

원통 치차와 호브의 3차원 형상 자동 생성에 관한 연구

정 태 형* · 하 영 욱**

(1999년 11월 29일 접수)

A Study on Automatic Generation for 3-Dimensional Geometry of Cylindrical Gear and Hob

Tae Hyong Chong and Young Wook Ha

Key Words: Gear(치차), Cylindrical Gear(원통 치차), Hob(호브), Automatic Geometry Generation (자동형상설계), Design Parameter(설계 변수), Solid Model(솔리드 모델)

Abstract

When designing a gear, designers determine basic dimensions of a gear with transmitted power considering strength, interference and so on. But, designers can not easily obtain the tooth profile generated by dimensions as well as the geometry of generating hob for cutting the tooth profile. In order to resolve these problems, an automatic design system creating not only the solid model of a gear but also that of the generating hob using the design parameters of dimensions is developed. Through the developed system, designers can improve the efficiency of design and satisfy the variable requirements of design as well. In this research, the three-dimensional solid models for spur and helical gears are generated considering the design parameters. Besides, those for generating hob regarding the design parameters of hob is created automatically. The system is developed by using Visual Basic and its three-dimensional geometric modeling module is constructed by using SolidWorks.

기호설명		
s_d	: 피치원상의 현이두께	[mm]
m_n	: 치직각 모듈	[mm]
x	: 전위계수	
a_n	: 치직각 압력각	[deg]
β	: 비틀림각	[deg]
r_b	: 기초원 반경	[mm]
r_d	: 피치원 반경	[mm]
r_t	: 필릿 반경	[mm]
θ_t	: 필릿 벡터각	[deg]
c	: 이뿌리틈새	[mm]
h_{fp}	: 기어 디텐덤	[mm]

ρ_{fp}	: 공구선단 둥글기반경	[mm]
L	: 리드	[mm]
b_1	: 치폭	[mm]

1. 서론

치차 치형으로 사용되는 곡선은 크게 인벌류트 곡선과 트로코이드 곡선으로 이루어져 있다. 이러한 곡선으로 이루어진 치차의 치형을 구하는 식에 관하여 많은 연구^(1~3)가 있으나, 식들이 복잡하여 설계자나 제작자가 현장에서 직접 적용하기가 용이하지 않으며, 또한 설계자가 기본 제원 설계 단계에서 설계 변수들에 대한 제원을 결정하게 된다. 그러나 치차에 대한 전문 지식이 없으면 설계된 제원으로 치차와 호브의 치형 데이터를 구하기가 쉽지 않으며, 설계 제원으로부터 치차와 호브의 3차원 형상 데이터를 만드는 과정은 숙련된 CAD 사용자만이 생성할 수 있는 어려

* 회원, 한양대학교 기계공학과

E-mail : thchong@email.hanyang.ac.kr

TEL : (02)2290-0458 FAX : (02)2296-4799

** 한양대학교 대학원 기계설계학과

운 점들이 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 설계의 비효율성을 개선하고, 설계 능력을 향상시키기 위해 원통치차(스퍼·헬리컬 치차)와 이들의 절삭 공구인 호브의 3차원 형상을 설계 제원만으로 자동 생성시키는 시스템을 개발하고자 한다.

2. 인벌류트 치차의 치형 설계

2.1 인벌류트 곡선부의 치형 설계

인벌류트 곡선부의 치형 계산은 설계 제원을 이용하여 인벌류트의 시작점인 기초원과 끝점인 이끝원을 구하고, 반지름을 기초원에서 이끝원까지 변화시키면서 이두께와 이(tooth)의 기준선이 임의의 반지름과 이루는 각으로 치형의 좌표를 구했다. 이 절삭시 공구와 기어 블랭크의 위치는 표준 스퍼 기어의 경우 공구의 기준 피치선과 치차의 피치원이 만나며, 전위치차는 공구의 기준 피치선에서 전위량 만큼 떨어진 위치에서 피치원이 만나게 된다. 치차를 전위시켜 가공할 때에 치절삭 피치원에서의 이두께 s_p 는 식 (1)과 같이 계산된다(Fig. 1의(b)).

$$s_p = \frac{\pi m_n}{2} + 2x m_n \tan \alpha_n \quad (1)$$

또한, 인벌류트 곡선이 시작되는 점A(Fig. 1의(a))와 임의 반경 r 이 이루는 각 θ 는 식 (2)로 계산된다.

$$\theta = \sqrt{(r^2 - r_b^2)/r_b} - \tan^{-1}(\sqrt{r^2 - r_b^2}/r_b) \quad (2)$$

