

수학적 알고리즘에 기초한 스퍼기어 및 헬리컬 기어 모델링에 관한 연구

김태호*, 이승수, 김민주(동아대 대학원 기계공학과), 전언찬(동아대 기계공학과)

A Study on the Modeling of Spur and Helical Gear based on Mathematical Algorithm

T. H. Kim*, S. S. Lee, M. J. Kim(Graduate School, Mech. Eng. Dept. graduate school, Dong_a),
E. C. Jeon(Mech. Eng. Dept. Dong_a)

ABSTRACT

In this study, we develop automatic design program, which create 3D model of spur gear and helical gear used VisualLISP and create helical gear in the CATIA using 2D profile of gear. This model become the standard model, which give not only in itself mold information but also compare processed product with measuring date. Spur gear require mathematical examination of involute curve and trochoidal fillet curve. Automatic design program, which have a mathematical development, create the profile of spur gear.

Key Words : Helical gear(헬리컬 기어), Spur gear(스퍼기어), Automatic design program(자동설계 프로그램)

1. 서 론

기어는 동력전달의 한 방법으로서 큰 힘을 정확한 속도비로 전달할 수 있어 비교적 축간 거리가 작은 두 축사이의 동력전달에 널리 사용되고 있다. 최근에는 소비자의 요구에 맞추어 제품이 소형화, 정밀화되는 추세에 있으며, 이러한 과정에서 소형으로서 큰 힘의 전달이 가능한 기어전동이 보다 중요한 동력전달 수단이 되고 있다.

기어를 설계하는 데 있어서 모듈(module), 압력각(pressure angle), 백래쉬 및 클리어런스 등이 필요하며, 그 외에 인벌류트 커브나 트로코이드 필렛커브 등의 계산이 이루어져야 한다. 따라서 이는 전문가가 아닌 일반인들로서는 접근성이 떨어진다.

그리고 최근에는 기어를 설계함에 있어서 최적형상을 찾기 위한 유한요소해석의 적용이 상용적으로 이루어진다. 따라서 해석에 사용되는 유한요소모델의 구성이 다양하고, 신속하게 이루어질 필요성이 제기되고 있다.

지금까지 기어를 설계함에 있어 2차원적인 프로파일을 생성하는 연구는 다양하게 진행되어 왔다.^{1,2,3)}

하지만 대화식 프로그램을 통해 3차원 모델을 지원 하는 연구는 전무하다.

따라서 본 연구에서는 학교 및 산업 현장에 널리 퍼져있는 AutoCAD에서 쉽게 프로그래밍하고, 사용할 수 있으며, 대화식 프로그램 형태를 지닌 자동설계 프로그램을 개발하고자 한다. 그리고 이를 통해 3차원 스퍼기어나 헬리컬 기어를 모델링함으로써 실질적인 유한요소모델을 제공하고, 실제 접촉을 통하지 않으면서 컴퓨터 상에서 기어를 시험할 수 있는 알고리즘을 제시하고자 한다.

2. 자동설계 프로그램의 개발

사용자의 입력값에 따라 자동적으로 3차원 모델링하는 프로그램을 개발하기 위하여 본 연구에서는 AutoCAD상의 개발 프로그램인 VisualLISP을 사용하였다. 그리고 자동설계 프로그램을 개발하기 위해 다음과 같은 순서로 작업을 진행하였다. 먼저 자동설계할 대상물체를 선정하고, ISO나 JIS, KS등을 참

조하여 대상물체의 규격을 결정한다. 그리고 입력창(DCL)을 구성하는 프로그램을 작성한다. 이 때 입력창의 상단에 대상물체를 슬라이드 파일로 만들어 생성될 요소의 형태를 사용자에게 미리 보여준다. 다음으로 입력창을 주 프로그램에 링크시키고, 생성될 요소의 모델링 방법을 결정한 후 이를 프로그래밍한다. 자동설계 프로그램에서 가장 중요한 부분이 이 모델링 방법의 결정으로 새로운 모델을 생성시킴에 있어서 항상 새로운 수학적·기하학적 알고리즘을 적용하여야 하며, 프로그래머의 경험치가 상당히 중요하다.

Fig. 1에 기하학적인 점들의 위치좌표를 수학적으로 계산하는 예를 나타내었다. 원통 위에 키를 설계하고자 할 때 키의 크기는 규격집에 근거하여 정하여야진다. 하지만 시작점의 위치나 모델링에 사용되는 좌표점들의 기하학적 위치 데이터는 주어지지 않는다. 따라서 좌표점들의 기하학적 위치 데이터를 수학적 개념인 사인과 코사인으로 변환하여 초기에 어떠한 값이 입력되더라도 연동하여 그 크기 및 기하학적 좌표값이 변화할 수 있도록 하는 수식을 정립할 수 있다. 이와 같은 전반적인 과정을 확인하고, 입력창에 치수 및 모델의 규격을 입력한 후 모델이 생성되는 과정 전체를 확인한다.

