

기어 와이어 컷 가공시 가공오차에 대한 역설계 적용

한민식*(동아대 대학원 기계공학과), 김민주, 김진남, 박정보(삼척대 기계공학과),
전언찬(동아대 기계공학과)

Application of Reverse Engineering for Manufacturing Errors at Manufacturing Gear using W-EDM

M. S. Han(Mech. Eng. Dept., DAU), M. J. Kim, J. N. Kim, J. B. Park(Mech. Eng., SNU),
E. C. Jeon(Mech. Eng., DAU)

ABSTRACT

Gear is an important machine element to be used transmission in case short between axis. We drew gear using automatic design program to solve problem when it draw gear. We manufactured gears that it have different pressure angles using W-EDM. And we got a 2D profile of manufactured gear using reverse engineering. So we got to manufacturing error in comparison with CAD data and measured data. In result we could manufacture precise gear through improvement of manufacturing processes.

Key Words : Gear(기어), Involute curve(인벌류트 커브), Automatic design program(자동설계프로그램), Manufacturing error(가공 오차), Reverse engineering(역설계), W-EDM(Wire electric discharge machining, 와이어 컷 방전가공)

1. 서론

기어는 축간 거리가 짧은 경우 동력전달장치로 사용되는 주요 기계요소이다. 최근에는 소비자의 요구에 맞추어 제품이 소형화, 정밀화되는 추세이다. 이러한 요구를 만족하기 위해 소형으로서 큰 힘의 전달이 가능한 기어전동의 중요성이 부각되고 있다.

기어를 설계하기 위해 다양한 모델러가 사용되고 있지만 여전히 모델링 시간의 과다 및 전문 설계인력의 부재등의 문제점을 안고 있다. 이를 해결하기 위한 방안으로 모델러 별로 다양한 방법을 제시하고 있다. 그중 하나가 ADS(Automatic design system)로서 이것은 설계에 필요한 몇 가지 요소를 DCL 창에 입력받아 2차원 및 3차원 모델을 생성하는 것이다. 일반적으로 ADS는 AutoCAD 또는 MDT 기반의 VisuaLISP이 주로 사용된다^(1,2).

기어의 경우 일반적으로 KS 또는 ISO 규격에 맞게 설계를 하고 가공을 하여 사용한다. 따라서 기어의 가공에 있어서도 규격화된 경우가 많다. 흔히 사용되는 기어 가공법은 절삭가공법으로 이는 크게 정

형법과 창성법으로 나눌 수 있다.

그러나 이러한 절삭가공법은 규격화되어 있는 기어 설계에 한정되어 있다는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 방전가공법 및 용단가공법등을 이용하여 기어를 제작하기도 한다.

따라서 본 연구에서는 선행 연구에 의해 개발된 기어 자동설계프로그램을 수정하여 규격화되지 않은 다양한 압력각을 가지는 스피어 기어를 설계하고 이렇게 설계된 기어를 와이어 컷 방법을 이용하여 기어를 제작하고자 한다. 또한 가공된 기어에 대해 역설계를 이용하여 측정 데이터를 획득하고 CAD 데이터와 측정 데이터를 비교하여 가공오차를 확인하고자 한다.

2. 기어 자동설계프로그램

3차원 스피어기어 자동설계프로그램은 AutoCAD 기반의 VisuaLISP을 사용하여 개발하였다. 본 프로그램은 사용자가 입력한 데이터를 기초로 하여 수학적 방법으로 인벌류트 커브 및 트로코이드 필렛 곡선을

생성하여 기어를 설계할 수 있도록 프로그래밍되었다. 사용자가 기어 설계치를 입력하고 'OK' 버튼을 클릭한 후 모델링까지 걸리는 시간은 10초 이내로서 기어 자동설계프로그램은 짧은 시간에 3차원 형상을 구현해 낼 수 있는 장점을 가지고 있다.

Fig. 1은 기어 재원을 입력받을 수 있는 대화입력창(DCL)을 나타내고 있다. 스퍼기어의 3차원 모델링에 필요한 요소는 압력각, 모듈, 백래쉬, 클리어런스, 기어 두께, 중심 축의 크기 및 키 홈의 규격등이다. 기어 설계에 필요한 모든 값들은 사용자의 설계 치수에 맞게 직접 입력할 수 있다.

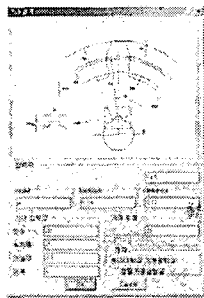


Fig. 1 Dialog box of spur gear

3. 기어 가공

일반적으로 규격화되어 있는 기어의 경우에는 절삭가공법을 통해 가공이 이루어지지만 규격화되어 있지 않은 기어의 경우에는 압력각별로 공구가 준비되어 있지 않은 경우가 대부분이므로 절삭가공법을 통한 가공은 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 절삭가공법을 배제하고 압력각별로 설계된 스퍼기어를 방전가공법을 이용하여 가공하였다.

