

## 기어의 자동설계 시스템 개발에 관한 연구

조해용\*, 김성철\*, 최종웅\*\*, 송중천\*\*\*

### A Study on the Development of Computer-Aided Automatic Design System for Gears

Hae Yong Cho\*, Sung Chung Kim\*, Jong Ung Choi\*\*, and Joong Chun Song\*\*\*

#### ABSTRACT

This paper describes a computer aided design system for spur and helical gears. To establish the appropriate program, an integrate approach based on a rule-base system was adopted. This system is implemented on the personal computer and its environment is a commercial CAD package called AutoCAD. This system includes a main program and five sub-modules such as data input module, tooth profile drawing module, strength calculation module, and drawing edit module. In the main program, all the sub-modules are loaded and the type of gear and tooth profile are selected. In the data input module, the variables which are necessary to the design of gear are selected from the database. In the drawing module, from the calculated results, the required gear tooth is produced on the screen. The developed system that aids gear designer provides powerful capabilities for gear design.

**Key Words** : Tooth profile(치형형상), Contact stress(접촉응력), Spur gear(스퍼어 기어), Helical gear(헬리컬 기어), Transmission Power(전달동력)

#### 1. 서론

기어는 작은 구조로써 큰 동력을 전달시키므로 전달하는 하중에 견딜 수 있는 강도가 요구되며, 연속적으로 맞물리는 치에 의해 동력을 전달하므로 맞물림 작용에 의해 발생하는 소음을 줄일 수 있는 형상으로 설계하여야 한다. 기어 설계는 기어의 기능적인 특성, 성능 및 경제적인 여건 등을 고려하여 설계 사양서를 작성하고 역학적 해석

을 통해 기어 각 부분의 치수를 결정하여 도면을 작성한다. 종래에는 이러한 일련의 과정을 수작업에 의해서 행하여 왔다. 그러나 이러한 기어 설계과정이 복잡하여 많은 시간과 경험을 요할 뿐만 아니라 치형 곡선을 그릴 때 정밀성을 기해야 하는 어려움이 있으므로 일반적인 기어 설계도면에는 기어의 치형 모양을 나타내지 못하고 이끝원, 피치원 등의 원호만을 나타내는 불완전한 도면을 그려 왔다. 이러한 관점에서 기어설계에서는 정확한 기어의

\* 충북대학교 공과대학 정밀기계공학과  
 \*\* 부산대학교 대학원 기계설계공학과  
 \*\*\* LG산전(주) 전력기기연구소

형상 및 치수가 기입된 도면을 나타낼 수 있는 컴퓨터를 이용한 자동설계가 요구된다. 그리고 현재 발전 중인 자동화 생산 시스템을 구축하기 위해서는 제품설계의 자동화, 제조의 자동화 및 공정계획의 자동화가 전체 시스템으로서 개발하여야 하며, 그 첫번째 작업이 제품 설계의 자동화이다. 이러한 관점에서 자동차, 항공기 및 기계에 널리 사용되는 부품인 기어설계의 자동화는 필수적이다.

기어 설계에 대한 컴퓨터의 도입은 1960년대 초 미국을 중심으로 기어의 자동설계시스템에 관한 연구가 활발히 진행되면서부터이다. Townsend<sup>(1)</sup> 등과 Johnson<sup>(2)</sup> 등은 각각 컴퓨터를 이용하여 굽힘응력과 접촉응력을 기초로 스피어기어를 설계하였다. Tsay<sup>(3)</sup>는 인벌류트 헬리컬기어를 위한 수학적인 모델을 만들었고, 컴퓨터를 이용하여 기어의 기하학적 모델을 정의하였다. 한편, 국내에서 Cho<sup>(4)</sup>는 압출에 의한 헬리컬 기어의 제작에 있어서 전극과 금형을 설계할 수 있는 프로그램을 개발하였고 Choi<sup>(5)</sup> 등은 컴퓨터를 이용하여 헬리컬 기어 압출에 있어서 새로운 공정에 관한 프로그램을 개발하였다. 그러나, 지금까지 선행 연구자들에 의해 제시된 컴퓨터를 이용한 기어설계는 계산에만 컴퓨터를 사용한 것이었으며 설계 변수에 따른 기어형상의 변화 및 형상이 변화된 기어의 도면작성 등은 여전히 수작업으로 해야 하므로 실제 현장에서 사용하기에는 불편하였다. 본 연구에서는 컴퓨터를 이용한 기어설계 프로그램을 개발하여 기어의 설계와 도면작성을 자동화하고 기어설계에 경험이 없는 초보자라도 숙련자와 같이 기어설계를 행할 수 있는 자동 기어설계 시스템을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 프로그램은 범용 도면작성 프로그램인 AutoCAD 환경에서 지원되는 Auto\_LISP언어를 이용하여 기어의 치형곡선을 도식화하고 데이터베이스를 사용하여 재료에 따른 기어의 설계 변수들을 읽어 들여 기어의 응력과 전달동력을 계산한다. 계산된 값을 기초로 하여 주어진 입력조건에 맞는 축과 키를 설계하고 설계된 기어의 단면도를 출력한다. 또한, 본 프로그램의 진행 방식은 대화식이므로 사용자가 기어설계변수의 초기 값을 직접 입력하여 기어를 설계할 수 있으며 기어에 대해 전문적 지식이 없는 사용자라도 컴퓨터 화면에 제시되는 초기치를 사용하여 원하는 기어를 설계할 수 있다.

