, 섬유 공업, 기타 많은 분야에서 사용되고 있으며, 기어와 피니언(Pinion)이 한 조로써 수심에서 수백의 감속비를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 고강성, 고비율, 고효율을 얻을 수 있는 큰 장점이 있다.

본 연구에서는 기어와 피니언의 이론을 바탕으로 스피로이드 베벨 기어를 설계할 수 있는 전산화 프로그램을 개발하고, 가공을 용이하게 할 수 있는 간편한 방법을 제안하여 설계와 가공에 드는 시간

과 비용을 줄이고자 한다.

2. 설계

베벨기어에 대한 연구는 Shin⁽¹⁾과 Lyu⁽²⁾ 등에 의해 수행된 바 있고 기어의 설계자동화에 관한 연구는 Cho⁽³⁾와 Shim⁽⁴⁾ 등에 의한 연구가 있다. 본 연구에서는 참고문헌^{(5)~(10)}의 내용을 근거로 스피로이드 베벨 기어 설계시 요구되는 다양한 변수를 분석하여 기어 치면 정의에 반드시 필요한 변수와 계산식의 유도에 사용되는 보조 변수를 구분하여 정립하였다. Fig. 1에는 스피로이드 베벨 기어의 전체 그림이고 설계에 필요한 중요 치수를 나타내었다. 여기서, 시그마 각(Sigma angle) σ 는 기어 중심에서 기어와 피니언의 첫 번째 접촉점까지의 각도를 나

1997 2001년 12월 31일 접수

* 창원대학교 기계설계공학과

** 창원대학교 기계설계공학과 대학원

3.1 기어 가공

기어 가공시에는 글리슨(Gleason)사의 스파이럴 제너레이터(Spiral generator)라는 치절 가공기에서 스프레드 블레이드(Spread blade) 치절삭법을 사용하였다. 이때, 기어 치형을 한 개씩 가공하는 방법인 페이스 밀링(Face milling) 방식을 사용하였고, 스프레드 블레이드 치절삭법에서 편심각과 크레들각의 공식만을 이용하여 기어를 가공하는 간편한 방법을 제안하였다.

Fig. 4는 편심각과 크레들 각을 구하는 계산에 쓰이는 변수를 나타낸 그림이고, 편심각 S_0 는 식(5)와 같이 구할 수 있다.

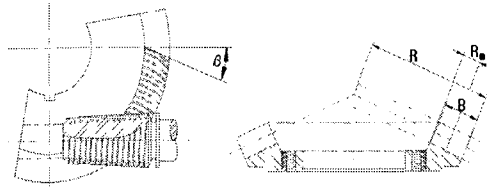


Fig. 4 Drawing of the gear

$$S_0 = \frac{\sqrt{(R_m - T_R \sin \beta)^2 + (T_R \cos \beta)^2}}{C_1} \quad (5)$$

여기서, R_m = 평균 원추 거리, T_R = 공구 반경 β = 비틀림 각, C_1 = 기계 정수이다.

우방향 크레들각 Q_R 과 좌방향 크레들각 Q_L 은 식(6)과 (7)과 같이 구할 수 있다.

$$Q_R = 360 + \frac{T_R \cos \beta}{R_m - T_R \sin \beta} \quad (6)$$

$$Q_L = 360 - \frac{T_R \cos \beta}{R_m - T_R \sin \beta} \quad (7)$$

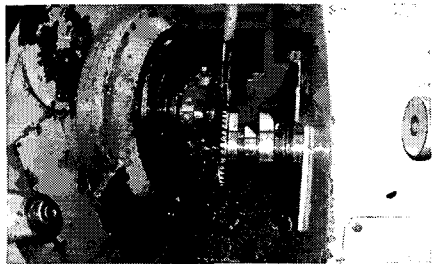


Fig. 5 Gleason spiral generator machine

계산에서 구한 편심각과 크레들각을 Fig. 5의 치절 가공기에 입력하여 가공하였다.

3.2 피니언 가공

피니언은 보통 현장에서 전용 가공기를 사용하나 본 연구에서는 일반적인 나사 가공 원리를 이용한 간편한 방법을 제안하여 CNC 선반 및 슬로터 (Slotter) M/C에서 가공하였다.