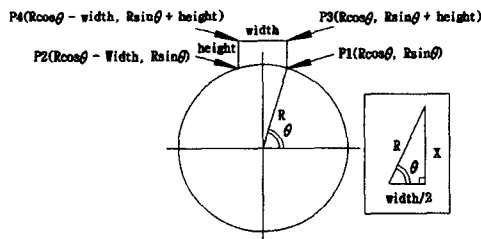
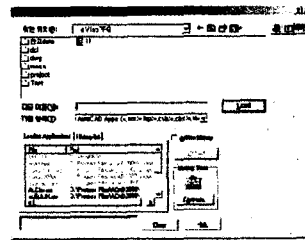
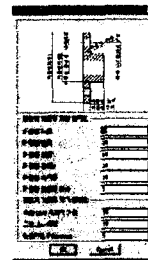


Fig. 1 Mathematical Transformation of positional coordinate

생성된 자동설계 프로그램을 사용하기 위한 과정을 Fig. 2에 나타내었다. 자동설계 프로그램을 사용하기 위해서는 AutoCAD 프로그램을 실행시킨후 **apload** 명령을 사용하여 작성된 프로그램을 로딩한다. Fig. 2의 a)에 **apload** 명령을 수행하면 생성되는 활성창을 나타내고 있다. 자동설계 프로그램의 로딩 후 예를 들어 플랜지 커플링(**flange coupling**) 자동설계 프로그램의 경우 **fcoupling**을 입력하면 DCL창이 나타난다. Fig. 2의 b)에 활성화된 플랜지 커플링의 DCL창을 나타내었다. 여기에 사용자의 요구대로 치수 및 규격을 입력하고 OK버튼을 클릭하면 Fig. 2의 c)와 같은 3차원 솔리드 모델을 얻을 수 있다. 이와 같은 일련의 과정에 요구되는 시간은 매우 짧으며, 채 1분을 넘지 않는다.



a) Active window for apload command



b) Active DCL window for flange coupling



c) 3D solid model for ADS

Fig. 2 Method of Behaviour for automatic design program

3. 스퍼기어 자동설계 프로그램

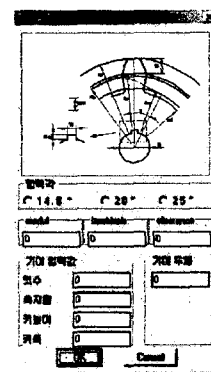


Fig. 3 Dialog box of spur gear

스퍼기어를 구성하는 인벌류트 곡선 및 트로코이드 필렛 곡선을 수학적으로 풀이하여 그 알고리즘을 자동설계 프로그램의 모델링 부분에 이식하였다. 그리고 자동설계 프로그램은 CAD기반의 프로그램 언어인 VisualLISP을 사용하여 작성하였으며 Fig. 3에 대화형 입력창을 나타내었다.

대화상자에서 보는 바와 같이 스퍼기어의 3차원 모델링에 필요한 요소들은 다음과 같다.

- 1) 압력각
- 2) 모듈(치의 크기)
- 3) 백래쉬
- 4) 클리어런스
- 5) 이의 두께
- 6) 중심 축의 크기 및 키 홈의 규격
- 7) 톨의 제원

사용자가 입력한 데이터를 토대로 모델링 되며, 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

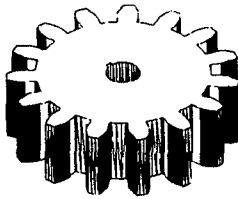


Fig. 4 Modeling of Spur gear using VisualLISP

4. CATIA에서 스퍼기어 프로파일을 이용한 헬리컬기어 모델링

자동설계 프로그램을 이용하기 위해서는 모델링 방법에 대한 해박한 지식이 필요하다. 스퍼기어에 이은 헬리컬 기어를 생성하기 위하여 CATIA를 사용하는 것은 헬리컬 기어에 사용되는 공간상의 궤적을 AutoCAD상에서 생성할 수 없기 때문이다.

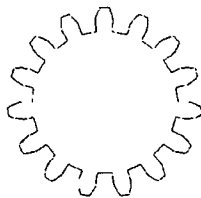


Fig. 5 Profile of spur gear

AutoCAD상에서 생성된 스퍼기어를 Section명령을 사용하여 프로파일을 생성한다. 생성된 프로파일을 Fig. 5에 나타내었다.

이를 -.Dxf 파일형태로 저장한 후 CATIA에서 열린 Fig. 6에서 보는 것과 같이 drawing화면이 나타난다.

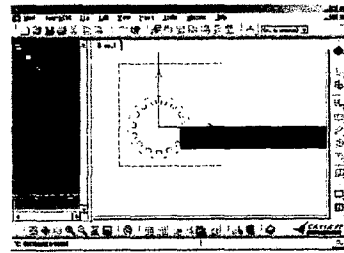


Fig. 6 Drawing window of Gear profile

기어 프로 파일을 드래그하여 선택한 다음 Ctrl+C(복사하기)하고, 이를 Fig. 7에서 보는 것과 같이 Part 도면상태에 Ctrl+V(붙여넣기)하여 복사한다.