## 2. 규칙베이스 및 데이터베이스

본 연구에서 개발된 기어 설계 및 도면 작성 시스템의

규칙베이스 및 데이터베이스는 기어설계규칙, 강도설계규칙, 도면작성도 규칙, 축과 키이설계 규칙 등으로 이루어진다. 이와 같은 구성은 기어의 제작순서, 설계변수, 금형설계에 대한 전문기술 지식을 소성역학이론, 각종 핸드북, 관련문헌 및 생산현장 전문가의 경험적 지식에서 추출하여 일반적이고 이론적 모순이 없는 사항에 대하여 규칙베이스로 구축하였다.

### 2.1 기어설계 규칙

규칙 1) 기어의 치형곡선은 인벌류트 곡선과 사이클로이드 곡선으로 한다.

규칙 2) 인벌류트 치형곡선의 기어는 표준기어와 전위기어 중 선택하여 설계한다.

규칙 3) 기어 잇수가 24개 이상인 경우는 표준기어로, 24개 미만인 경우는 전위기어로 설계한다.

규칙 4) 일반적으로 전위기어를 설계할 때는 랙터에 전위량을 주어 전위기어를 제작하며 기어를 쌍으로 설계할 때는 중심거리 불변의 전위기어를 설계한다.

규칙 5) 전위계수는 영국규격의 전위기어인 장단치 방식(long and short addendum)을 사용한다.

규칙 6) 스피어기어와 헬리컬기어의 모듈(m)은 다음 식으로부터 결정한다.

- 스피어 기어 :  $m=m$
- 헬리컬 기어 : 치직각 기준  $m_t=m$
- 축직각 기준 :  $m_s = \frac{m_t}{\cos \beta}$

규칙 7) 기어의 피치원 지름 ( $D_p$ )은 다음 식으로부터 결정한다.

- 스피어 기어 :  $(D_p)=Z \cdot m$
- 헬리컬 기어 : 치직각 기준
- 축직각 기준 :  $D_{p_s} = \frac{z \cdot m_s}{\cos \beta}$

여기서, Z는 잇수이다.

규칙 8) 기어의 이끝원 지름 ( $D_o$ )은 다음 식으로부터 결정한다.

- 스피어 기어 :  $(D_o)=D_p+2h_k$
- 헬리컬 기어 : 치직각 기준  $D_{o_t} = D_{p_t} + 2h_k$

$$\text{축직각 기준 } D_{o_s} = D_{p_s} + 2h_k$$

규칙 9) 기어의 이뿌리원 지름 ( $D_f$ )은 다음 식으로부터 결정한다.

- 스피어 기어 :  $D_f = D_p - 2h_f$
- 헬리컬 기어 : 치직각 기준  $D_{f_t} = D_{p_t} - 2h_f$
- 축직각 기준  $D_{f_s} = D_{p_s} - 2h_f$

규칙 10) 기어의 기초원 지름 ( $D_b$ )은 다음 식으로부터 결정한다.

· 스퍼어 기어 :  $D_b = D_p \cos \alpha$

· 헬리컬 기어 : 치직각 기준  $D_{b_t} = \frac{z \cos \alpha'}{\cos \beta} m'$

축직각 기준  $D_{b_s} = z \cos \alpha_s m_s$

규칙 11) 헬리컬기어에서 치직각 압력각 ( $\alpha_t$ )과 축직각 압력각 ( $\alpha_s$ )은 다음 식으로부터 결정한다.

$$\alpha_t = \alpha, \quad \alpha_s = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} \right)$$

규칙 12) 기어의 어텐덤(addendum) ( $h_k$ )는 다음 식으로부터 결정한다.