Fig. 1은 인벌류트 곡선의 생성과 좌표설정을 보인 것으로 임의 반경 r 에서의 좌표는 식 (3)이 된다.

$$\begin{cases} x = -r \sin \theta' \\ y = r \cos \theta' \end{cases} \quad (3)$$

여기서, $\theta' = s/2r = (s_p/2r_p) + inv\alpha_p - inv\alpha$ 으로 치형의 임의 반경 r 에 대한 각을 나타낸다. 또한, s 와 α 는 각각 인벌류트 곡선상의 임의 점에서 이두께와 압력각을 나타내며, 첨자 p 는 피치점에

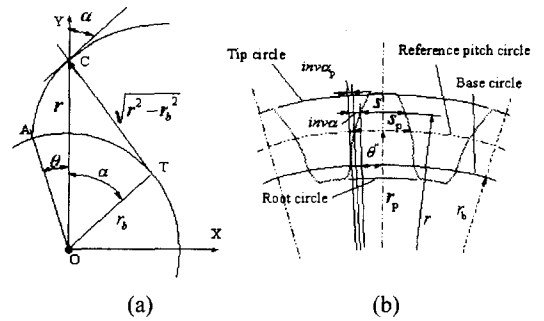


Fig. 1 Generation of involute part of tooth profile

서의 값을 나타낸다.

본 연구에서는 인벌류트 곡선 부분을 피치점을 기준으로 두 부분으로 나누어서 등간격으로 20개씩 총 40개의 점을 설정하여 좌표값을 계산하였다.

2.2 필릿 곡선부의 치형 설계

이의 이뿌리 부분은 공구의 선단부에 의해서 필릿 곡선 형상으로 가공된다.^(4,5) Fig. 2는 날카로운 이끝을 가진 랙 공구와 필릿 곡선의 관계를 나타낸 것으로 필릿 곡선상의 임의 반경 r_t 의 길이를 인벌류트 곡선이 끝난 점에서 이뿌리 원과 만나는 점까지 변화시키면서 θ_t 를 구하고, r_t 와 θ_t 의 관계를 이용하여 필릿 부분 치형의 좌표를 계산한다. 이의 중심축을 기준으로 계산한 필릿의 좌표는 식 (4)와 같다.

$$\begin{cases} x_t = r_t \sin \theta_t'' \\ y_t = r_t \cos \theta_t'' \end{cases} \quad (4)$$

여기서, $\theta_t'' = \theta' - \theta_t$ 이고, θ' 는 이의 중심축과 필릿의 중심축과 이루는 각이다. 또한, θ_t 는 필릿 곡선의 중심축과 임의점에서의 필릿 반경 r_t 가 이루는 각으로 식 (5)와 같이 계산된다.

$$\theta_t = \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{r_t^2 - (r-b)^2}}{(r-b)} \right] - \frac{\sqrt{r_t^2 - (r-b)^2}}{(r-b)} \quad (5)$$

여기서, b 는 호브의 피치선에서 공구 선단까지의 거리를 나타낸다.

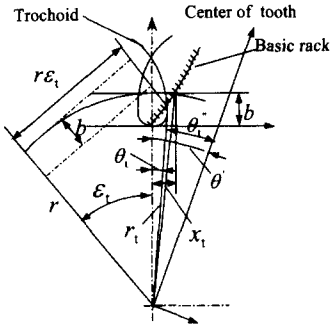


Fig. 2 Fillet form generated by sharp corner of rack type cutter

Fig. 2에서 ϵ_t 는 기어의 회전각이며, x_t 는 피치점에서 래크 공구 선단까지의 거리를 나타낸다. 공구 선단부에 둥글기가 있는 경우의 필릿 곡선의 좌표는 날끝이 날카로운 경우의 필릿 곡선 좌표 계산에 이용한 r_t 에 r_f , θ_t 에 θ_f 를 대입하여 계산하면 공구 선단부의 둥글기를 고려한 필릿 곡선이 된다. r_f 와 θ_f 는 각각 공구의 날끝이 둥글기가 있을 때의 필릿 반경과 필릿 벡터각을 나타낸다. 이 때 r_f 와 θ_f 는 식 (6)이 된다.

$$\left. \begin{aligned} r_f &= \sqrt{r_t^2 + \rho_{fp}^2 - 2\rho_{fp}r_t \sin \psi_t} \\ \theta_f &= \theta_t + \cos^{-1}[(r_t - \rho_{fp} \sin \psi_t)/r_f] \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

여기서, ψ_t 는 필릿의 접선과 반경 벡터 사이의 각으로 식 (7)과 같다.