Fig. 2는 압력각별로 설계된 기어 프로파일을 나타내고 있다. 본 연구에서는 모듈이 4이고 잇수가 20인 기어를 설계하였다. 또한 압력각은 14.5° 와 15°에서 25° 까지 1° 씩 증가시키며 설계를 하여 총 12종의 스퍼기어를 가공하였다.

(a) 14.5° (b) 17°

(c) 22° (d) 25°

Fig. 2 Profile of spur gear for other pressure angle

본 연구에서 기어 가공에 사용된 와이어 컷 방전가공(Wire electric discharge machining, W-EDM)은 가는 와이어(보통 ϕ 0.05 ~ 0.24 mm)를 전극으로 하여, 와이어와 가공물 사이에 방전이 일어날 때 발생하는 방전에너지로서 가공물을 가공하는 것이다. 또한 가공물과 전극의 상대 운동에 의해 실용적으로 2차원 윤곽 가공을 하게 된다. Fig. 3은 와이어 컷 방전가공의 원리를 나타내고 있다¹³⁾.

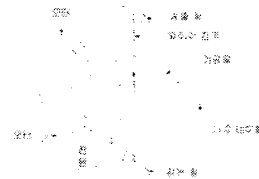


Fig. 3 Principle of W-EDM

Fig. 4는 본 연구에서 사용된 와이어 방전가공기를 나타내고 있으며 Table 1은 가공기의 사양을 나타내고 있다.

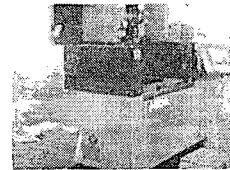


Fig. 4 Manufacturing machine to process gear (W-EDM, AQ750L)

Table 1 Specifications of the W-EDM

Maximum dimension of manufactured parts(W×D×H)	1050×750×400mm
Feed length (X×Y×Z)	750×500×400mm
Maximum weight of manufactured parts	1500kg
Dimension of machine (W×D×H)	2050×2650×2295mm
Weight of machine	5000kg
Diameter of wire electrode	ϕ 0.15 ~ ϕ 0.3

Fig. 5는 압력각 별로 가공된 기어의 실제 형상을 나타내고 있다.

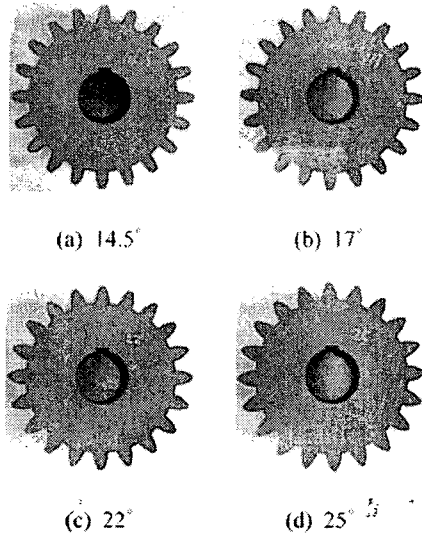


Fig. 5 Manufactured spur gear for other pressure angle

4. 가공 오차

4.1 기어 역설계

가공된 기어를 검증하기 위하여 기어를 역설계하고 역설계된 프로파일과 CAD 프로파일을 비교하여 보았다.

Fig. 6은 본 실험에 사용된 역설계 장비를 나타내고 있다. 본 장비는 레이저 거리 측정 센서와 X, Y축의 LM 가이드를 이용하여 3차원 형상의 점 데이터를 수집할 수 있다. 정확한 데이터의 획득을 위해 측정물은 빛의 반사율이 높은 흰색 계통의 도료를 사용하여 도색을 실시하였다.

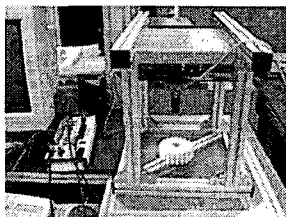


Fig. 6 Equipment for reverse engineering

획득된 데이터는 역설계 프로그램을 이용하여 쿨터링을 하여 3차원 시피스(surface) 형상을 구하고 이를 통해 기어 2차원 프로파일을 획득하였다. 여기서 3차원 형상이 아닌 2차원 프로파일을 비교하는 이유는 오차를 최소화하기 위해서이다. 광학식 측정장비

의 특성상 모서리 부위가 둥글게 측정되는 경향이 있으므로 3차원이 아닌 2차원적인 비교를 실시하게 되었다. Fig. 7은 각각 실제 기어와 측정된 기어의 형상을 비교한 것이다.

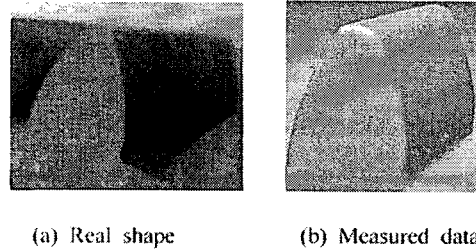


Fig. 7 Comparing real shape and measured data

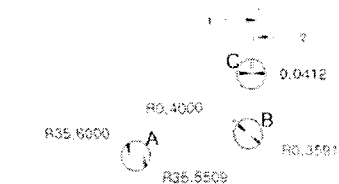
4.2 가공오차

역설계를 통해 획득한 2차원 프로파일과 CAD 데이터를 비교하여 가공오차를 살펴보고자 한다. 본 실험에서는 ISO 기준 중 하나인 압력각 25°인 기어를 측정하여 비교하였다.