· 스퍼어 기어 및 헬리컬 기어 :  $h_k = m$

규칙 13) 기어의 디텐덤(dedendum) ( $h_f$ )는 다음 식으로부터 결정한다.

· 스퍼어 기어 및 헬리컬 기어 :  $h_f = m + C$

규칙 14) 기어의 클리어런스(clearance) C는 다음 식으로부터 결정한다.

$$C \geq K_c \cdot m$$

규칙 15) 기어의 클리어런스 계수 ( $K_c$ )는 압력각( $\alpha$ )이 14.5°일 때는 0.157로, 20° 및 25°일 때는 0.25이상으로 결정한다.

규칙 16) 표준기어의 이높이 h는 다음 식으로부터 결정한다.

· 스퍼어 기어 및 헬리컬 기어 :  $h = h_k + h_f$

규칙 17) 기어의 리이드 ( $l_1, l_2$ )는 다음 다음 식으로부터 결정한다.

· 스퍼어 기어 :  $l_1 = \pi z_1 m, \quad l_2 = \pi z_2 m,$

· 헬리컬 기어 :  $l_1 = \frac{\pi z_1 m}{\sin \beta}, \quad l_2 = \frac{\pi z_2 m}{\sin \beta}$

규칙 18) 헬리컬기어의 강도계산에 사용되는 상당 스퍼어기어 잇수  $z_e$ 는 다음 식으로부터 결정한다.

$$z_e = \frac{z}{\cos^3 \beta}, \text{ 여기서, } \beta \text{ 는 비틀림각이다.}$$

규칙 19) 전위기어의 중심거리 증가계수 (c) 다음 식으로부터 결정된다.

· 맞물리는 두 기어의 이수가 60 이상일 때 :  $c = 0$

· 맞물리는 두 기어의 이수가 60 미만일 때 :

$$c = \frac{z_1 + z_2}{2} \left( \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_b} - 1 \right)$$

규칙 20) 전위기어의 중심거리  $\alpha_r$ 는 다음 식으로부터 결정된다.

스퍼어기어 :  $C_d = \frac{(z_1 + z_2)m}{2} + c \cdot m + B_r$

헬리컬기어 :  $C_d = \frac{(z_1 + z_2)m}{2 \cos \beta} + c \cdot m + B_r$

규칙 21) 백래시계수  $B_r$ 는 백래시가  $B_j$ 일 때 다음 식으로부터 결정된다.

$$B_r = \frac{B_j}{2 \sin \alpha}$$

규칙 22) 인벌류우트 곡선상의 임의 반경에서의 인벌류우트함수는 다음 식으로부터 결정한다.

$$\text{inv } \alpha_w = \text{inv } \alpha_0 + 2 \frac{x_1 + x_2}{x_1 + x_2} \tan \alpha_0$$

규칙 23) 임의의 반경에서의 압력각  $\alpha_w$ 은 다음 식으로부터 결정된다.

$$\frac{1}{\cos \alpha_w} = 1.0 + 1.04004 q + 0.32451 q^2 - 0.00321 q^3 - 0.00894 q^4 + 0.00391 q^5 - 0.00048 q^6$$

여기서 q는 다음 식으로부터 얻어진다.

$$q = (\text{inv } \alpha_w)^{2/3}$$

규칙 24) 전위기어의 이끝지름은 다음 식으로부터 결정한다.

$$D_{o_1} = (z_1 + 2)m + 2(c - x_2)m + 2B_r$$

$$D_{o_2} = (z_2 + 2)m + 2(c - x_1)m + 2B_r$$

규칙 25) 전위기어의 이높이는 다음 식으로부터 결정한다.

$$h_{sh} = (2 + C_k)m - (x_1 - x_2 - c)m + B_r$$

## 2.2 강도설계 규칙

규칙 26) 기어의 강도계산은 인벌류우트 치형곡선을 기준으로 한다.

규칙 27) 기어의 강도는 굽힘강도기준, 면압강도기준, 스코어링(scoring)강도기준으로 계산하며 가장 작은 값을 하중강도로 선택한다.

규칙 28) 기어의 강도계산에서 굽힘강도기준식은 전달 토오크에 의한 전 하중이 한 개의 치끝에 작용하며 치의 모양은 균일 강도의 외팔보로 가정한다.

### 2.3 도면 작도 규칙

규칙 29) 인벌류우트 곡선의 모양은 인벌류우트 함수에 따라 각 반경에 대응하는 점을 찍고 그 점을 이어서 형성한다.