$$\psi_t = \tan^{-1} \frac{r_t d\theta_t}{dr_t} = \frac{r(r-b) - r_t^2}{r\sqrt{r_t^2 - (r-b)^2}} \quad (7)$$

2.3 3가지 유형의 가공 호브 형상 설계

호브의 가공 시뮬레이션을 위해서는 기어의 설계 재원으로 피치원 지름을 계산하고 호브의 생성 기준 좌표를 설정한다. 피치원과 호브의 y축과 만나는 점을 원점으로 하여 호브 프로파일을 생성한다. 호브의 유형에는 날끝이 날카로운 래크, 부분적으로 둥글게 되어 있는 래크, 완전히 둥글게 되어 있는 래크의 3가지 유형으로 한다. Fig. 3~Fig. 5는 호브의 3가지 유형에 따른 설계 변수들과 위치 관계를 나타낸다.^(6,7)

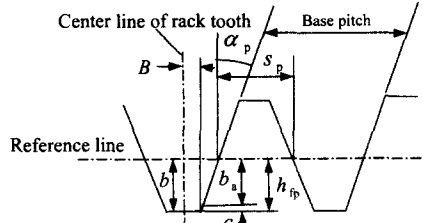


Fig. 3 Hob with sharp corner

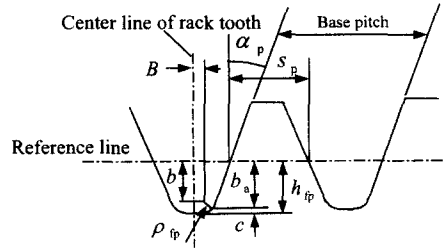


Fig. 4 Hob with rounded corner

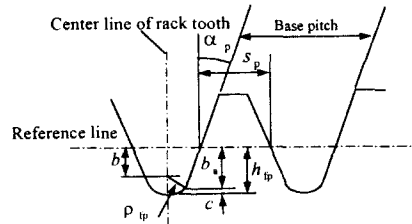


Fig. 5 Hob with full-rounded corner

Fig. 3에서

$$\left. \begin{aligned} c &= h_{fp} - b_a \\ \rho_{fp} &= 0 \\ b &= h_{fp} \\ B &= \frac{s_p}{2} - b \tan \alpha_p \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Fig. 4에서

$$\left. \begin{aligned} c &= h_{fp} - b_a = \rho_{fp}(1 - \sin \alpha_p) \\ \rho_{fp} &= \frac{h_{fp} - b_a}{1 - \sin \alpha_p} \\ b &= h_{fp} - \rho_{fp} \\ B &= \frac{s_p}{2} - (b \tan \alpha_p + \frac{\rho_{fp}}{\cos \alpha_p}) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Fig. 5에서

$$\left. \begin{aligned} h_{fp} &= b + \rho_{fp} \\ \rho_{fp} &= \frac{(s_p/2) - b_a \tan \alpha_p}{\cos \alpha_p} \\ b &= b_a - \rho_{fp} \sin \alpha_p \\ B &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

치형은 공구와의 상대 운동으로 생성되기 때문에 공구의 형상이 3가지 유형 중 하나로 결정되면 호브의 랙 형상으로 기어의 형상을 유추하기 위해서는 호빙 시뮬레이션을 수행해야 한다. 공구의 모듈, 압력각, 이뿌리틈새 및 공구 선단의 동글기 반경을 결정하면 호브형 공구와 치차 블랭크의 상대 운동을 시뮬레이션할 수 있다. Fig. 6에서 r_p 를 피치원 반경이라 하고, 피치원상의 P점을 좌표의 원점, P점을 통과하는 원의 접선 방향과 법선 방향을 각각 x 축, y 축으로 선정한 다. 호브의 치절삭 피치선과 치면과의 교점 S'가 P점과 일치하고, 호브의 피치선도 x 축에 일치하도록 설정한다. 다음으로 호브 피치선이 치절삭 피치원과 접촉할 때부터 θ 만큼 운동하면, 호브의 피치점 S'는 Fig. 6의 S점에 오게 된다. S점의 궤적은 피치원 반경의 인벌류트 곡선이 된다. S점의 좌표를 (x, y) 라 하면 식 (11)로 나타낼 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} x &= \overline{OR}\sin\theta - \overline{SR}\cos\theta \\ &= r_p\sin\theta - r_p\theta\cos\theta \\ &= r_p\cos\theta(\tan\theta - \theta) \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} y &= \overline{OR}\cos\theta + \overline{SR}\sin\theta - \overline{PO} \\ &= r_p\cos\theta + r_p\theta\sin\theta - r_p \\ &= r_p(\cos\theta + \theta\sin\theta - 1) \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

식 (11)로 구한 좌표를 일정 간격으로 좌표 변환⁽⁸⁾을 수행하면 호빙 시뮬레이션을 할 수 있다.