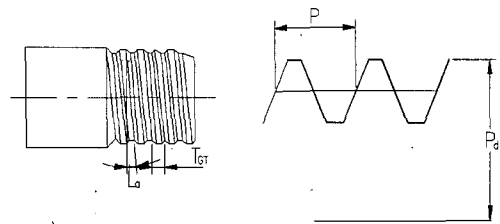


Fig. 6 Drawing of the pinion

Fig. 6은 피니언 가공에 필요한 리드각과 기어 이두께 계산에 필요한 변수를 나타낸 그림으로, 리드각 L_a 는 식(8)과 같이 구할 수 있다.

$$L_a = \pi P_d \tan \gamma \quad (8)$$

여기서, P_d = 피니언의 피치원 외경, γ = 진행 각이다. 또, 기어 이 두께 T_{GT} 계산은 식(9)와 같다.

$$T_{GT} = \left(\frac{P_d}{2} + \sin \phi \frac{P_d}{2} + \frac{(\cos \phi \frac{P_d}{2} - \frac{P}{4})}{\tan \phi} \right) + 2R_G \quad (9)$$

여기서, P = 기어 피치, ϕ = 압력각, R_G = 기어 피치원 반지름이다.

식(8)과 (9)의 계산 결과를 CNC 선반에 입력하여 피니언을 가공하는 과정을 Fig. 7에 나타내었다.

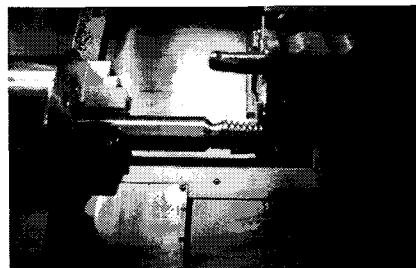


Fig. 7 Machining of the pinion

4. 결과 및 토론

본 연구 내용을 바탕으로 중요 입력 데이터만 입력하면 스피로이드 베벨 기어와 피니언을 설계할 수 있는 전산화 프로그램을 개발하였다. 사용된 언어는 Microsoft사의 Visual C++이며 3D 모델링을 위하여 OpenGL Library를 이용하였다. 본 연구에서는 개발된 프로그램을 이용하여 제시된 설계의 정확성과 개발된 프로그램의 유용성을 검증하기 위해 두가지 예제에 적용해 보았다. 첫 번째 예제에 대한 설계 조건은 Table 1과 같다.

Table1 Design parameters (example1)

parameters	value
Center Distance	3.75 in.
No. of Gear tooth	60
No. of Pinion tooth	7
Taper Angle	5°
Sigma Angle	40°
Pressure Angle Lo	15°
Pressure Angle Hi	35°
Gear to Pinion pitch radius ratio	4.15

Fig. 8에는 개발된 프로그램의 데이터 입력창에서 Table 1의 데이터를 입력하는 과정을 보여주고 있다. Fig. 9에는 입력된 데이터에 의해 설계된 기어를 3차원 그래픽으로 보여주고 있다.

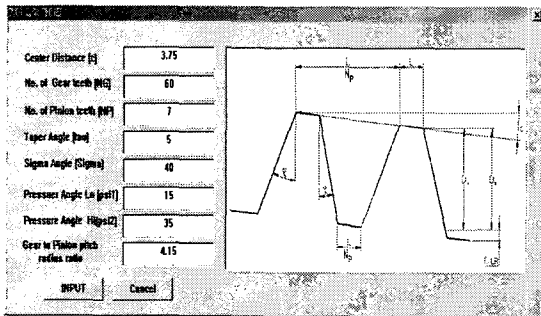


Fig. 8 Input data for a gear (example1)

Fig. 10에는 입력된 데이터에 의해 설계된 피니언을 3차원 그래픽으로 보여주고 있다.

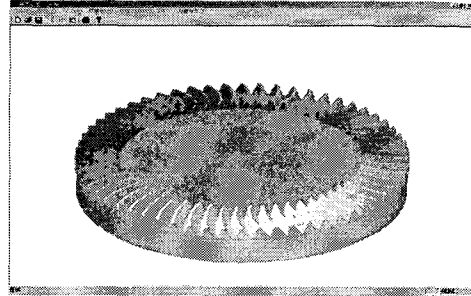


Fig. 9 Modeling of the gear (example1)

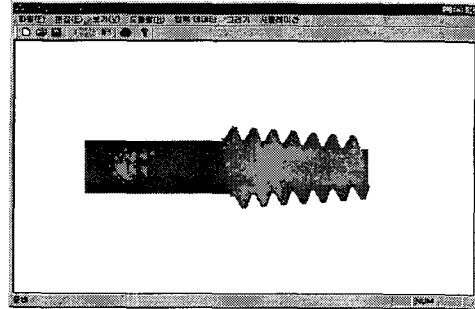


Fig. 10 Modeling of the pinion (example1)

Fig. 9와 Fig. 10에 그려진 기어 형상과 피니언 형상을 결합시키면 Fig. 11과 같이 된다.