규칙 30) 인벌류우트 함수는 다음 식으로부터 결정한다.

$$\text{inv } \alpha_w = \tan \alpha_w - \alpha_w$$

규칙 31) 사이클로이드 곡선모양은 사이클로이드 함수에 따라 대응하는 점을 찍고 그 점을 이어서 형성한다.

규칙 32) 사이클로이드 곡선의 외주 구름원의 반지름( $e_r$ )과 내주 구름원의 반지름( $h_r$ )은 다음 식으로부터 결정한다.

$$e_r = \frac{D_p}{6}, \quad h_r = \frac{D_p}{6}$$

### 2.4 축과 키 설계 규칙

규칙 33) 축의 안전율은 4로 하며 사용자의 정의에 따라 변경가능하다.

규칙 34) 축설계에서는 비틀림 모멘트만을 고려하여 설계하며 축지름은 다음 식으로부터 결정된다.

$$d = \left( \frac{5.1 T}{\tau_a} \right)^{1/3}$$

규칙 35) 키를 설계할 때 특별한 주문이 없을 경우 안장키로 설계하며 두개를 설치한다.

규칙 36) 키의 폭과 높이는 Table 1로 부터 결정한다.

본 연구에서는 기어의 설계와 도면출력을 자동화하기 위해서 "GEARDES"(Gear Design)시스템을 개발하였다. 본 시스템은 주 프로그램(main program), 초기치입력 모듈(data input module), 도면작도 모듈(drawing module), 강도계산 모듈(strength calculation module), 축과 키 설계 모듈(shaft and key design module), 도면 편집 모듈(drawing edit module) 등 여섯 부분으로 나뉘어져 있다.

본 시스템은 하나의 환경에서 수행되며, 각 모듈들이 규칙베이스와 데이터베이스를 공유하므로 수행중 시스템을 중단하지 않고서 모든 과정을 수행할 수 있는 장점이 있다. 설계자는 출력된 도면을 화면상에서 쉽게 수정할 수 있으며 수정이 용이하다. 본 시스템의 진행방식은 선택의 다양성을 위하여 대화식을 이용하였다. 각 모듈은 기어설계에서 소홀히 다루기 쉬운 부분으로서 설계규칙으로부터 선정된 값 또는 일반적으로 많이 사용되는 값들을 초기치로 제시하였으며 각각의 모듈은 독립적으로 또는 연관하여 수행할 수 있도록 하였다. 이런 방식은 작업을 단순화시키며 시스템의 효율성을 높여 준다.

### 3.1 주 프로그램 (main program)

주 프로그램은 시스템의 전체 프로그램을 로드(load)시키고 작업환경을 관리하는 프로그램으로 전체의 구조는 Fig. 1과 같다.

Table 1 Width and height of key with respect to shaft diameter

| Key width, height<br>b × h(mm × mm) | Shaft dia.<br>d(mm) | Key width, height<br>b × h(mm × mm) | Shaft dia.<br>d(mm) |
|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 2 × 2                               | 6 ~ 8               | 25 × 14                             | 85 ~ 95             |
| 3 × 3                               | 8 ~ 10              | 28 × 16                             | 95 ~ 110            |
| 4 × 4                               | 10 ~ 12             | 32 × 18                             | 110 ~ 130           |
| 5 × 5                               | 12 ~ 17             | 35 × 22                             | 125 ~ 140           |
| 6 × 6                               | 17 ~ 22             | 36 × 22                             | 130 ~ 150           |
| 7 × 7                               | 20 ~ 25             | 38 × 24                             | 140 ~ 160           |
| 8 × 7                               | 22 ~ 30             | 40 × 22                             | 150 ~ 170           |
| 10 × 7                              | 30 ~ 38             | 42 × 26                             | 160 ~ 180           |
| 12 × 8                              | 38 ~ 44             | 45 × 25                             | 170 ~ 200           |
| 14 × 9                              | 44 ~ 50             | 50 × 28                             | 200 ~ 230           |
| 15 × 10                             | 50 ~ 55             | 56 × 32                             | 230 ~ 260           |
| 16 × 10                             | 50 ~ 58             | 70 × 36                             | 260 ~ 290           |
| 18 × 11                             | 58 ~ 65             | 80 × 40                             | 290 ~ 330           |
| 20 × 12                             | 65 ~ 75             | 90 × 45                             | 330 ~ 380           |
| 22 × 14                             | 75 ~ 85             | 100 × 50                            | 380 ~ 400           |
| 24 × 16                             | 80 ~ 90             |                                     |                     |

### 3. 프로그램의 구성과 작동원리

### 3.2 초기치 입력 모듈 (data input module)

초기치 입력 모듈은 기어설계의 초기 값을 입력하는 모

들로서 기어 종류 선택부분, 치형의 선택, 설계변수 입력 방법 선택 부분으로 구성되어 있다. 기어 설계에 필요한 기본 변수들은 공구모듈, 공구압력각, 잇수 등이 있으며 이 값들은 사용자가 정의해 주어야 하는 값이다.