3. 파라메트릭 모델링을 이용한 3차원 형상 생성

파라메트릭 모델링의 장점은 설계 변수들을 기하학적으로 파라메트릭화하여 모델링의 변수로 설정하면 기계요소 설계시 빠른 설계 및 설계 변경을 수행할 수 있다. 본 연구에서는 인벌류트

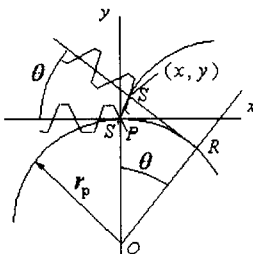


Fig. 6 Status of rack profile and gear blank

곡선으로 이루어진 치차인 스퍼 기어, 헬리컬 기어와 이를 가공할 수 있는 호브에 대한 치형 좌표를 비주얼 베이직 프로그램을 이용하여 계산하였고, 파라미터들을 모델러인 SolidWorks의 API와 연결하여 3차원 모델을 자동으로 생성하였다.

3.1 인벌류트 치형 치차의 3차원 형상 생성

본 연구에서는 피치점을 기준으로 두 부분으로 나눈 인벌류트 부분, 필릿 부분, 이뿌리 부분의 네 영역에 대하여 좌표를 생성하였다. 기존의 방법⁽²⁾으로는 불연속 점이 존재하기 때문에 하나의 곡선식으로 표시할 수 없고, 치형을 무수히 많은 직선으로 형성하여 솔리드 모델을 생성하면 데이터 용량이 커지기 때문에 치형을 하나의 곡선으로 근사화하여 나타낼 필요가 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 치형을 하나의 B-스플라인 곡선을 이용하여 나타내었으며, 점의 개수를 각 구간마다 20개로 하여 모두 80개로 구성하였다. 치형 데이터와 파라미터를 이용한 3차원 모델 생성과정은 Fig. 7과 같다.

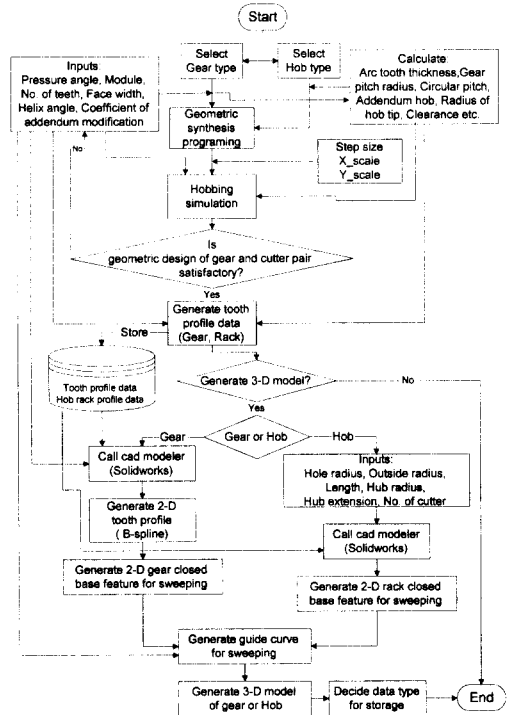
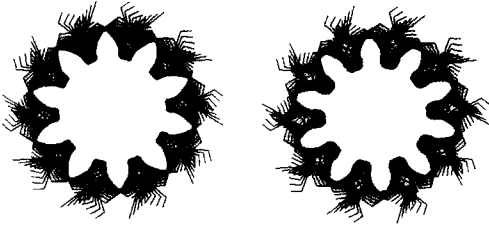


Fig. 7 Process for the generation of 3-D models of gear and hob



(a) $\alpha = 20^\circ, z = 10, x = 0$ (b) $\alpha = 20^\circ, z = 10, x = 0.7$
Fig. 8 Simulation of hobbing process for the profiles of gear

Fig. 7은 원통치차의 유형과 호브의 유형을 선정하고 설계 제원을 입력하면, 호브 시뮬레이션을 통해 치형을 설계자가 관찰하고 기어와 랙의 치형을 순차적 방식에 의해 계산을 하여 3차원 모델러로 데이터를 전송하여 모델을 생성 시켜주는 과정을 나타낸 것이다. 설계시 입력받는 설계 제원은 모듈, 압력각, 잇수, 전위계수, 치폭, 비틀림각이고, 이것과 관련되어 정해지는 제원들은 피치, 기초원 반경, 피치원 반경, 이끝원 반경, 리드, 어덴텀, 디텐텀, 총이높이 등으로 이들은 기하학적 치차 형상에 영향을 미치는 파라미터들이다. 3차원 형상을 생성하기 전에 이의 간섭(undercut)을 프로그램 상에서 수식적으로 검사하고 2차원 평면상에서 랙의 프로파일을 피치원을 기준으로 위치시킨 후 회전각의 스텝(step) 크기를 결정하여 호빙 시뮬레이션을 수행하면 치형을 확인할 수 있다.