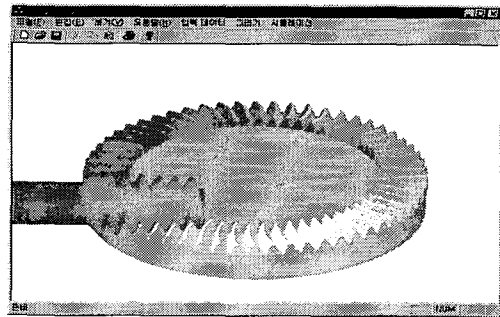


Fig. 11 Assembled view (example1)

결합된 기어와 피니언 형상을 Fig. 12에서와 같이 기어의 회전 방향과 피니언의 회전 방향에 따라 시뮬레이션 하여 실제 동작을 확인 할 수 있도록 하였다.

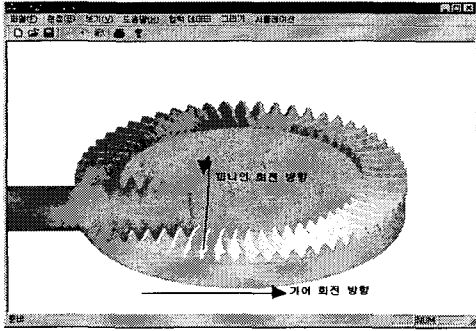


Fig. 12 Simulation view (example1)

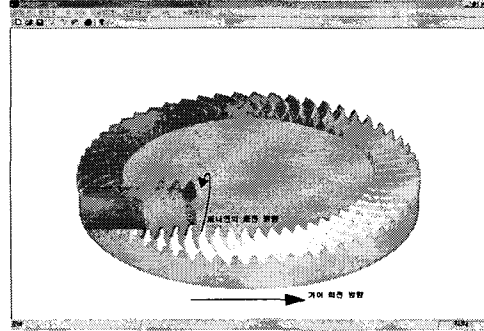


Fig. 14 Simulation view (example2)

설계가 모두 끝나면 Fig. 13에서와 같이 공구의 반지름만 입력하면 스피로이드 베벨 기어를 가공하는데 필요한 데이터를 계산하는 과정을 보여준다.

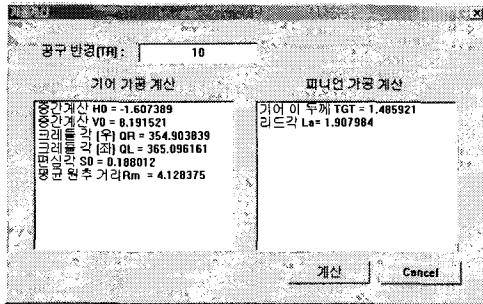


Fig. 13 Calculation for machining (example1)

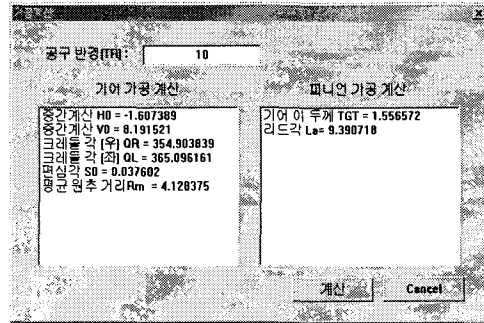


Fig. 15 Calculation for machining (example2)

두 번째 예제에서는 기어의 잇수를 59개, 피니언의 잇수를 4개로 해보았다. 첫 번째 예제와 동일한 방법으로 형상 조건을 입력하여 기어와 피니언을 설계하고 결합시켜 시뮬레이션을 하면 Fig. 14와 같다.

공구의 반지름을 10 inch로 하여 Fig. 15에서 같이 가공 데이터를 얻을 수 있게 된다.

2가지 예제 중 첫 번째 예제에 대해 기어는 클리슨사의 스파이럴 제너레이터라는 치절 가공기를 사용하여 스프레드 블레이드 치절삭법으로 가공하고, 피니언은 한 줄 나사 가공 원리를 이용하여 CNC 선반 및 슬로터 M/C에서 가공한 결과가 Fig. 16에 나와있다.