설계변수의 입력방법은 사용자가 원하는 변수값을 직접 입력하는 방법과 프로그램 내에 미리 지정된 초기값에 의해 자동적으로 입력되는 두 가지 방법이 있다. 프로그램 내에서 자동적으로 입력되는 설계변수는 공구압력각과 백래시(backlash)이며 이 값들은 수정할 수 있다.

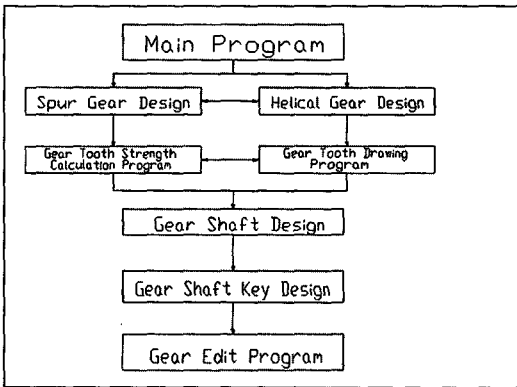


Fig. 1 Flow Chart of the gear design and drawing system

### 3.3 강도 계산 모듈(strength calculation module)

기어가 맞물려 돌아갈 때 전달하는 하중으로 인하여 기어의 잇뿌리 부분에서는 굽힘응력이 발생하고 접촉하는 잇면에서는 접촉응력이 발생하여 잇면의 마모 및 피팅(pitting)현상이 나타난다. 이러한 응력들을 해석하기 위해 본 연구에서는 기하학적으로 정의되는 정적인 응력에 기초하여 치의 강도를 계산하였으며, 동적인 변수들은 데이터베이스에 저장된 실험치를 사용자가 선택할 수 있게 구성하였다.

기어의 강도계산식은 굽힘강도기준식, 면압강도기준식, 스코어링강도기준식을 기본 식으로 구성하였으며 스코어링강도는 헬리컬기어에만 적용한다. 전달동력은 이들 중에서 적은 값을 선택한다.

굽힘 강도 기준 식은 일반적으로 표면 경화된 재료나 모듈이 작은 기어에 큰 하중이 작용할 경우에 적용한다. 본 연구에서 굽힘강도기준식은 Lewis<sup>(15)</sup>식을 사용하였으며 표면 경화를 하지 않은 재료에 대한 면압강도기준식은

Hertz<sup>(15)</sup>식을 이용하였다.

기어의 스코어링은 맞물리는 치면 사이의 유막이 끊어져 금속끼리의 접촉에 의해 일어나는 손상이며 그 발생에는 여러 인자들이 복잡하게 연관되어 있다. 그 중 대표적인 인자는 운전조건, 윤활유의 성질 및 윤활 방법, 기어의 재료, 기어의 정밀도 등등이다.

### 3.4 축 과 키 설계 모듈(shaft and key design module)

강도계산 모듈로부터 얻은 기어의 전달동력을 이용하여 축의 지름을 설계하고 설계된 축의 지름에 알맞은 키를 설계한다. 본 프로그램의 주 목적은 기어를 설계하는 것이므로 축과 키는 부분적으로 사용자의 필요에 의해 수정하여 설계할 수 있다.

### 3.5 도면편집 모듈(drawing edit module)

도면 편집 모듈은 전체 기어의 도면을 출력하기 위한 편집기능을 수행한다. 위의 각 모듈들이 수행되고 난 후 편집모듈을 이용하여 각 단계에서의 결과를 출력할 수 있다. 도면은 전체기어의 단면도와 한 개의 치형을 확대한 것 등 두 가지 방법으로 출력한다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 기어의 강도계산

설계변수의 입력으로부터 실행된 프로그램은 강도계산을 거쳐 최종 도면의 완성에 이르게 된다. 기어의 강도계산에서는 굽힘강도기준, 면압강도기준 그리고 스코어링강도를 기준으로 계산되며 안전을 고려하여 이 중 가장 작은 값을 선택하여 전달동력을 계산하였다.