Fig. 8에서 (a)는 압력각 20° , 잇수 10, 전위 계수 0인 경우이고, (b)는 전위계수가 0.7인 경우로 랙 공구의 가공 시뮬레이션을 통하여 형성된 치형이 설계자의 의도에 맞게 형성되어 있으면 치형의 좌표를 계산한다. SolidWorks를 비주얼 베이직 프로그램 상에서 호출하여 임의의 기준 평면상에 치형 좌표 점을 생성하고 이 점들을 하나의 B-스플라인으로 연결하도록 하였다. 치형을 B-스플라인으로 근사화하면 치형상의 계산된 80개의 좌표점들을 모두 오차 없이 통과하지만 점이 없는 부분에서는 오차가 발생한다. 이 오차량을 모듈 2, 잇수 20, 압력각 20° 인 치차에 대해서 측정해 보면 Fig. 9와 같이 피치점 부근에서 $0.0094 \mu\text{m}$ 가 발생한다. 치차 가공시 오차량이 JIS 및 KS

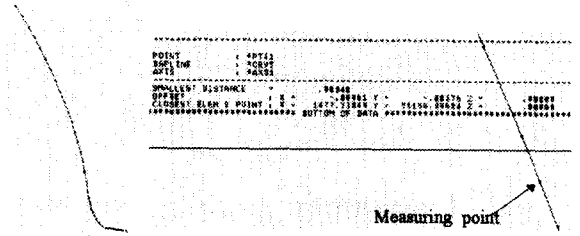


Fig. 9 Error estimation of B-spline curve for the profiles of gear ($m=2, \alpha=20^\circ, z=20, x=0$)

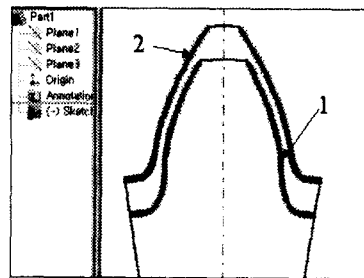


Fig. 10 Tooth profile for sweep

규격^(11,12) 0급에서 $2 \mu\text{m}$ 임을 감안할 때 치형을 하나의 B-스플라인으로 생성해도 무방하다.

SolidWorks에서 치형좌표를 읽어들이는 사용자 인터페이스를 통해 치형좌표 데이터 파일을 불러들일 수 있다. 치형 기본 피치(feature)는 반드시 폐곡선으로 이루어져 있어야 솔리드 형상을 만들 수 있다. 폐곡선의 생성은 Fig. 10과 같다. Fig. 10에서 1은 전위계수가 0인 경우이며, 2는 전위계수가 0.5인 경우를 나타낸다.

다음으로 스윙 함수를 이용하기 위해 치폭을 파라미터로 선정하여 리드 L 을 식 (12)와 같이 구한다.

$$L = \frac{2 \times \pi \times r_b}{\tan \beta_b} \quad (12)$$

여기서, β_b 는 기초원상의 비틀림각이다. 식 (12)의 리드와 피치의 높이 즉, 치폭을 파라미터로 하여 2차원 치형을 스윙 안내선으로 설정하여 헬리컬 기어를 생성한다. Fig. 11과 같이 하나의 이에 대한 기본 피치가 형성되면 잇수 만큼, 중심축을 기준으로 극좌표 배열에 의한 복사 기능을 수행하는 함수에 잇수와 하나의 이 각도, 중심축의 좌표, 배열 회전 방향을 설정해 주면 3차원 형상의 치차를 생성할 수 있다.