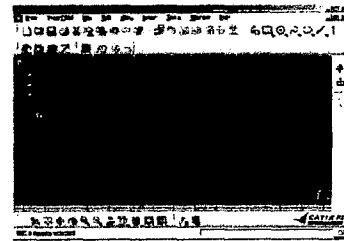


Fig. 7 Copy on the part design window

그리고 들출면에서 또다른 프로파일을 만들기 위한 Pad명령을 사용한 후 Project 3D Elements명령을 사용하여 또 하나의 프로파일을 만든다. 이를 Fig. 8에 나타내었다.

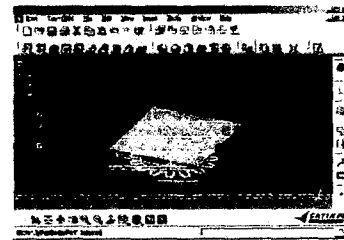


Fig. 8 Window using project 3D elements command

상면에 있는 프로파일(Sketch 3)을 선택한 다음 Rotate명령을 사용하여 15° 만큼 회전시킨다. 그리고

기준이 되는 사각박스를 이동시키고 Wire-frame and Surface Design을 호출한다.

Fig. 9와 같이 Loft 명령을 실행시켜 두 개의 프로파일(Sketch 1, Sketch 3)을 선택한다. 그리고 약간의 시간 경과 후 Fig. 10과 같은 서페이스 모델이 생성된다. 다음으로 다시 Part Design을 선택해서 생성된 면의 안쪽을 채워서 솔리드 모델을 생성한다. Fig. 11에 그 결과를 나타내었다.

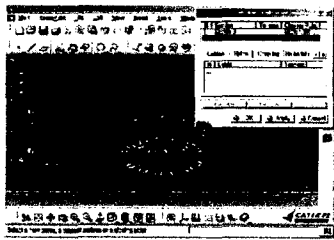


Fig. 9 Window using loft command

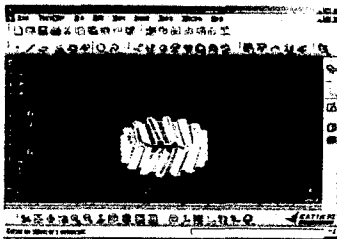


Fig. 10 Completed surface model

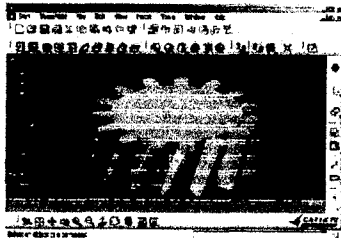


Fig. 11 Completed solid model

5. 스퍼기어 및 헬리컬 기어 모델의 활용법

본 연구에서 제작된 스퍼기어나 헬리컬 기어 모델은 이론식에 의하여 완전한 형태로 제작되었다.

기계공학적 지식만 지닌 사용자라면 누구나 쉽게 스퍼기어와 헬리컬 기어를 제작할 수 있으며, 유한 요소해석의 모델로도 제공된다. 그리고 실제 가공된

스퍼기어나 헬리컬 기어를 비 접촉식 레이저 스캐너나 기어 마이크로미터로 측정하고, 이를 이용한 기어 모델을 만들어 본 연구에서 완성된 모델과 컴퓨터 상에서 간섭을 체크할 수 있다. Fig. 12에 컴퓨터 상에서 기어 모델을 시험할 수 있는 알고리즘을 나타내었다.

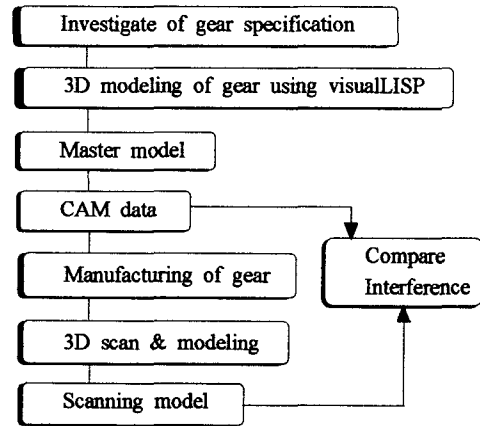


Fig. 12 Algorithm of inspection for gear model

6. 결론

본 연구에서 개발한 기어 자동설계 프로그램으로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 대화형 프로그램을 통해 일반 사용자의 접근성을 높였다.
- 2) 스퍼기어 및 헬리컬 기어를 3차원 자동설계하는 프로그램을 개발하였다.
- 3) 3차원 기어모델과 실제가공된 기어의 3차원 기하학적 스캔모델을 비교하여 그 간섭을 체크하는 알고리즘을 제시하였다.

참고문헌

- 1) 김영남, 이성수, "Visual-LISP을 이용한 마스터기어 자동설계 프로그램 개발", 한국공작기계학회 추계학술대회 논문집, pp.169-174, 2000
- 2) 조종규, 김종석, "Auto-LISP을 이용한 기어설계 프로그램 개발에 관한 연구", 한국공작기계학회 추계학술대회 논문집, pp.422-427, 2000
- 3) M. S. Tavakoli and D. R. Houser, "Optimum Profile Modifications for the Minimization of Static Transmission Errors of Spur Gears", Journal of Mechanism in Design, MARCH, Vol. 108, pp. 86-95, 1986