Fig. 2를 초기 입력값으로 설계한 인벌류우트 스퍼기어의 강도계산 결과는 Fig. 3과 같다. 여기서 굽힘강도기준에 의한 강도계산의 결과는 Fig. 3(a)이며 면압강도기준에 의한 강도계산의 결과는 Fig. 3(b)이고 스코어링강도기준에 의한 강도계산의 결과는 Fig. 3(c)이다. 그림에서 보듯이 최적의 강도는 (b)의 값을 택한 것으로 가능한 전달동력은 Fig. 3(b)와 같이 2.44 PS이다.

### 4.2 도면 출력

본 시스템을 이용하여 설계한 인벌류우트 스퍼기어의 최종 도면은 Fig. 4이다. 도면에는 기어에 대한 정보가 텍스트 박스에 나타나 있으며, 치의 형상을 표현하였으며 비속련자라도 쉽게 도면을 판독할 수 있다. 축과 키

(A) SELECTION of the GEAR

```

[ 0 ] EXIT
[ 1 ] SPUR GEAR DESIGN
[ 2 ] HELICAL GEAR DESIGN
    
```

==> SELECT the No. : 1

(C) SELECTION of INPUT DATA

```

[ 0 ] EXIT
[ 1 ] USER SELECTION VALUE
[ 2 ] AUTO SELECTION VALUE
    
```

==> SELECT the No. : 2

(E) TYPE the INITIAL VALUES (inv.)

```

[1] TOOTH NO. (PINION)      : 24
[2] MODULE (NORMAL)       : 2
[3] PRESSURE ANGLE [Degree] : 20
[4] AMOUNT OF ADDENDUM [mm] : 0
[5] BACKLASH (MINIMUM) [mm] : 0
    
```

GEAR SAFETY FACTOR [S<sub>f</sub>] : 1

(G) GEAR WIDTH FACTOR (module)

```

Piece FACTOR
NORMAL POWER GEAR 6 - 11
LARGE POWER GEAR 16 - 20
    
```

==> TYPE the GEAR WIDTH FACTOR : 10

(H) SELECTION of the MATERIAL

| No.  | PINION(Hb) | GEAR(Hb)   | No.  | PINION(Hb)   | GEAR(Hb)   |
|------|------------|------------|------|--------------|------------|
| [1]  | STEEL(150) | STEEL(150) | [16] | STEEL(400)   | STEEL(400) |
| [2]  | STEEL(200) | STEEL(150) | [17] | STEEL(500)   | STEEL(400) |
| [3]  | STEEL(250) | STEEL(150) | [18] | STEEL(600)   | STEEL(400) |
| [4]  | STEEL(200) | STEEL(200) | [19] | STEEL(500)   | STEEL(500) |
| [5]  | STEEL(250) | STEEL(200) | [20] | STEEL(600)   | STEEL(600) |
| [6]  | STEEL(300) | STEEL(200) | [21] | STEEL(150)   | CAST IRON  |
| [7]  | STEEL(250) | STEEL(250) | [22] | STEEL(200)   | CAST IRON  |
| [8]  | STEEL(300) | STEEL(250) | [23] | STEEL(250)   | CAST IRON  |
| [9]  | STEEL(350) | STEEL(250) | [24] | STEEL(300)   | CAST IRON  |
| [10] | STEEL(300) | STEEL(300) | [25] | STEEL(150)   | In-CU      |
| [11] | STEEL(350) | STEEL(300) | [26] | STEEL(200)   | In-CU      |
| [12] | STEEL(400) | STEEL(300) | [27] | STEEL(250)   | In-CU      |
| [13] | STEEL(350) | STEEL(350) | [28] | CAST IRON    | CAST Ni    |
| [14] | STEEL(400) | STEEL(350) | [29] | Ni-CAST IRON | CAST IRON  |
| [15] | STEEL(450) | STEEL(350) | [30] | Ni-CAST IRON | In-CU      |

[0] EXIT

====> SELECT THE No. : 22

(B) SELECTION of the GEAR TOOTH PROFILE

```

[ 0 ] EXIT
[ 1 ] INVOLUTE CURVE
[ 2 ] CYCLOID CURVE
    
```

==> SELECT the No. : 1

(D) SELECTION of the STRENGTH

```

[1] BENDING STRENGTH
[2] SURFACE PRESSURE
[3] SCORING STRENGTH
[4] OPTIMUM DESIGN
    
```