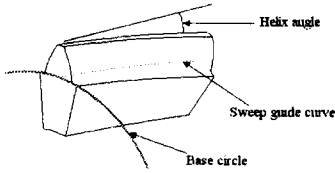


Fig. 11 3-dimensional geometry of one tooth for the profiles of gear

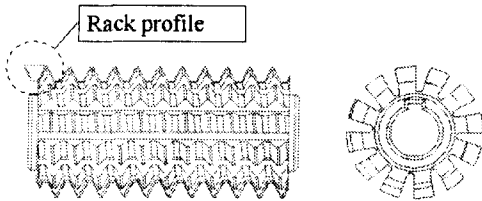


Fig. 12 Generation of hob by rack for the gear

3.2 인벌류트 치형 치차 호브의 3차원 형상 생성 호브를 형성하는 랙의 형태는 3가지로 랙의 날 끝이 날카로운 것, 부분적으로 둥글게 되어 있는 것, 완전히 둥글게 되어 있는 것으로 분류할 수 있는데, 설계 제원으로부터 랙의 어텐덤, 디텐덤, 피치가 결정되고, 이뿌리 틈새를 주변 랙의 2차원 형상이 결정된다. 생성 과정은 절삭시 칩을 배출할 수 있는 통로를 형성하기 위한 밀링 작업의 형상을 도시하여야 하며, 치차 형상의 생성처럼 기준 피치를 형성시키고 이를 극좌표 배열을 이용하여 날 수 만큼 회전을 시켜야한다. 호브의 3차원 형상을 결정하는 파라미터로는 기초원 반경, 리드, 피치, 호브 길이, 커터 날수, 허브 여유량, 허브 반경, 홀 반경, 호브 외경 등이 있다. 허브 끝에 랙 형상을 위치시키고 랙의 피치선을 기준으로 랙 프로파일을 스융 곡선을 따라 불리언(Boolean)을 수행하면 실제 가공 방법과 동일하게 형상이 형성된다. 스융 곡선의 기준원은 치차의 피치원과 만나는 점에 위치시켜야 하며, 스융 곡선의 헬릭스는 치차의 피치와 같은 리드를 가져야 된다.^(9,10) 이를 Fig. 12에 도시한다.

4. 설계 결과 및 고찰

4.1 인벌류트 치형 치차의 3차원 형상

인벌류트 치형 치차는 전위 스퍼 기어와 전위 헬리컬 기어에 대해 치차의 3차원 형상을 자동 생성하였다. 스퍼 기어와 헬리컬 기어의 결과, 스

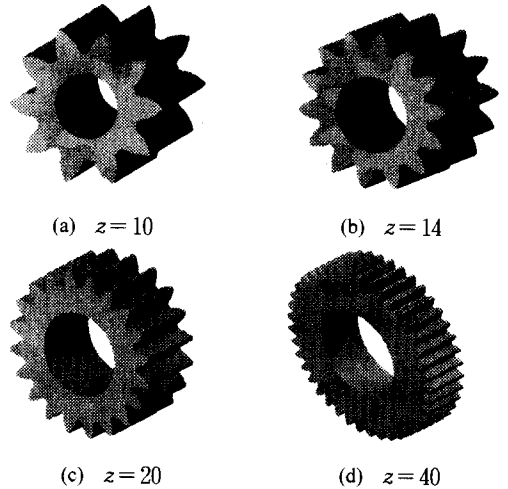


Fig. 13 Geometry of spur gear by changing number of teeth ($m_n=2, \alpha_n=20^\circ, b_1=20, x=0$)

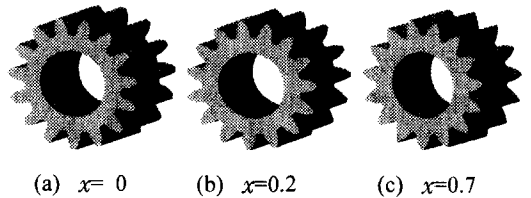
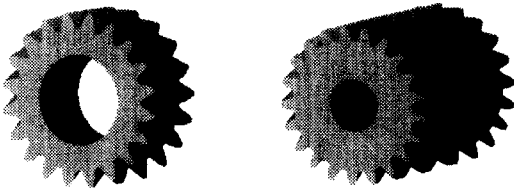


Fig. 14 Geometry of spur gear by changing coefficient of addendum modification ($m_n=2, \alpha_n=20^\circ, b_1=20, z=15$)

퍼 기어를 형성하기 위한 API 함수로는 원, 스플라인, 트림, 헬릭스 곡선, 스융 등이 있다. 잇수를 변화시키며 형성한 3차원 결과는 Fig. 13과 같다. Fig. 13은 모듈 2, 압력각 20° , 치폭 20mm일 때 잇수를 10, 14, 20, 40으로 증가시키며 3차원 형상을 생성시킨 결과를 보여준다.

다음으로 설계 제원이 모듈 2, 압력각 20° , 치폭 20mm, 잇수 15일 때 전위계수를 변화시키며 형상을 생성시키면 Fig. 14와 같이 된다. 전위 계수를 증가(+)시킴으로써 이뿌리 부분의 이두께가 증가하고, 이끝 부분의 이두께는 감소함을 가시화를 통해 알 수 있고, 또한 전위를 시키지 않으면 간섭이 발생되지만 전위계수를 0.2로 하여 전위시키면 간섭을 피할 수 있다는 것도 시뮬레이션을 통하여 알 수 있다. 다음으로 헬리컬 기어의 형상 결과를 살펴보면 Fig. 15와 같다.