일반적으로 기어와 피니언은 가공 후에 가공 상

태의 확인을 위해서 치합 시험기에서 시험운전을 하게 된다. Fig. 17의 치합 시험기에서 치합 상태를 시험한 결과 본 연구에서 제안한 방법으로 가공한 기어와 현장에서 기존 방법으로 가공한 기어가 모두 치합 상태가 양호했으며, 소음 진동 수준도 매우 양호한 결과를 얻었다. 이로서 제안된 방법의 효율성을 확인하였다.

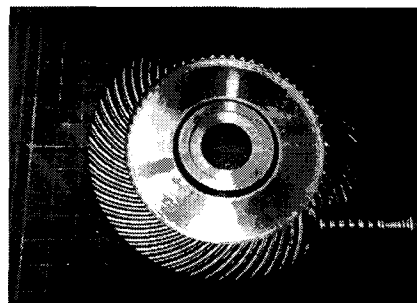


Fig. 16 Machined gear and pinion

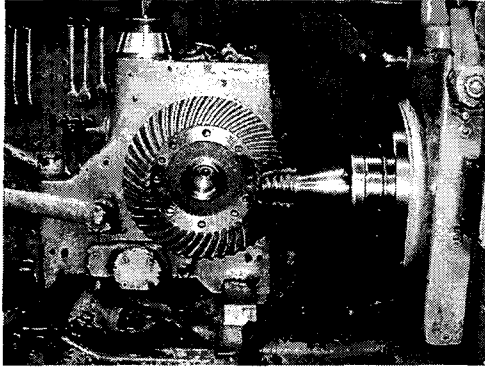


Fig. 17 Teeth contact tester

5. 결론

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

1. 중요 입력 데이터만 입력하면 스피로이드 베벨 기어와 피니언을 설계할 수 있는 전산화 프로그램을 개발하여 설계 시간을 효과적으로 단축시켰고, 시뮬레이션을 통하여 기어와 피니언의 치합상태를 확인할 수 있도록 하였다.

2. 스피로이드 제너레이터 치절 가공기에서 스프레드 블레이드 방법으로 편심각과 크레들각을 이용하여 가공하는 간편한 방법을 제안하였다.

3. 피니언 가공시 한 줄 나사 가공 방법을 사용하는 간편한 방법을 제안하여 일반 CNC 선반 및 슬로터 M/C에서도 가공할 수 있도록 하였다.

4. 기존의 방법으로 가공한 스피로이드 베벨 기어감속기와 본 연구에서 제안한 방법으로 가공한 감속기를 치합 시험기에서 비교한 결과 치합 상태가 모두 양호하여 제안된 방법의 효율성을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 신귀수, 이기형, 채희창, 정인성, "스파이럴 베벨 기어의 전동오차 해석에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제9권 제4호, pp. 78-89, 1992.
2. 류성기, 신귀수, "직선베벨기어의 동특성해석에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제12권, 제12호, pp. 157-164, 1995.
3. 조해용, 김성청, 송중천, 최종용, "기어의 자동설계 시스템 개발에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제13권, 제5호, pp. 95-103, 1996.
4. 심재용, 광재섭, 송지복, "자동차 트랜스미션용 헬리컬 기어의 최적 설계 프로그램 개발," 한국정밀공학회지, 제17권, 제11호, pp. 88-93, 2000.
5. Woodrow D. Nelson, "Spiroid gearing," ASME, pp. 2-8, 1957.
6. Darle W. Dudley, "Gear handbook," McGraw-hill book company, 1962.
7. Woodrow D. Nelson, "Spiroid gearing part1-basic design practices," Machine design, march. 216, pp. 136-151, 1962.
8. Woodrow D. Nelson, "Spiroid gearing part2 -durability, strength, and efficiency," Machine design, march. 2, pp. 93-100, 1962.
9. Huang Changhua. Wen Shizhu. Huang Ping., "Multilevel solution of the elastohydrodynamic lubrication of concentrated contacts in spiroid gears," Vol. 115, pp. 481-486, 1993.
10. V. Abadjiev and D. Petrova, "Testing of the kinematic conjugation of the flanks active surface of gear-pairs of type spiroid," Mech. Mach. Theory, Vol. 32, pp. 343-348, 1997.