==> SELECT the No. : 4

(F) TYPE the INITIAL VALUES (cyc.)

```

[1] TOOTH NO. (PINION)      : 25
[2] MODULE (NORMAL)       : 2
[3] PRESSURE ANGLE [Degree] : 20
[4] EPICYCLOID DIA. [mm]   : 10
[5] HYPOCYCLOID DIA. [mm] : 10
    
```

REVOLUTION NUMBER [rpm] : 3000

(J) Selection of the Gear Material

| No. | MATAL  | NUM. | DIA.   | NUM. | DIA.         |
|-----|--------|------|--------|------|--------------|
| [1] | GC 150 | [9]  | SM35C  | [17] | δ-Metal      |
| [2] | GC 200 | [10] | SM45C  | [18] | Super-Bronze |
| [3] | GC 250 | [11] | SM15CK | [19] | Ni-Bronze    |
| [4] | GC 300 | [12] | SNC415 | [20] | Baclite      |
| [5] | SC 42  | [13] | SNC815 |      |              |
| [6] | SC 46  | [14] | SNC236 |      |              |
| [7] | SC 49  | [15] | SNC631 |      |              |
| [8] | SM25C  | [16] | SNC836 |      |              |

[0] OTHERS...

==> SELECT THE No. : 8

(I) Selection of the AGMA Factor [SI]

| No.  | FLUID VISCOSITY | (TEMPERATURE) |
|------|-----------------|---------------|
| [1]  | AGMA 1          | 41.4 - 50.6   |
| [2]  | AGMA 3          | 90.0 - 110    |
| [3]  | AGMA 5          | 198 - 242     |
| [4]  | AGMA 7          | 414 - 506     |
| [5]  | AGMA 8A         | 900 - 1100    |
| [6]  | MIL-O-6082B     | 105 (37.8°C)  |
| [7]  | Grade 1065      | 12 (98.9°C)   |
| [8]  | MIL-O-6081B     | 10.0 (37.8°C) |
| [9]  | Grade 1010      | 2.5 (98.9°C)  |
| [10] | Synthetic       | 38 (37.8°C)   |
| [11] | (Turbo 35)      | 7.9 (98.9°C)  |
| [12] | Synthetic       | 14.2 (37.8°C) |
| [13] | MIL-L-7808D     | 36 (98.9°C)   |

[0] OTHERS ...

==> SELECT THE No. : 9

Fig. 2 Input data of the CAD program for gear design

|   |               |   |              |
|---|---------------|---|--------------|
| <b>(A) TRANSMISSION POWER(BENDING STRENGTH)</b> |               | <b>(B) TRANSMISSION POWER(CONTACT STRENGTH)</b> |              |
| HORSE POWER                                     | [Ps] = 8.731  | HORSE POWER                                     | [Ps] = 2.44  |
| ENGINEERING POWER                               | [Kw] = 6.420  | ENGINEERING POWER                               | [Kw] = 1.794 |
| -----   |               | -----   |              |
| BENDING STRESS [Bs, Kg/mm <sup>2</sup> ]        | = 21.0        | CONTACT STRESS [Cs, Kg/mm <sup>2</sup> ]        | = 49         |
| GEAR TOOTH WIDTH [Gw, mm]                       | = 20.0        | GEAR TOOTH WIDTH [Gw, mm]                       | = 20.0       |
| CIRCULAR SPEED [V, m/s]                         | = 7.54        | SPACE STRESS FACTOR [K]                         | = 0.079      |
| SPEED FACTOR [Fv]                               | = 0.288       | SPEED RATE [i]                                  | = 1.25       |
| IMPACT FACTOR [Ka]                              | = 1.0         | CIRCULAR SPEED [V, m/s]                         | = 7.54       |
| SAFETY FACTOR [Sr]                              | = 1.0         | SPEED FACTOR [Fv]                               | = 0.288      |
| TOOTH FORM FACTOR [y]                           | = 0.359       | SAFETY FACTOR [Sr]                              | = 1.0        |
| -----   |               | -----   |              |
| <b>(C) TRANSMISSION POWER(SCORING STRENGTH)</b> |               | <b>(D) SHAFT [SOLID] &amp; KEY</b>              |              |
| HORSE POWER                                     | [Ps] = 27.619 | SHAFT MATERIAL [Mat]                            | = 2          |
| ENGINEERING POWER                               | [Kw] = 20.308 | SHEAR STRESS [Kg/mm <sup>2</sup> ] [Tau]        | = 4.2        |
| -----   |               | SHAFT TORQUE [Kg-mm] [T]                        | = 582.478    |
| SCORING FACTOR [SI]                             | = 3600        | SAFETY FACTOR [Sf]                              | = 1.0        |
| -----   |               | SHAFT DIAMETER [mm] [Ds]                        | = 8.906      |
|   |               | KEY WIDTH [mm] [Kw]                             | = 3          |
|   |               | KEY HEIGHT [mm] [Kh]                            | = 3          |

Fig. 3 Results of the gear design

는 기어 전달동력을 기초로 하여 설계된 것으로 경우에 따라 사용자가 수정할 수 있다.