(a) $m_n=2, b_1=20, z=20, x=0.3$ (b) $m_n=2.5, b_1=62, z=21, x=0$

Fig. 15 Geometry of helical gear by changing dimension ($\alpha_n=20^\circ, \beta=25^\circ$)

Table 1 Design value of helical gear using in elevator (unit:mm)

Gear No.	1	2	3	4
Gear type	Helical gear	Helical gear	Helical gear	Helical gear
Reference section	Normal	Normal	Normal	Normal
Module	2.5	2.5	3.5	3.5
Pressure angle	20°	20°	20°	20°
No. of teeth	21	122	21	92
Helix angle	25°	25°	25°	25°
Face width	62	40	70	60
Dia. of pitch circle	57.927	336.53	81.098	355.288
Dia. of base circle	53.755	312.288	75.256	329.694
Coefficient of addendum modification	0	0.78	1.75	-0.935

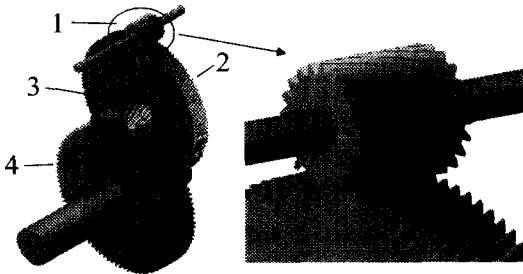
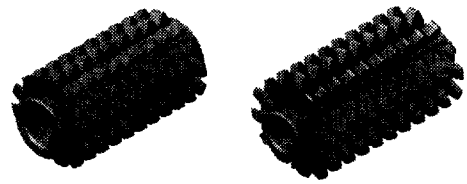


Fig. 16 Assembly of 2-stage gear drive

Fig. 15(a)는 제원이 모듈 2, 압력각 20°, 치폭 20mm, 잇수 20, 비틀림각 25°, 전위계수 0.3이고, Fig. 15(b)는 모듈 2.5, 압력각 20°, 치폭 62mm, 잇수 21, 비틀림각 25°, 전위계수 0일 때의 3차원 형상이다.

실제 사용되고 있는 설계 제원으로 3차원 형상 생성이 가능한지를 검증하기 위하여 엘리베이터에 사용되는 치차의 제원과 조립 결과를 나타낸 것이 Table 1와 Fig. 16이다.

엘리베이터 치차 장치는 헬리컬 치차를 가진 2단 치차 장치로, 1번과 3번 치차는 오른 나사 방



(a) Hob with sharp corner (b) Hob with rounded corner

$$D_o=37.5, D_i=14, D_h=24 \quad D_o=37.5, D_i=10, D_h=20$$

Fig. 17 Geometry of hob in case of two type

$$(m_n=2, \alpha_n=20^\circ, z=20)$$

향으로 비틀림이 형성되어 있고, 2번과 4번 치차는 왼 나사 방향으로 되어 있다. 잇수가 많을수록 3차원 형상 생성 시간이 길어지는 데 1, 3번 치차의 생성 시간은 20초 정도이며, 2, 4번 치차의 모델 생성 시간은 약 2분 정도 소요된다.

4.2 인벌류트 치형 가공 호브의 3차원 형상

인벌류트 치형을 가공하기 위한 호브의 3차원 형상에 영향을 주는 설계 변수로는 압력각, 잇수, 모듈, 랙의 날끝 유형 등이며, 스퍼나 헬리컬과 같은 치차의 유형에는 형상이 변하지 않는다.

설계 제원과 호브의 유형이 결정되면 랙 치형과 원통 부재와의 불리언(Boolean) 과정을 통하여 호브 형상을 생성할 수 있다.⁽¹³⁾ Fig. 17은 날끝이 날카로운 호브와 날끝이 둥근 호브의 경우로 설계 제원은 모듈 2, 압력각 20°, 치폭 20mm, 잇수 20이며, (a)는 호브 제원이 외경 37.5mm, 허브경 24mm, 내경 14mm, 길이 70mm, 피치 6.183mm, 날수 12이며, (b)는 외경 37.5mm, 허브경 20mm, 내경 10mm, 길이 70mm, 피치 6.183mm, 날수 12일 때 호브의 3차원 형상을 나타낸 것이다.