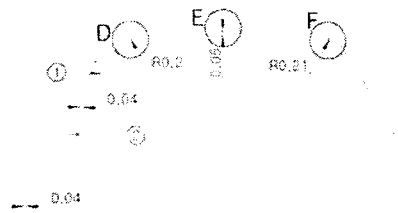
Fig. 8은 CAD 데이터(①)와 측정데이터(②)를 나타낸 것이다. 전체적으로 측정데이터가 CAD 데이터보다 작은 형상을 가지고 있다. 이러한 현상은 와이어 진폭 offset 양의 설정이 잘못되어 발생한 것으로 판단된다.

Fig. 8(a)는 기어 치저원 부분을 비교한 것이다. A 지점은 기어 이뿌리 부분이고, B지점은 트로코이드 펠렛 곡선부이며, C부분은 인벌류트 곡선 부이다. A, B 그리고 C 지점을 비교해보면 직선 부위 보다는 곡선 부위에서 주로 오차가 많이 발생하고 있다. 이것은 방진가공 특성상 부위별 이송속도에 따라 금속이 녹는 양이 틀려짐에 따른 오차로 생각된다. 일반적으로 대상을 가공할 때 직선 이송보다는 곡선 이송일 때 정밀도를 향상시키기 위해 이송 속도를 작게 하는 경향이 있다.

Fig. 8(b)는 기어 치선원 부분의 오차를 나타내고 있다. 인벌류트 곡선부에서는 거의 균일하게 오차가 나고 있음을 알 수 있다. D와 F 부분에서는 실제 형상과 다르게 곡면이 나타나고 있다. 이것은 광학식 측정장비에서 나타나는 측정오차로 판단된다.



(a) Error at dedendum circle part



(b) Error at addendum circle part

Fig. 8 Comparing error between CAD data and measured data

따라서 위의 결과를 바탕으로 가공 정밀도를 높이기 위해서 가공시 와이어 전극의 offset양과 곡선부의 이송 속도를 재조정하여 압력각 25° 인 기어를 재가공하여 보았다.

Table 2는 보정전과 후의 결과값을 비교한 것이다. 와이어 전극의 offset양과 이송 속도의 조정에 의해 전체적으로 설계치에 근사한 값을 보여주고 있다. 그러나 측정 오차로 생각되는 D와 F 지점의 경우는 거의 변화가 없는 것을 확인할 수 있다.

Table 2 comparison before and after compensation

Position	Before	After
A	35.5509 mm	35.58 mm
B	0.3591 mm	0.374 mm
C	0.0412 mm	0.01 mm
D	0.2 mm	0.22 mm
E	0.05 mm	0.015 mm
F	0.21 mm	0.19 mm

5. 결론

본 연구에서는 스피기어 자동설계프로그램을 이용하여 압력각별 스피기어를 설계하고 이를 가공하여 가공오차를 측정하여 보았다.

이를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 사용자 목적에 맞게 압력각별(14.5° ~ 25°) 스피기어를 설계할 수 있는 방법을 제시하였다.

(2) 각각의 압력각에 따른 스피기어를 W-EDM을 이용하여 가공하였다.

(3) 가공된 기어를 역설계를 이용하여 측정 데이터를 획득하였다. 이 데이터를 기초로하여 기어의 2차원 측정 데이터를 얻을 수 있었다.

(4) 스피기어 CAD 데이터와 측정 데이터의 비교를 통해 가공 오차 및 측정 오차를 확인하였다.

(5) 가공 오차의 원인을 분석하고 가공상의 공정을 개선하여 CAD 데이터와 거의 일치하는 기어를

가공할 수 있었다.

(6) 기어의 설계, 가공 및 검증을 통해 보다 정밀한 제품을 얻을 수 있는 방법을 제시하였다.

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kim, Y. N., and Lee, S. S., "Development of Automatic Design Program for Measuring Master Gear using VisualLISP", Preceeding of the Korean Society of Machine Tool Engineers, Fall Congerence, pp. 169-174, 2000.
2. Cho, K. Z., and Kim, J. S., " A Study on the Development of the Gear Design Program by using Auto_Lisp", Preceeding of the Korean Society of Machine Tool Engineers, Fall Congerence, pp. 422-427, 2000.
3. Lee, S. S., Kim, M. J., Kim, T. H., and Jeon, E. C., "A Study on the 3-Dimensional Modeling of Spur Gear Using VisualLISP". Korean Society of Machine Tool Engineers, Vol. 13, No. 1, pp. 48-54, 2004.
4. 이정구, "정밀가공학", 기전연구소, pp. 436-438, 2003.