Fig. 5는 사이클로이드 스퍼어기어의 설계도면이다. 사이클로이드 치형은 피치원이 같아도 구름원에 따라 그 모양이 크게 달라진다. Fig. 6에서와 같이 내전 하는 구름원이 커짐에 따라 점차로 직선에 가까워진다. 일반적으로 이뿌리의 두께를 고려하여 내전구름원의 크기는 피치원의 1/3로 한다.

Fig. 7은 헬리컬 기어의 설계도면을 나타낸 것이다. 헬리컬기어는 인벌류트 스퍼어 기어와 비교하여 볼 때 같은 잇수라도 큰 전달동력을 얻을 수 있다. 이는 헬리컬기어의 위상이 연속적으로 변화함으로써 치의 맞물림이 원활하게 진행되고 잇면의 마모가 균일하므로 진동이나 소음이 적어서 고속운동에 적합하며 원활한 동력전달이 가능하므로 일반적으로 동력전달용 기어에서 많이 사용된다.

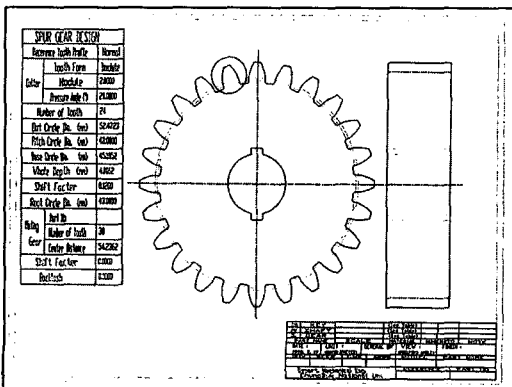


Fig. 4 Illustration of drawing for involute spur gear

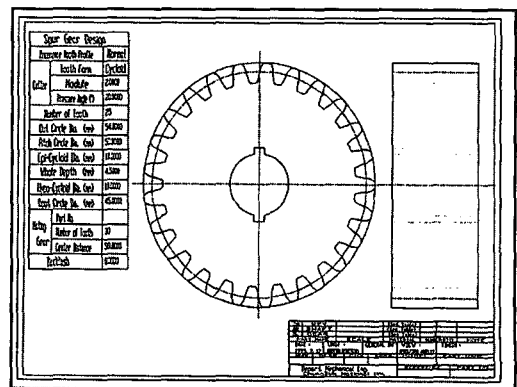


Fig. 5 Illustration of drawing for cycloid spur gear





- Machine Design Technology, Vol. 10, No. 4, pp. 97-109, 1995.
7. C. S. Hundo, "The Technic of Gear Design" Machine Design Technology, Vol. 10, No. 2, pp. 141-151, 1995.
  8. W. Shon, "Development of Computer Aided Process Planning and Die Design System for Hot Forging of Plane Strain Components", M.S.D Thesis, pp. 22-25, 1993.
  9. S. W. Kim "A Study on the Computer-Aided Process Planning and Die Design of Hot Forgings" Ph.D Thesis, pp. 1-7, 33-41, 1994
  10. J. R. Colbourne, "The Geometry of Involute Gears" Springer-Verlag, pp. 27-33, 53-65, 1987.
  11. M. S. Kim, "Computer - Aided Design of Involute Cylindrical Gear for Power Transmission", M.S.D. Thesis, pp. 29-33, 1987
  12. M. J. Lee, "A Study on the Computer-Aided Optimum Design of Involute Helical Gear" M.S.D. Thesis, pp. 13-30, 1992.
  13. S. K. Yoo, "A CAD Code Development for Involute Spur Gear Design" M.S.D. Thesis, pp. 11-15, 1988.
  14. J. E. Shigley, 한동철, 송지복, 유완선, 임오강 공역, 기계설계, 희중당, pp. 444-445, 1989
  15. 기계설계편람 편집위(조동진 역), 기계설계편람, 대광서림, pp. 694-728, 1992.