위와 같은 치차와 호브의 3차원 모델의 사용용도는 다음과 같다.

설계된 치차와 호브의 형상에 대한 강도해석을 수행하기 위해서 치차와 호브의 치형 데이터와 3차원 모델을 필요로 하나 치차에 대한 지식이 없으면 치형이나 3차원 모델을 쉽게 로그 파일(Log file)로 구축하는 것은 쉽지 않다. 치차의 경우에 있어서 면압강도, 굽힘강도, 스크링강도를 해석하기 위해서 3차원 모델이 사용되며, 호브가 모재

를 절삭할 때 발생하는 응력과 변형량 등 강도해석을 할 때에 3차원 모델을 필요로 한다.

또한, 근래에는 가공된 치차나 호브의 가공 정밀도를 측정하는 방법으로 비접촉식 CCD 카메라를 이용하기도 한다. 즉, 가공 소재의 가공 형상을 CAD 데이터로 전송하여 치차의 형상이나 호브 날의 위치 형상을 3차원 모델과 비교하여 정밀도를 측정하려면 3차원 모델이 필요하다.

한편, 웹(Web)을 통한 분산환경 하에서 설계자는 설계된 결과를 해석하고, 해석 결과를 설계에 반영하여 가공을 수행하는데 설계 결과를 스텝 파일(STEP file)이나 아이지이에스 파일(IGES file) 형식으로 3차원 모델 데이터를 전송하게 된다. 즉, 설계된 결과를 서버를 통하여 해석을 수행할 때 3차원 모델을 전송하여 해석을 수행하고 이를 이용하여 재 설계 과정을 수행하므로 3차원 모델이 반드시 필요하다.

5. 결 론

원통 치차와 호브의 설계 제원으로부터 3차원 형상을 자동 생성할 수 있는 시스템을 제안하고 구축한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 일반 PC에서 치차 치형 및 호브 치형의 3차원 모델을 자동 생성시킴으로써 설계 시간을 단축할 수 있으며, 새로운 치형을 개발하는데 있어서 유효하다.

(2) 모델의 생성의 범위는 스퍼 기어와 헬리컬 기어의 3차원 형상과 이들의 가공 호브를 자동으로 생성시킨다.

(3) 치차와 호브의 3차원 모델은 치차의 강도해석과 호브가 소재를 절삭할 때 발생하는 응력과 변형량을 해석할 때, 가공된 치차와 호브의 정밀도 측정을 위한 비접촉식 측정법을 적용할 때, 분산환경하에서 설계 데이터의 전송시 3차원 모델이 유용하게 사용될 수 있다.

(4) PC 성능에 따라 생성 시간의 차이가 생기지만 일반적인 경우는 생성 시간이 1~2분 정도

로, 설계자가 치형의 좌표를 안다 하더라도 수작업으로 3차원 모델을 생성시키는 시간에 비해 상당히 효율적임을 알 수 있다.

참고문헌

- (1) Earle Buckingham, 1949, *Analytical Mechanics of Gears*, Dover Publications, Inc. pp. 1~176.
- (2) David B. Dooner, 1995, *The Kinematic Geometry of Gearing*, A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc. pp. 24~76.
- (3) Dudley, Darle W., 1984, *Handbook of Practical Gear Design*, McGraw-Hill Book Company, pp. 3.128~3.135.
- (4) 成瀬長太郎, 1988, 齒車の基礎と設計, 養賢堂, pp. 11~43.
- (5) 内山弘, 1977, 齒車概論, 啓學出版社, pp. 9~15. 28~44.
- (6) AGMA, 1974, "Tooth Proportions for Coarse-Pitch Involute," 201.02
- (7) AGMA, 1975, "Gear-Cutting Tools Fine and Coarse - Pitch Hobs," 120.01
- (8) 機械設計, "機械設計計算プログラム集," 第30卷 第13号, pp. 41~48.
- (9) 石橋 彰, 吉野英弘, 昭 62-3, "任意齒形おもつ齒車と工具の設計・加工に関する研究," 日本機械學會論文集, 53卷 487号, pp. 887~893.
- (10) Balic, J. Flasker, J. and Cus, F. 1991, "Design and Manufacture of Gears," *JSME*, pp. 23~26.
- (11) JIS B 1702, 1976, Accuracy for Spur and Helical Gears, pp. 1~40.
- (12) KS B 1405, 1971, 평기어 및 헬리컬기어의 정밀도, pp. 1~16.
- (13) 金谷道雄, 1997, "Solidworks Concept - Solid works プロダクトストラテジーとビジネスモデルプロダクションソリッドモデリングの要求," 日本機械學會, No.97-69, pp. 194~197.